



**XV CONGRESSO BRASILEIRO
DE INFORMÁTICA EM SAÚDE**

**27 A 30 DE NOVEMBRO
GOIÂNIA - BRASIL**

CBBIS

2 0 1 6

ARTIGOS COMPLETOS



**XV CONGRESSO BRASILEIRO
DE INFORMÁTICA EM SAÚDE**

**27 A 30 DE NOVEMBRO
GOIÂNIA - BRASIL**

CBBIS

2 0 1 6

ARTIGOS COMPLETOS



DIRETORIA ATUAL

Diretoria Estatutária

Presidente:

Beatriz de Faria Leão

Vice-Presidente:

Paulo Mazzoncini de Azevedo Marques

Secretária:

Marina de Fátima de Sá Rebelo

Tesoureiro:

Cláudio Giulliano ALves da Costa

Comissão de Admissão:

Heitor Neves Gottberg
Ivan Luiz Marques Ricarte
Luiz Renato Evangelisti

Conselho Fiscal:

Luis Gustavo Gasparini Kiatake
Marivan Santiago Abrahão
Vitor Asseituno Moraes

Conselho de Normas Éticas:

Abel Portilho Magalhães Jr.
Heloísa Helena Ciqueto Peres
Maria Cristiane Barbosa Galvão

DIRETORIA ESTENDIDA

Diretor Técnico:

Marcelo Lúcio da Silva

Diretoria de Educação:

Zima Reis e Juliana Souza-Zinader

Diretoria de Comunicação e Mídias Sociais:

Abel Magalhães e Leandra Carneiro

Editor-Chefe da Revista JHI:

Marco Antônio Gutierrez



COMISSÃO ORGANIZADORA

Sociedade Brasileira de Informática em Saúde (SBIS)

Universidade Federal de Goiás - Comissão de Governança da Informação em Saúde da UFG (CGIS-UFG)

Presidente:

Juliana Pereira de Souza-Zinader (INF; CGIS-UFG; SBIS)

Vice-Presidente:

Rejane Faria Ribeiro-Rotta (FO; CGIS-UFG)

Claudia Regina De Oliveira Zanini (EMAC; CGIS-UFG)

Cláudio Giulliano ALves da Costa (SBIS)

Fábio Nogueira de Lucena (INF; CGIS-UFG)

Leandra Lara Resende de Carneiro (SBIS)

Marcelo Lúcio da Silva (SBIS)

Marília Mendonça Guimarães (FANUT; CGIS-UFG)

Mércia Pandolfo Provin (FF; CGIS-UFG)

Plínio de Sá Leitao-Junior (INF; CGIS-UFG)

Renata Dutra Braga (INF; CGIS-UFG)

Sandro Rogério Rodrigues Batista (FM; CGIS-UFG)

Silvana Lima Vieira dos Santos (FEN; CGIS-UFG)

Tadeu João Ribeiro Baptista (FEFD; CGIS-UFG)

COMISSÃO CIENTÍFICA

Presidente:

Zilma Silveira Nogueira Reis (FM; UFMG; SBIS)

Vice-Presidente:

Lincoln de Assis Moura Jr. (IMIA)

Coordenadores do Eixo I - Sistemas clínicos

Heitor Neves Gottberg (FOLKS)

Renato Marcos Endrizzi Sabbatini (EDUMED)

Coordenadores do Eixo II: Informática disciplinar e transdisciplinar aplicada à saúde

Fernando Silva Parreiras (FUMEC)

Marcelo Antonio de Carvalho Junior (UNIFESP)

Coordenadores do Eixo III: Organização, gestão e impacto social da informática em saúde

Beatriz de Faria Leão (SBIS)

Thais Abreu Maia (SES-MG)

Revisores do Comitê Científico

Adriano Andrade (UFU)
Adriano de Jesus Holanda (USP)
Alcides Calsavara (PUCPR)
Alessandra Macedo (USP)
Alex Itria (UFG)
Alexandre Chater Taleb (UFG)
Alexandre Sztajnberg (UFRJ)
Ana Claudia Martinez (UFU)
Anderson Maciel (UFRGS)
Andre; Balan (UFABC)
Antonio Tadeu Gomes (LNCC)
Aristófanés Silva (UFMA)
Arlindo da Conceição (ICT-UNIFESP)
Artur Ziviani (LNCC)
Beatriz Leao (BLEAO Informática em Saúde)
Bruno Augusto Nassif Travençolo (UFU)
Carine Webber (UCS)
Claudia Moro (PUCPR)
Claudinalle Farias Queiroz de Souza (UPE)
Claudio Alves da Costa (SBIS)
Claudio Leles (UFG)
Cristiana Fernandes de Muijder (FUMEC)
Cristine Gusmão (UFPE)
Daniel Cotrim (FTEC)
Daniel Pereira (CINTESIS)
Daniel Pires (Uni-FACEF)
Daniel Weingaertner (UFPR)
Danilo Rocha Dias (UFG)
David Menotti (UFPR)
Debora Muchaluat-Saade (UFF)
Deborah Fernandes (UFG)
Deborah Pimenta Ferreira (SMS-SP)
Deborah Ribeiro Carvalho (PUCPR)
Domingos Alves (USP)
Edson José Pacheco (PUCPR)
Evandro Eduardo Seron Ruiz (USP)
Felipe Mancini (UNIFESP)
Flavio Silva (UFU)
Gustavo Motta (UFPB)
Heitor Gottberg (FOLKS Tecnologia Inovação e Conhecimento para Saúde)
Humberto Razente (UFU)
Iara Augustin (UFSM)
Ildeberto Rodello (USP)
Isabel Fernandes de Souza (UNIAMERICA)
Iwens Gervasio Sene Junior (UFG)
João Sato - UFABC)
Joaquim Cezar Felipe (USP)
Jones Albuquerque (UFRPE)
José Augusto Baranauskas (USP)
Jose Remo Brega (UNESP - Bauru)
Juliana Souza-Zinader (UFG)
Juliana Tarossi Pollettini (USP)
Juliano de Sousa Gaspar (UFMG)
Leandro Oliveira (UFG)
Leandro Silva (UFAL)
Leonardo Andrade Ribeiro (UFG)
Leticia Mara Peres (UFPR)
Lígia Maria Soares Passos (UFRRJ)
Lincoln Moura (Accenture)
Lucas Ferrari de Oliveira (UFPR)
Luciano Romero Soares de Lima (Rede SARAH)
Luiz Eduardo Silva (USP)
Luiz Otavio Murta Junior (FFCLRP-USP)
Márcia Ito (IBM)
Magdala de Araujo Novaes (NUTES-UFPE)
Marcelo Carvalho (UNIFESP)
Marcelo de Paiva Guimarães (UNIFESP)
Marcelo Honda (UESC)
Marcelo Oliveira (UFAL)
Marcos Augusto Hochuli Shmeil (PUCPR)
Marcus Fraga Vieira (UFG)
Maria Camila Nardini Barioni (UFU)
Maria do Carmo Barros de Melo (UFMG)
Maria Luiza Campos (UFRJ)
Maria Madalena Januario Leite (USP)
Marly Guimaraes F Costa (UFAM)
Mauricio Almeida (ECI-UFMG)
Mauro Machado do Prado (UFG)
Munir Antonio Gariba (PUCPR)

Nádia Silva (UFG)
Paulo Eduardo Ambrosio (UESC)
Plínio Leitão-Júnior (UFG)
Priscyla Waleska Targino de Azevedo Simões
(UNESC)
Rafael Pasquini (UFU)
Raquel Fialho (UFU)
Raymunda Viana Aguiar (IFPR)
Rejane Ribeiro-Rotta (UFG)
Renata Braga (UFG)
Renata Maria Baracho (UFMG)
Renato de Freitas Bulcão Neto (UFG)
Renato Sabbatini (Instituto Edumed)
Renato Souza (FGV)
Rhonan Silva (PC-GO)
Ricardo João Cruz-Correia (UPPT- Portugal)
Ricardo Mayer (UFSM)
Ricardo Nakamura (USP)
Rodrigo Veras (UFPI)
Romero Tori (USP)
Rosa Maria Costa (UERJ)
Sérgio Teixeira de Carvalho (UFG)
Sergio Freire (UERJ)
Silvia Zem-Mascarenhas (UFSC)
Thais Abreu Maia (SES-MG)
Tulio Eduardo Nogueira (UFG)
Umberto Tachinardi (University of Wisconsin
- Madison)
Vinicius Tragante do Ó (University Medical Cen-
ter Utrecht)
Vivian Motti (George Mason University)
Wanderley Lopes de Souza (UFSCAR)
Wellington Pinheiro dos Santos (UFPE)
Zilma Reis (UFMG)

A INFORMÁTICA TRANSFORMANDO A SAÚDE

Os processos de saúde estão intimamente ligados à informação e comunicação, cujos mecanismos dependem de conhecimento e da tecnologia para viabilizar mecanismos inovadores e eficientes que aumentem a qualidade, o acesso, a resolubilidade e a humanização da saúde. Evidências vem sendo apresentadas em publicações da Organização Mundial de Saúde, posicionando a gestão da informação em saúde como uma das principais formas de impactar a qualidade do cuidado.

O Congresso Brasileiro de Informática em Saúde, o CBIS é o principal evento nacional na área, realizado bianualmente pela Sociedade Brasileira de Informática em Saúde (SBIS) desde 1986. Promove o debate de temas atuais, em particular sobre os recursos, dispositivos e métodos para otimizar o armazenamento, recuperação e gerenciamento de informações biomédicas, no contexto dos diferentes cenários: dos Sistemas de Informação em Saúde, do Prontuário Eletrônico do Paciente, da Telemedicina, dos Sistemas de Apoio à Decisão, do Processamento de Sinais Biológicos, do Processamento de Imagens Médicas, da Internet em Saúde e da Padronização da Informação em Saúde.

Em sua 15ª edição, o CBIS 2016 realiza-se entre 27 a 30 de novembro, em Goiânia - Goiás, por meio de uma parceria entre a SBIS e a Universidade Federal de Goiás. O tema central a é “Informática Transformando a Saúde”. Para isso, o evento conta com a participação de atores ativos no processo de construção do e-Saúde Nacional,

fortalecendo a Política Nacional de Informação e Informática em Saúde. Constitui-se em um importante investimento na aproximação entre instituições de ensino e as entidades de classe reconhecidas atuantes nas diversas áreas prioritárias da saúde e da tecnologia da informação (TI). As mudanças da saúde no mundo cada vez mais tecnológico, com um olhar no passado, presente e futuro, recebem no congresso o enfoque especial dos desafios na formação de recursos humanos para esse cenário.

Os objetivos específicos do evento são: permitir a integração entre os profissionais da área de informática e saúde; promover a atualização técnico-científica possibilitando troca de informações e experiências; promover a exposição de produtos e serviços das áreas afins; conhecer as experiências na área de informática em saúde que contribuem para o avanço da pesquisa, educação e cuidado da pessoa; estimular o desenvolvimento da utilização da TI na saúde; discutir as estratégias nacionais e internacionais para interoperabilidade entre sistemas; debater a Certificação de Software SBIS-CFM e Certificação Digital para prontuário eletrônico no Brasil; colaborar para a interoperabilidade entre os sistemas e equipamentos na área da saúde; fomentar o projeto de profissionalização das tecnologias de comunicação e informação na saúde e apresentar iniciativas de seu emprego na saúde.

Busca-se fortalecer a participação de vários atores com atuação ou interesse na área da saúde: profissionais de TI, sejam diretores e gerentes

de informática, analistas de sistemas, programadores; profissionais de saúde como médicos, enfermeiros, dentistas, nutricionistas, educadores físicos, biomédicos, farmacêuticos, músico terapeutas, psicoterapeutas, entre outros interessados no uso da tecnologia a serviço da saúde; profissionais de instituições de saúde tais como gestores, administradores e usuários de sistemas de informação; os gestores públicos e privados a buscam de novos conhecimentos e soluções de TI na saúde; demais profissionais, estudantes de graduação, pós-graduação e pesquisadores interessados em aprofundar os conhecimentos sobre a informática aplicada à saúde.

Entre as novidades do CBIS 2016, inspiradas na excelente experiência do MEDINFO 2015, o principal congresso mundial da área realizado pela SBIS no Brasil, implementou-se a divisão do tema central em três eixos: o Eixo I: Sistemas Clínicos; o Eixo II: Informática Disciplinar e Transdisciplinar Aplicada à Saúde; o Eixo III: Organização, Gestão e Impacto Social da Informática em Saúde, que compreendem 39 temas da atualidade. Paralelamente, realizam-se palestras nacionais, internacionais em sete simpósios com enfoque nas áreas prioritárias de pesquisa, mercado e no contexto da informática em saúde: os Padrões de Informática em Saúde; a Telessaúde; a Saúde Populacional; a Informatização Hospitalar; a Segurança da Informação em Saúde, o 2º Simpósio Integrating Healthcare Enterprise Brasil e o 2º. Simpósio Goiano de Informação em Saúde.

Em nome da SBIS e da Universidade Federal de Goiás, por meio da sua Comissão de Governança da Informação em Saúde, desejamos que os participantes e conferencistas de vários estados brasileiros e diferentes países que prestigiam o CBIS 2016 aproveitem as experiências desse congresso e que as expectativas sejam atendidas, bem como que apreciem as publicações aqui documentadas.

Juliana P. Souza-Zinader
Rejane Faria Ribeiro-Rotta
Presidentes do CBIS 2016

EDITORIAL DA COMISSÃO CIENTÍFICA

Os desafios para o cuidado integral e qualificado à saúde do cidadão são inúmeros em nosso país. A promoção da saúde, prevenção de doenças, tratamento e recuperação de pacientes envolvem uma cadeia de cenários e suas inter-relações ao longo do tempo e do espaço geográfico. Inserida em um contexto de grande complexidade, a informática aplicada à saúde é aliada do planejamento e da execução da prestação de serviços, justificando parte do investimento destinado ao setor. O XV Congresso Brasileiro de Informática em Saúde, o CBIS 2016, contribui com uma programação científica variada para as trocas de experiências e discussões em torno da temática: A Informática Transformando a Saúde.

As experiências e o enfrentamento de um cenário de saúde impactado pela tecnologia não é apenas nacional e por isso o CBIS 2016 traz conferencistas internacionais para alargar os horizontes das discussões propostas. Sabe-se que, mesmo que em diferentes estágios de desenvolvimento socioeconômico, países em todo mundo vêm aprimorando a prática em saúde com recursos dos sistemas eletrônicos de informações, dispositivos, sistemas de análise de sinais e imagens, aplicativos e portais para pacientes e profissionais, entre outros. Nas contribuições científicas, o evento contou com autoria internacional originária de sete outros países, além das nacionais.

Para comportar um maior intercâmbio entre os congressistas durante as apresentações das contribuições científicas e experiências, o evento se apresenta com um novo formato. Agora mais

interativo e agregador, ele traz novas modalidades que viabilizam a participação ativa dos interessados, oferecendo demonstrações e tutoriais, entre outras modalidades. Foram 421 submissões, sendo 177 delas para artigos completos, 109 para pôsteres, 59 para relatos de caso, 39 para demonstrações e 11 propostas de painel. Além disto o evento inova com uma sessão especial destinada à iniciação científica, com 20 submissões em formato pôster.

A qualidade científica das contribuições evoluíram desde o primeiro CBIS. Em paralelo ao progresso do conhecimento em saúde, a informática aplicada tem avançado rapidamente, ajudando a melhorar as práticas profissionais e educativas. Para fazer jus à crescente qualidade científica do evento em si e das contribuições recebidas, pela primeira vez os artigos completos serão publicados nesse suplemento especial do periódico *Journal of Health Informatics*, a revista científica oficial da SBIS. A indexação na base LILACS, o mais importante e abrangente índice da literatura científica e técnica da América Latina e Caribe, dará maior visibilidade aos produtos científicos apresentados e discutidos no congresso.

Assim, os mais de 100 artigos aqui publicados mostram o quão inegável é o papel da tecnologia da informação no cuidado em saúde, permitindo de modo ágil e seguro a gestão de dados clínicos, o apoio oportuno à tomada de decisão e o gerenciamento do cuidado, fortalecendo também as políticas públicas de saúde, informação e a gestão de serviços. A transformação da saúde

através da informática no entanto demanda um grande esforço cooperativo. Em nome de todos dos 115 colaboradores da Comissão Científica, registro nesse Editorial a grande lição percebida nas etapas sequenciais de preparação, avaliação e apresentação das contribuições científicas para o CBIS 2016: a importância da atuação multiprofissional no centro das soluções tecnológicas e organizacionais, indispensáveis para a tão esperada melhoria do cuidado.

Zilma S. Nogueira Reis
Lincoln A. Moura Junior
*Presidentes da Comissão
Científica do CBIS 2016*

SUMÁRIO

AVALIAÇÃO DA PRODUTIVIDADE DE HOSPITAIS BRASILEIROS PELA METODOLOGIA DO <i>DIAGNOSIS RELATED GROUP</i> (DRG)	19	AVALIAÇÃO DE UM WEBSITE SOBRE EXERCÍCIOS RESPIRATÓRIOS NO PÓS-OPERATÓRIO	139
JOGO PARA AUXÍLIO AO ENSINO DE TABUADA PRINCIPALMENTE PARA CRIANÇAS COM TDAH	29	DISPOSITIVO DE CONVERSÃO DE TEXTO EM VOZ PARA DEFICIENTES VISUAIS	147
IDENTIFICAÇÃO DO RISCO DE SAÚDE DA GESTANTE UTILIZANDO LÓGICA FUZZY	41	ANÁLISE DE REDES SOCIAIS EM FÓRUMS DE ESPECIALIZAÇÃO EM SAÚDE	159
ESTRATÉGIAS PARA PERSISTÊNCIA DE DADOS CLÍNICOS BASEADA NO <i>OPENEHR</i>	53	MINERAÇÃO DE DADOS NO ENFRENTAMENTO DA TRANSMISSÃO VERTICAL DA SÍFILIS	171
PERSISTÊNCIA DE DADOS CLÍNICOS BASEADOS NA MODELAGEM MULTINÍVEL: UMA REVISÃO	61	MAPAS DE APRENDIZAGEM: TUTORIAIS INTELIGENTES COMO POSSIBILIDADE DE APRENDIZAGEM AUTODIRIGIDA	181
CRIANDO UMA INFRA-ESTRUTURA WEB PARA SUPORTE A PROTOCOLOS E CONDUTAS CLÍNICAS: UM EXEMPLO EM TELEDERMATOLOGIA	75	AVALIAÇÃO DO IMPACTO DA INFORMATIZAÇÃO DOS REGISTROS SOBRE O PARTO NA PRODUÇÃO DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO, EM UM HOSPITAL UNIVERSITÁRIO	187
AVALIAÇÃO COMPUTADORIZADA DE SACROILÍTE EM IMAGENS DE RESSONÂNCIA MAGNÉTICA	85	AVALIAÇÃO DE UM SISTEMA DE INFORMAÇÃO EM SAÚDE DO SUS	195
COMPORTAMENTO DE PACIENTES EM BUSCAS POR INFORMAÇÃO DE SAÚDE ONLINE E CORRELAÇÕES COM IDADE, ESCOLARIDADE, RENDA E INTERAÇÃO MÉDICA	95	INTEGRAÇÃO COM MONITORES DE BEIRA DE LEITO UTILIZANDO HEALTH LEVEL 7	203
AVALIAÇÃO DE UMA APLICAÇÃO <i>OPENEHR</i> UTILIZANDO <i>RESTFUL WEB SERVICES</i>	107	JOGOS SÉRIOS PARA A SAÚDE. UMA REVISÃO NARRATIVA	211
AVALIAÇÃO BIOESTATÍSTICA DA AFERIÇÃO DE PRESSÃO ARTERIAL NO SIMULADOR HUMANO	117	ARQUÉTIPOS <i>OPENEHR</i> PARA REPRESENTAÇÃO DE RESTRIÇÕES TEMPORAIS EM DIRETRIZES CLÍNICAS	219
FILTRAGEM SEMÂNTICA DE CONTEXTO APLICADA EM MONITORAMENTO DE SINAIS VITAIS	127	TECNOLOGIAS E METODOLOGIAS APLICADAS AO GERENCIAMENTO DE ESTOQUE DE UM HOSPITAL PÚBLICO	227
		AVALIAÇÃO DE SINGLE-BOARD COMPUTERS COMO ESTAÇÕES DE TELEMEDICINA E TELESSAÚDE	237

MODELAGEM CONCEITUAL DE SIMULADOR VIRTUAL PARA TREINAMENTO EM ANESTESIA REGIONAL	247	RESTRICÇÕES DE INTEGRIDADE EM PRONTUÁRIOS ELETRÔNICOS NOSQL - UMA REVISÃO SISTEMÁTICA	395
SEGMENTAÇÃO POR BLOCOS EM IMAGENS MÉDICAS UTILIZANDO EXTRATORES DE CARACTERÍSTICAS	257	ANÁLISE DE SENTIMENTO PARA AVALIAR A ADERÊNCIA: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA	405
HOME E-CARE: MONITORAMENTO DE QUEDAS EM IDOSOS ATRAVÉS DE SMARTWATCHES	265	REFERATÓRIO SEMÂNTICO DE OBJETOS DE APRENDIZAGEM SOBRE DOENÇA RENAL CRÔNICA	417
MÉTODOS PARA AVALIAÇÃO DE SISTEMAS DE APOIO À DECISÃO	277	ELECTRONIC HEALTH RECORDS STORAGE: A SYSTEMATIC REVIEW	429
APLICATIVOS COMO ESTRATÉGIA DE ENSINO NA DOENÇA RENAL CRÔNICA INFANTIL: UMA REVISÃO DA LITERATURA	287	CLASSIFICAÇÃO SEMI-AUTOMÁTICA DA DEGENERACÃO DE DISCOS	439
REDE NEURAL ARTIFICIAL OTIMIZADA PARA CLASSIFICAÇÃO DE CÂNCER DE MAMA	299	INTERVERTEBRAIS EM IMAGENS DE RESSONÂNCIA MAGNÉTICA	453
ANÁLISE DO RELACIONAMENTO NA COMUNIDADE DE MÉDICOS DE SEGURADORAS DE SAÚDE	309	DETECÇÃO DE ANOMALIAS NOS PAGAMENTOS DO SISTEMA ÚNICO DE SAÚDE	459
A PRELIMINARY MULTIPROFESSIONAL INFORMATION MODEL FOR BRAZILIAN PRIMARY CARE	319	DAS TÉCNICAS TRADICIONAIS ATÉ A SIMULAÇÃO REALÍSTICA COM RECURSOS DE ENGENHARIA BIOMÉDICA APLICADO AO DESENVOLVIMENTO DE HABILIDADES DAS CIÊNCIAS DA SAÚDE	469
DICOMFLOW: INFRAESTRUTURA ASSÍNCRONA, ASSIMÉTRICA, DESCENTRALIZADA PARA DISTRIBUIÇÃO DE IMAGENS MÉDICAS	327	ALERTAS A ALERGIAS Y SU OMISIÓN: UNA REVISIÓN NARRATIVA	481
ESTENDENDO O DOMÍNIO DA ONTOCANCRO 3.0 PARA ABORDAR O INFLAMMAGING	341	TENDÊNCIAS DE ESTUDOS SOBRE APLICATIVOS MÓVEIS PARA SAÚDE: REVISÃO INTEGRATIVA	499
ESTRATÉGIA SAÚDE DA FAMÍLIA E HANSENÍASE: ANÁLISE TERRITORIAL	353	VISÃO DE E-SAÚDE PARA O BRASIL: UMA DISCUSSÃO CONCEITUAL NECESSÁRIA	509
CLASSIFICAÇÃO PARA APLICAÇÕES TERAPÊUTICAS GAMIFICADAS PARA PACIENTES COM ALZHEIMER	361	EFICIÊNCIA DE DIFERENTES REDES NEURAIAS PARA DISCRIMINAR DADOS DE BIOMECÂNICA	521
TRANSLATION OF UMLS ONTOLOGIES FROM EUROPEAN PORTUGUESE TO BRAZILIAN PORTUGUESE	373	INFOBUTTONS EN UNA HISTORIA CLÍNICA ELECTRÓNICA ORIENTADA A PROBLEMAS	539
UM SERVIÇO PARA GERAÇÃO DE ESQUEMAS DE DADOS UTILIZANDO ARQUÉTIPOS	385	PRONTUÁRIO ELETRÔNICO DO PACIENTE: MAPEAMENTO DOS FLUXOS DE TRABALHO	549
		USOS DO SISTEMA DE INFORMAÇÃO SOBRE HIPERTENSÃO E DIABETES	557

A CENTRALIZED PLATFORM ON HUMAN GENOME FOR SUPPORTING CLINICAL DECISIONS	569	PROPOSIÇÃO DO PLANO DE PARTO INFORMATIZADO PARA APOIO A INTEROPERABILIDADE E HUMANIZAÇÃO	713
QASF 2.0 - SISTEMA DE PERGUNTAS E RESPOSTAS EM DOENÇAS CRÔNICAS	579	DETECÇÃO DE ARTEFATOS ESTRANHOS EM RADIOGRAFIAS DE TÓRAX	721
SCORE DE ALERTA PRECOCE EM UM REGISTRO MÉDICO ELETRÔNICO	591	IMPORTÂNCIA DA GESTÃO DA MUDANÇA: UMA EXPERIÊNCIA COM O PROCESSO DE IDENTIFICAÇÃO DO PACIENTE	731
READ.DBC - UM PACOTE PARA IMPORTAÇÃO DE DADOS DO DATASUS NA LINGUAGEM R	601	DIAGNÓSTICO DE GLAUCOMA EM RETINOGRAFIAS BASEADO EM GEOESTATÍSTICA	737
ABBREVIATIONS SYSTEM: PRELIMINARY RESULTS OF A SATISFACTION STUDY	607	DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE SOPORTE PARA TROMBOPROFILAXIS	747
CHARACTERIZING COMORBIDITIES, A STEP TO ORGANIZE THE PATIENT'S PROBLEMS LISTS	613	DESIGN OF AN INTEGRATED ANALYTICS PLATFORM FOR HEALTHCARE ASSESSMENT CENTERED ON THE EPISODE OF CARE	753
GERAÇÃO AUTOMÁTICA DE APLICATIVOS MÓVEIS A PARTIR DE PROTOCOLOS CLÍNICOS	619	CLASSIFICAÇÃO DE COLORAÇÃO IMUNO-HISTOQUÍMICA COMBINANDO COR E TEXTURA COMO DESCRITOR	763
SEGMENTAÇÃO DE MICROCALCIFICAÇÕES EM IMAGENS MAMOGRÁFICAS UTILIZANDO ALGORITMO <i>FIREFLY</i>	631	CONSULTA ASSÍNCRONA DERMATOLÓGICA USANDO O REGISTROS ELETRÔNICOS DE SAÚDE	773
AMBIENTE WEB PARA CITOMORFOMETRIA USANDO IMAGENS 3D	643	ELABORACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UNA AGENDA DIGITAL EN ATENCIÓN PRIMARIA EN LA CIUDAD AUTONOMA DE BUENOS AIRES	787
ANÁLISE DE SENTIMENTOS APLICADA À REALIDADE DA DOAÇÃO DE SANGUE NO BRASIL USANDO DADOS DO TWITTER	653	A SYSTEMATIC REVIEW ON CONTENT-BASED MEDICAL VIDEO RETRIEVAL	799
ALERTAS PARA USO DE ANTIMICROBIANOS TERAPÊUTICOS	661	MISSÃO KID: UM EXERGAME DE APOIO AO COMBATE À OBESIDADE INFANTIL	809
STRABISMUS MOBILE: UM APLICATIVO PARA DIAGNÓSTICO DE ESTRABISMO	671	UMA ABORDAGEM PARA A TRANSMISSÃO DE SINAL CARDÍACO ATRAVÉS DE BLUETOOTH E SERVIDOR EM NUVEM	819
ANÁLISE TEMPORAL DE LESÕES EM MAMOGRAFIAS UTILIZANDO ÍNDICES DE SIMILARIDADE	683	RECONHECIMENTO DE PADRÕES PARA CLASSIFICAÇÃO DA IMPEDÂNCIA ELÉTRICA DO TECIDO CERVICAL	829
DISMINUCIÓN DE LA TASA DE ERRORES EN LA MEDICACIÓN LUEGO DE LA INCORPORACIÓN DE LA RECOMENDACIÓN DE LA POSOLOGÍA EN UN SISTEMA DE PRESCRIPCIÓN ELECTRÓNICA	693		
PREDIÇÃO VOLUMÉTRICA DE LESÕES PULMONARES APLICANDO MODELO OCULTO DE MARKOV	699		

SUORTE À DECISÃO CLÍNICA NO DOMÍNIO DA DOENÇA RENAL CRÔNICA	839	DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE PARA VIGILÂNCIA E ALERTA DE DETERIORAÇÃO CLÍNICA E DISFUNÇÕES ORGÂNICAS	973
PLANO DE CUIDADOS UBÍQUO PARA ACOMPANHAMENTO DOMICILIAR DE PACIENTES	849	SOLUÇÃO DE TECNOLOGIA PARA PLANEJAMENTO AUTOMATIZADO DE TRATAMENTO ORTODÔNTICO DE DENTES INCLUSOS	981
NOTIFICAÇÕES DE MONITORAMENTO REMOTO DE PACIENTES USANDO REDES SOCIAIS	859	CARTEIRA DE VACINAÇÃO VIRTUAL	989
VISUALIZAÇÃO IMERSIVA E INTERAÇÃO GESTUAL COM DADOS MÉDICOS	869	INFORMATIZAÇÃO DA AVALIAÇÃO DE ÓBITOS EM TRAUMA	1001
DISPOSITIVO MÓVEL PARA REGISTRO ELETRÔNICO MULTIPROFISSIONAL DO ATENDIMENTO PRÉ-HOSPITALAR NO SAMU	879	GEOLOCALIZAÇÃO APLICADA AOS ATENDIMENTOS DO SAMU 192 A PARTIR DO RASTREAMENTO EM TEMPO REAL DAS AMBULÂNCIAS	1011
IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA DE SUORTE A DECISÃO CLÍNICA E ANÁLISE DE DADOS EM PACIENTES COM HIPOGLICEMIA	889	MONITORAMENTO REMOTO PERVASIVO DA SAÚDE UTILIZANDO DISPOSITIVO MÓVEL	1019
UM SISTEMA CONEXIONISTA DE APOIO A DECISÃO PARA TRIAGEM DE PACIENTES EM UNIDADES BÁSICAS DE SAÚDE	899	METODOLOGIAS E FERRAMENTAS PARA ANOTAÇÃO DE NARRATIVAS CLÍNICAS	1031
DENDROIDH: AGRUPANDO CIDADES POR SEMELHANÇA DE INDICADORES	907	AUTENTICAÇÃO MULTI-FATOR PARA TELEMEDICINA USANDO DISPOSITIVOS MÓVEIS E SENHAS DESCARTÁVEIS	1041
AVALIAÇÃO DE CLASSIFICADORES NO DIAGNÓSTICO DE CÂNCER DE MAMA	915	UMA SOLUÇÃO DE INTEROPERABILIDADE ENTRE SISTEMAS DE SAÚDE USANDO OPENEHR	1051
ANÁLISE DE CASOS DE LEISHMANIOSE VISCERAL UTILIZANDO TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO	929	ANÁLISE FILOGENÉTICA PARA DIFERENCIAÇÃO ENTRE NÓDULOS MALIGNOS E BENIGNOS	1061
INFORMATIZAÇÃO DAS VISITAS MÉDICAS EM UMA UNIDADE DE EMERGÊNCIA	939	TECNOLOGIA MÓVEL PARA A GESTÃO DA SAÚDE DE IDOSOS: REVISÃO DA LITERATURA	1071
AVALIAÇÃO DE PROGRAMA DE APOIO DIAGNÓSTICO NO ENSINO MÉDICO	947	SEGMENTAÇÃO DE CANDIDATOS A NÓDULO PULMONAR BASEADO EM TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA	1081
INFORMATIZAÇÃO DA ADMISSÃO E INTERNAÇÃO HOSPITALAR E, SEGUIMENTO AMBULATORIAL DE PACIENTES TRAUMATIZADOS	955	TELEDIAGNÓSTICO PARA ELETROENCEFALOGRAFIA EM SANTA CATARINA	1089
GAMIFICAÇÃO E CROWDSOURCING PARA MELHORIA DO COMBATE AO AEDES AEGYPTI	963	ÍNDICE REMISSIVO POR AUTOR	1101

AVALIAÇÃO DA PRODUTIVIDADE DE HOSPITAIS BRASILEIROS PELA METODOLOGIA DO *DIAGNOSIS RELATED GROUP* (DRG)

José Carlos Serufo Filho¹ e Renato Camargos Couto¹

¹Programa de Pós-Graduação em Infectologia e Medicina Tropical (PG-IMT) da Faculdade de Medicina da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil

Resumo: O Gerenciamento de uma organização hospitalar exige provisionar seus custos/gastos com ferramentas que a aproximam da realidade. A tarefa de aferição da produtividade pode ser complexa e duvidosa, diversos métodos são experimentados e a utilização do DRG tem se mostrado eficiente, sendo utilizado na avaliação da produtividade através de desfechos assistenciais. Estudo transversal, avaliou 145.710 internações, no período de 2012-2014, utilizando a metodologia do DRG para medição de sua produtividade a partir da mediana do tempo de internação. Ao agruparmos todas as internações em clínicos (37,6%) e cirúrgicos (62,4%), várias análises puderam ser feitas de acordo com esse critério. O DRG como ferramenta para predição de dias de internação é uma alternativa eficiente, colaborando assim para o controle da produtividade que influencia diretamente nos gastos e custos dos produtos hospitalares e qualidade dos serviços.

Palavras-chave: Diagnosis-Related Groups, Grupos Diagnósticos Relacionados, Case Mix, Custo de Produtividade, Desempenho.

Abstract: *The management requires a hospital organization to provision their costs/expenses with tools that approximate reality. The task of measuring productivity can be complex and uncertain, several methods are tested and the use of the DRG has been efficient, being used to assess the productivity through clinical outcomes. Cross-sectional study evaluated 145.710 hospitalizations in the period 2012-2014, using the DRG methodology for measuring productivity from the median length of hospitalization. When we group all hospitalizations in clinical (37.6%) and surgical (62.4%), multiple analyzes could be made according to this criterion. The DRG as a tool for prediction of hospital days is an effective alternative, thereby contributing to the control of productivity that directly influences the costs of hospital expenses and product and service quality.*

Keywords: *Diagnosis-Related Groups, Case Mix, DRG, Efficiency, Resource Allocation.*

Introdução

Os sistemas de saúde mundiais consomem recursos vultuosos. De acordo com a Organização Mundial de Saúde (OMS) e dados do Banco Mundial em 2012, 17,91% do produto interno bruto (PIB) dos Estados Unidos da América (EUA) foi investido em saúde, o que corresponde ao valor de aproximadamente 2.9 trilhões de dólares. Outros países como a Suíça (11,30%), Holanda (12,44%), Argentina (8,49%) e Colômbia (6,83%) também apresentam parcelas significativas do orçamento dos governos investidas na saúde. O percentual do PIB brasileiro destinado à saúde foi de 9,31%, aproximadamente 200 bilhões de dólares. De acordo com a Constituição Federal, os municípios são obrigados a destinar 15% do que arrecadam em ações de saúde. Para os governos estaduais, esse percentual é de 12%. No caso da União, o formato é um pouco diferente, pois leva em consideração a arrecadação do ano anterior para definir seus gastos.

Existe grande variação entre os países em relação ao percentual do PIB destinado à saúde, com valores entre menos de 5% até um pouco mais de 20%. São fatores determinantes desta variação: PIB

per capita, estrutura demográfica, características epidemiológicas da população, grau de progresso tecnológico, variações da prática médica e características do sistema de saúde¹. Para tão elevado investimento esperam-se resultados assistenciais que mantenham boa relação com o consumo de recursos sociais.

Uma das características dos serviços de saúde é a grande heterogeneidade das informações entre prestadores e consumidores, e particularmente entre gestores. Essa dissonância torna difícil estimar o desempenho dos prestadores, afetando não apenas a escolha do paciente, mas também as decisões governamentais.

O *Diagnosis Related Groups* (DRG) é um sistema de classificação de pacientes, descrito em 1977 nos EUA, que reflete a média da relação do tipo de paciente tratado no hospital e o custo desse hospital.

Desenvolvido por Fetter et al. em 1980 para o governo Norte-Americano, o DRG constitui um sistema de classificação de pacientes internados em hospitais que atendem casos agudos, ou seja, aqueles em que a média de permanência do paciente não ultrapassa 30 dias².

O sistema de classificação busca relacionar os tipos de pacientes atendidos pelo hospital, com os recursos consumidos durante o período de internação, criando grupos de pacientes que sejam semelhantes em suas características clínicas e no seu consumo de recursos³.

A utilização do DRG possibilitou a realização de comparações da assistência hospitalar e seus custos, tornando possível a análise de produtividade através da relação entre os resultados assistenciais e econômicos⁴. A efetividade mensurada pelo DRG em uma organização poderá ser comparada com outras organizações hospitalares, criando oportunidades de melhoria de desempenho⁵.

Diversas adaptações foram desenvolvidas em diferentes países. O MS-DRG foi introduzido em 2008, na versão 25. O presente estudo, utilizando a versão 31.0 (MS-DRG), avaliou 145.710 internações de hospitais distribuídos nos estados brasileiros de Minas Gerais e Goiás.

Noronha *et al.* excluíram os casos que apresentavam tempo de permanência 2,5 desvios-padrão acima ou abaixo da média do DRG a que pertenciam, justificando que esses influenciavam os resultados estatísticos 5. Afim de evitar vieses de seleção, em nosso estudo, optamos por manter todas as entradas originais do banco de dados e efetuar análises estatísticas adequadas à distribuição de cada variável.

Assim, o DRG permite comparar o desempenho hospitalar entre instituições. Essa qualidade da classificação, associada à facilidade na obtenção dos dados de hospitalização encontrados em resumos de saídas hospitalares, é o que permite sua utilização para diversos propósitos dentro da grande área de gestão dos serviços hospitalares. Sua aplicação tem sido voltada para o pagamento de hospitalizações e para o planejamento e gestão do sistema de atenção hospitalar em seus diversos níveis⁶.

Entre as versões, o IR DRG (*International Refined – DRG*) foi desenvolvido a partir de casuísticas de vários países, o que lhe confere mais representatividade, além de utilizar o CID-10 e agregar três níveis de gravidade⁷.

Este estudo mensurou a produtividade dos leitos de hospitais brasileiros e estabeleceu comparação com os de hospitais americanos.

Materiais e Métodos

Trata-se de estudo transversal, que comparou a mediana de permanência por produto DRG no Brasil com os percentis de permanência dos mesmos produtos assistidos na rede de hospitais americanos que vendem serviços ao governo americano, sendo as variações encontradas denominadas produtividade do uso do leito para gerar produtos assistenciais. Foram incluídos 147.542 indivíduos, no período de 2012 a 2014, classificados em 424 DRG e excluídos 1.832 que apresentavam DRG com menos de 20 pacientes. O projeto foi aprovado no COEP sob número 34133814.5.0000.5149. Uma vez que o banco de dados utilizado não identifica pacientes, foi obtida a dispensa do TCLE.

A análise do estudo incluiu: Sexo, Idade, CID principal, Comorbidades e Procedimentos; Peso da complexidade assistencial e Tipo de internação (Cirúrgico ou Clínico); Tempo de permanência hospitalar e Produtividade. Os percentis do tempo de internação americano foram utilizados como medidas de referência (critério) para análise dos resultados apresentados. Foram utilizados os testes do Qui-Quadrado, Análise de Correlação de Pearson e Teste de Sinal, respeitando uma probabilidade de significância inferior a 5% ($p < 0,05$). Utilizou-se o pacote estatístico SAS (SAS Institute Inc., 1989), o software R Studio Version 0.98.978 – © 2009-2013 RStudio, Inc, Epi Info verão 7 e SPSS versão 17 – cada um dentro de suas limitações e facilidades.

O CID-10, utilizado no Brasil, apresenta menor quantidade de códigos quando comparado ao utilizado pelo MS-DRG (CID-10-CM e CID-10-PCS) que categoriza as doenças com maior detalhamento. Portanto, fez-se necessário que uma equipe médica especializada realizasse a tarefa de verificação das similaridades, criando uma tabela de equivalências. A FIGURA 1 explica o fluxo de desenvolvimento e processo de criação e atualização do software DRG-Brasil.

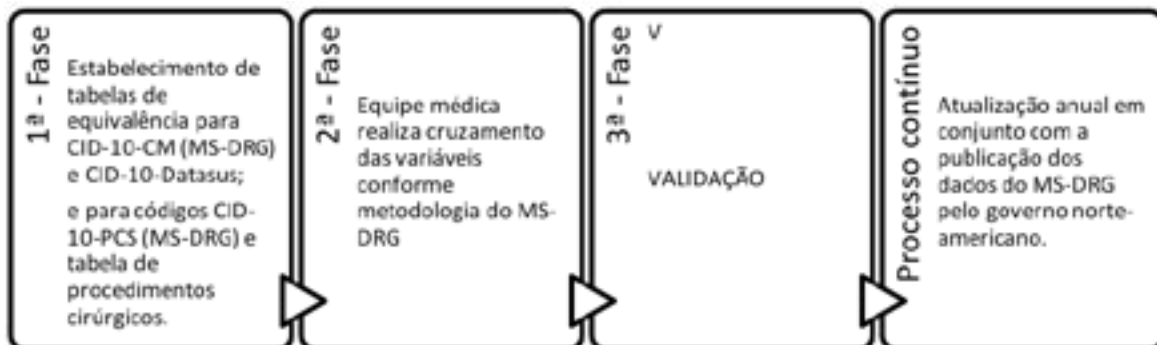


Figura 1 - Fluxo do processo de ajuste do DRG-Brasil

Foi utilizada a categorização DRG do governo norte-americano em sua versão 31.0 (MS-DRG), cuja base CID-10-CM e CID-10-PCS. Para compatibilizar o sistema de codificação Brasileiro de procedimentos TUSS (Terminologia Unificada da Saúde Suplementar) e SUS (Sistema Único de Saúde) foi utilizado o software DRG Brasil® que correlaciona o sistema de códigos estadunidense com os códigos brasileiros. A validação das correspondências realizadas pelo software ocorreu produto a produto. O software utilizado no estudo foi desenvolvido e adaptado por médicos envolvidos em grupos de pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerias e Faculdade de Ciências Médicas de Minas Gerais.

Para o cálculo da produtividade foi utilizado como referência os dados publicados pelo governo norte-americano em sua rede de assistência para o MS-DRG, onde foi feita uma razão entre valores de permanência real nos hospitais estudados e o tempo de permanência estimado com base nos percentis americanos em cada um dos DRG avaliados. Assim, valores acima de 1,0 indicam o número de vezes que o tempo de internação nos hospitais estudados é maior que o previsto (hospitais americanos), ou seja, a produtividade é menor do que a obtida nos hospitais americanos. De forma análoga, números abaixo de 1,0 indicam ganho na produtividade.

Resultados

O sexo feminino foi predominante (63,9%). A média da idade foi 42,8 anos e a mediana 39,9 anos (P50). Um pouco mais de 60% dos pacientes (62,4%) foram classificados no DRG do grupo Cirúrgico e os demais 37,6% encontram-se inseridos no grupo Clínico. Os CID principais mais frequentes

totalizaram 20.034 (36,6%) dos 54.808 (37,6%) dos casos de DRG clínicos, e 51.555 (56,7%) dos 90.902 (62,4%) dos casos de DRG cirúrgicos analisados.

Em relação à quantidade de diagnósticos múltiplos das subdivisões de DRG clínicos e cirúrgicos (TABELA 1), observa-se que no grupo de DRG clínicos 46,5% apresentaram pelo menos um diagnóstico secundário, seguidos por 22,0% que não apresentaram nenhum diagnóstico secundário. Enquanto no grupo de DRG cirúrgicos, quase da metade dos casos (47,4%) não tiveram relatos de diagnósticos secundários.

Tabela 1 - Quantidade de diagnósticos secundários segundo o tipo de *Diagnosis Related Group* Cirúrgico e Clínico nos hospitais da pesquisa, 2012-2014.

Número de comorbidades	Tipo				Geral	
	Cirúrgico		Clínico			
	n	%	n	%	n	%
Nenhuma	43.080	47,4	12.804	22,0	55.164	37,9
1	27.134	29,8	25.497	46,5	52.631	36,1
2	7.914	7,9	5.861	10,7	13.055	9,0
3	4.631	5,1	3.826	7,0	8.457	5,8
4 ou +	8.863	9,8	7.540	13,8	16.403	11,2
TOTAL	90.902	100,0	54.808	100,0	145.710	100,0

Base de Dados: 145.710 pacientes

(Cirúrgico → 90.902 pacientes e Clínico → 54.808 pacientes)

As prevalências das categorias de diagnósticos maiores (MDC), onde a categoria mais frequente do tipo Cirúrgico foi “Gravidez, Parto e Puerpério”, representa 23,0%, seguida pelas “Doenças e Distúrbios do Sistema Músculo-esquelético e Tecido Conjuntivo” (15,1%) e “Doenças e Distúrbios do Sistema Digestivo” (12,0%). Esses três grupos somam cerca de 50,1% dos casos. A categoria MDC de “Doenças e Distúrbios do Sistema Respiratório” é a mais frequente entre as do tipo Clínico (16,1%).

A TABELA 2 apresenta a comparação entre os tipos Cirúrgico e Clínico em relação à classificação dos DRG em relação à mediana do tempo de permanência hospitalar de acordo com o critério americano de dias de internação.

Tabela 2 - Comparação entre os tipos Cirúrgico e Clínico de acordo com a classificação dos DRG em relação à mediana do tempo de permanência hospitalar segundo o critério americano, hospitais estudados, 2012-2014.

Permanência Hospitalar - Critério americano -	Tipo				TOTAL
	Cirúrgico		Clínico		
	n	%	n	%	
≤ Mediana (P_{50})	95	50,8	48	20,3	143
= Mediana (P_{50})	28	15,0	38	16,0	66
> Mediana (P_{50})	64	34,2	151	63,7	215
TOTAL	187	100,0	237	100,0	424

Base de Dados: 424 DRG (Cirúrgico → 187 DRG e Clínico → 237 DRG)

NOTA: $p < 0,001$ (Teste Qui-quadrado)

O.R. → 3,4

A TABELA 3 mostram uma análise sintetizada dos resultados, considerando o tipo de DRG e percentis.

Tabela 3 - Classificação dos DRG quanto à mediana do tempo de permanência hospitalar em relação aos percentis do tempo de internação americano, hospitais estudados, 2012-2014.

Classificação dos DRG	Tipo				Geral	
	Cirúrgico		Clínico			
	N	%	n	%	n	%
Percentis						
< P ₁₀	21	11,2	7	3,0	28	6,6
P ₁₀	37	19,8	6	2,5	43	10,1
P ₁₀₋₂₅	11	5,9	3	1,3	14	3,3
P ₂₅	12	6,4	18	7,6	30	7,1
P ₂₅₋₅₀	14	7,5	14	5,9	28	6,6
P ₅₀	28	15,0	38	16,0	66	15,6
P ₅₀₋₇₅	6	3,2	9	3,8	15	3,6
P ₇₅	30	16,0	85	35,8	115	27,1
P ₇₅₋₉₀	7	3,7	12	5,1	19	4,5
P ₉₀	16	8,6	38	16,0	54	12,7
> P ₉₀	5	2,7	7	3,0	12	2,8
TOTAL	187	100,0	237	100,0	424	100,0

Base de Dados: 424 DRG (Cirúrgico → 187 DRG e Clínico → 237 DRG)

O GRÁFICO 1 mostra a análise de correlação entre o peso da complexidade assistencial e mediana do tempo de permanência hospitalar (em dias) observado em cada DRG. Não houve diferenças entre a utilização da média ou da mediana.

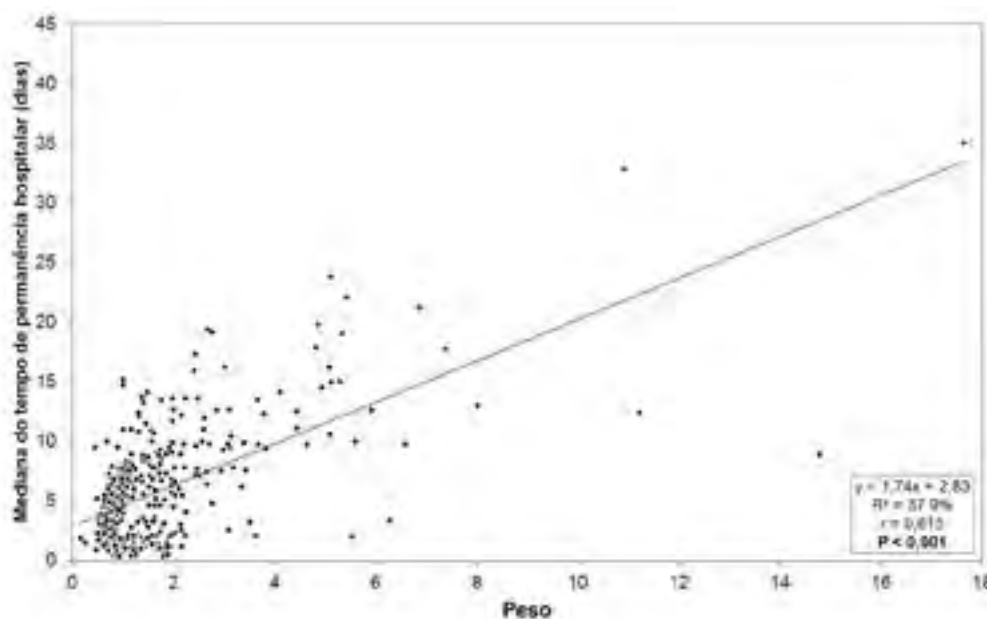


Gráfico 1: Análise de correlação entre o peso da complexidade assistencial e a mediana do tempo de permanência hospitalar (em dias) observado em cada DRG

Discussão

Perfil dos pacientes estudados

Poucos estudos relacionados ao DRG descrevem as características da população incluída^{8,9}.

Em nosso estudo, a distribuição de pacientes quanto ao sexo mostrou que as internações femininas representam dois terços do total (63,9% x 36,1%) com média de idade de 42,8 anos. As internações relacionadas a “Gravidez, Parto e Puerpério” ocupam o primeiro lugar entre os DRG Cirúrgicos (23%), agrupados no MDC 4, representando 15,5% do total. Assim, os partos espontâneos e as cesarianas, são os CID mais frequentes e podem explicar parte da maior prevalência de mulheres, com implicações na redução da média de idade.

Os diagnósticos secundários somam 78,0% das internações por DRG clínicos, sendo 20,8% com três ou mais diagnósticos, enquanto 47,4% dos DRG cirúrgicos não tiveram diagnóstico secundário. O diagnóstico secundário ao mesmo tempo que mostra esmero no exame do paciente, indica maior número de comorbidades e, por conseguinte, gera maior complexidade, o que pode determinar maior custo.

Produtividade dos leitos

Embora a abordagem DRG represente um avanço no cálculo de pagamentos, o sistema de reembolso DRG, usado nos EUA na década de 80, não impediu a transferência de custos para os pacientes de planos privados, como também não envolveu médicos nos esforços para melhorar a eficiência de custos¹⁰.

O DRG foi avaliado na Suíça como base para o reembolso dos prestadores. Houve ganho na prática de atendimento ambulatorial, no sentido de cooperação entre o hospital e o médico, porém ocorreu aumento do número de reinternações. Já a redução do tempo de internação, que poderia trazer reflexos positivos na produtividade, não foi relacionada à implantação do DRG. Não foram observados outros efeitos negativos⁹.

O G-DRG (*Germany Diagnosis Related Group*) adotado na Alemanha em 2004, com base no AR-DRG (*Australian Refined DRG*), calcula anualmente os custos e seus pesos a partir de dados do ano anterior, sendo que em 2009 utilizou 263 (16%) hospitais da rede. Registrou-se alta qualidade na alocação de recursos hospitalares, porém limitações na delimitação do custo total de gerenciamento e do custeio individualizado do paciente. Segundo os autores, o Sistema apresentou, ainda, viés de representatividade ao adotar um modelo nacional único¹¹.

Em hospitais portugueses avaliaram-se eficiência e qualidade de entidades públicas e privadas. Os autores construíram um indicador agregado de avaliação da qualidade, composto por 12 indicadores de processo e cinco indicadores de resultado, e utilizaram o inverso do índice de *Casemix*, para ajustar os indicadores de gestão. Concluíram que a homogeneização obtida permitiu a comparação entre os hospitais, sem no entanto, alçar a validação da metodologia¹².

Em nosso estudo, quando se comparam os percentis dos hospitais americanos à mediana do tempo de permanência hospitalar, para cada um dos DRG com no mínimo 20 internações, observam-se duas situações distintas. Na primeira, tendo como exemplo o DRG de número 25, em que o resultado não mostra diferença estatisticamente significativa ($p > 0,05$) das medidas do tempo de permanência hospitalar, para este DRG, em relação ao percentil 75, isto é, o grupo de pacientes avaliado apresenta uma mediana semelhante ao percentil 75 do critério americano. Portanto, pode-se concluir que o tempo de permanência hospitalar dos hospitais avaliados está estatisticamente elevado se tomar como ponto de referência a mediana (P50) do critério americano. Isso equivale à baixa produtividade. Na outra

situação, destacam-se como exemplo o DRG de número 3, em que a mediana observada difere significativamente ($p < 0,05$) nos 5 percentis do critério americano e, no DRG 3, a mediana encontra-se entre os percentis 50 e 75 (P50-75), portanto, está estatisticamente acima do percentil 50 (P50). Esta última conclusão baseia-se na inversão da distribuição dos sinais “+” e “-” da comparação com os valores pré-estabelecidos nos percentis americanos, obtidos na aplicação do teste de sinal¹³.

Comparando-se os hospitais em estudo com os hospitais americanos, a observação dos DRG com mediana igual ou menor que o percentil 10, registra 31% de cirúrgicos e 5,5% de clínicos, o que sinaliza melhor eficiência do atendimento de pacientes vinculados aos DRG de casos cirúrgicos.

Essa percepção é reforçada nos resultados, que mostram associação significativa ($p < 0,001$; O.R. 3,4) entre o tipo e a classificação dos DRG em relação a mediana do tempo de permanência hospitalar obtida nos hospitais americanos. A proporção de DRG do tipo cirúrgico (65,8%) é maior do que a encontrada nos DRG clínicos (36,3%), resultando daí que o tipo cirúrgico tem 3,4 vezes mais chance de apresentar um tempo de permanência hospitalar mediano abaixo ou igual ao percentil 50 americano, do que um DRG do tipo clínico.

A mediana do tempo de permanência hospitalar, avaliada no presente estudo, é comparável à dos hospitais americanos em 15,6% dos DRG, sendo que se encontra abaixo em 33,7% e acima em 50,7%. No entanto, quando se avaliam os subgrupos Clínicos e Cirúrgicos, observa-se que a permanência nos hospitais brasileiros é maior para os DRG clínicos (63,7%), contrapondo-se com 34,2% dos cirúrgicos. Considerando que maior permanência no leito implica em maior custo, o tempo de permanência será inversamente proporcional a produtividade.

Assim, pode-se inferir que a produtividade do leito clínico dos hospitais brasileiros é menor que a americana, enquanto que a dos cirúrgicos é igual ou maior (65,8%). A alta precoce de casos cirúrgicos, praticada nos hospitais avaliados, pode explicar esse resultado. Já, diversos fatores, como permanência no hospital por falta de transporte ou aguardando acompanhantes e “internações sociais”, podem explicar a baixa produtividade dos casos clínicos. No estudo de Hendy *et al.*, os atrasos de alta, decorrentes de demora na finalização da terapia e motivos sociais, foram responsáveis por 26,8% dos custos¹⁴. Em outro estudo, 67% dos atrasos ocorreram com pacientes clinicamente estáveis e em condições de alta. Entre as causas médicas, 54% foram devido a atrasos em procedimentos, 21% aguardando a realização de exames e 10% a interpretação dos mesmos. Entre as causas não médicas destacam-se a dificuldade de contatar familiares e transferir pacientes para casas de repouso, além de problemas relacionados ao transporte¹⁵. Em nosso estudo, não avaliamos esses motivos que resultaram na melhor produtividade de pacientes cirúrgicos e no maior custo dos pacientes clínicos, em que pese esses serem os principais responsáveis pela baixa produtividade em nosso meio, devendo ser objeto de atenção na otimização do sistema de saúde.

Correlações do peso da complexidade assistencial

A relação entre a complexidade produtiva de cada produto assistencial DRG, foi medida pelo peso do produto na composição do *Casemix* hospitalar e as respectivas variações de produtividade. Tal complexidade, relacionada ao consumo de recursos, tem sido utilizada como um dos critérios para a alocação de recursos financeiros a hospitais^{16,17,18}.

Muitos países calculam os pesos relativos do DRG ou adaptam de outros países, como o fazem Portugal e Irlanda. Já, Inglaterra, França, Holanda e Espanha utilizam valores monetários dos custos, obtidos sem cálculo de peso. Por outro lado, Áustria e Polônia são os únicos que expressam o peso do DRG como score. A diferença é que o score não expressa valor monetário, mas um número de pontos. Em contraste com o peso relativo, o score não guarda relação com a média de custo de tratamento de cada DRG do país. As nações europeias utilizam, ainda, diferentes critérios de conversão monetária, que podem variar dentro do mesmo país¹⁹.

Em estudo no Canadá, os programas de garantia da qualidade para unidades de reabilitação de internações por AVC na província de Quebec, tiveram como principal objetivo uma redução anual de tempo médio de permanência (LOS – *length of stay*) para controlar progressivamente os custos de saúde e, possivelmente, aumentar o número de pacientes atendidos em um ano fiscal. Esta prática pode levar a desigualdades entre provedores de reabilitação, uma vez que existem potenciais incentivos para selecionar preferencialmente indivíduos com deficiências menos complexas e deficiências combinadas com a maioria dos ambientes sociais e físicos favoráveis, a fim de alcançar os objetivos visados. Perniciosamente, a maioria dos indivíduos com níveis de imparidade e deficiência grave pode ser confrontado com acessibilidade limitada, ou mesmo ilegitimidade, a programas de reabilitação neurológica. Além disso, instalações de reabilitação podem cumprir os objetivos anuais pela aplicação de uma estratégia de mudança de custo, que consiste principalmente de aumentar as taxas de referência para outros provedores de reabilitação (por exemplo, provedores de *home care*). Portanto, a possibilidade de usar o sistema de classificação e implementação de grupo de *Casemix* vem despertando interesse considerável⁸.

Embora tenha utilizado o *Casemix* como uma medida de complexidade da enfermidade do paciente e do tratamento associado, seu valor não foi informado no estudo realizado no Chile²⁰.

Na avaliação de pacientes internados com doenças respiratórias, que representaram um quarto das internações, Cots e colaboradores utilizaram o peso dos DRG respiratórios (1,94) em relação ao peso do *Casemix* dos pacientes clínicos (1,77) para apontar a maior complexidade dessas doenças²¹.

Considera-se o tempo em dias de permanência no leito hospitalar, como o principal fator que está ligado diretamente ao custo e desempenho do produto assistencial. Entende-se por complexidade assistencial, em especial, as condições biológicas, gravidade da doença e o manejo clínico. No presente estudo, o peso da complexidade assistencial de cada produto apresentou correlação positiva com o tempo mediano de permanência hospitalar. A diferença entre o grau de correlação dos DRG clínicos ($p=0,001$; $R^2=28,2$) em relação aos cirúrgicos ($p=0,001$; $R^2=49,6$) não explica os achados descritos anteriormente, que mostraram produtividade dos leitos clínicos dos hospitais brasileiros menor que a dos hospitais americanos em 63,7% dos DRG, enquanto que a dos cirúrgicos foi igual ou maior em 65,8%.

Na categoria de DRG cirúrgicos a correlação encontrada ($p=0,001$; $R^2=49,6$), mostra que a complexidade explica cerca de metade dos fatores que impactam no tempo de ocupação do leito, mas faz procurar motivos que expliquem a aproximação da produtividade do leito cirúrgico dos hospitais estudados à dos americanos.

Os determinantes da longa permanência nos leitos de hospitais brasileiros podem ser explicados apenas parcialmente pela complexidade determinada pelas variáveis biológicas. Outros fatores diferentes daqueles da complexidade assistencial de causa biológica influenciam 71,8% das internações de natureza clínica e 50,4% das internações cirúrgicas mostrando desta forma uma grande oportunidade de melhoria de produtividade pela melhoria dos processos do sistema de saúde.

Assim, o índice de risco de complexidade é um determinante desta relação, mas não o mais importante, e sugere que há outros fatores impactando e alongando o tempo de ocupação dos leitos hospitalares. Esta é a grande janela de oportunidade de melhoria na reestruturação dos processos e custos hospitalares, sem impactar na assistência aos pacientes.

Conclusão

A população estudada é predominantemente feminina com média de idade de 42,8 anos. A produtividade dos leitos clínicos dos hospitais estudados é menor que a dos hospitais americanos em 63,7% dos DRG, enquanto que a dos cirúrgicos é igual ou maior em 65,8%.

Parte dos determinantes da longa permanência nos leitos de hospitais brasileiros podem ser explicados por causas não biológicas. Neste sentido faz-se necessário uma mudança no paradigma da gestão com foco nos processos hospitalares. Fatores diferentes da complexidade assistencial influenciam mais que 70% da correlação de custos dos leitos clínicos, mostrando desta forma uma grande oportunidade para melhoria dos sistemas de saúde.

Este estudo mostra de forma consistente, que no Brasil, há sérios problemas envolvendo a atividade assistencial da saúde que determinam aumento supérfluo de custos, quando melhorias nos processos podem proporcionar grandes resultados no âmbito da qualidade e da eficiência, determinantes da produtividade.

Há elevada ocorrência de comorbidades na população assistidas pelos hospitais estudados, o que torna necessário um sistema qualificado de informações para que a categorização dos produtos DRG reflitam a real complexidade assistencial.

Novos estudos são de suma importância ao desenvolvimento da pesquisa nesse campo num processo contínuo estimulando o desenvolvimento de novas técnicas de mensuração de problemas e de proposição de soluções.

O conhecimento do coeficiente global de ponderação da produção dos pacientes permite subsidiar o planejamento e a implementação de programas de melhoria voltados para a otimização da assistência, a organização dos serviços e a tomada de decisões, sem impactar nas necessidades do paciente. Os achados das correlações de cada produto DRG sustentam as decisões gerenciais.

Referências

- [1] Xu K, Saksena P, Holly A. The determinants of health expenditure: a country-level panel data analysis. Geneva: World Health Organisation (WHO). 2011.
- [2] Palmer GR. International comparisons of hospital usage: a study of nine countries based on DRGs: School of Health Services Management, University of New South Wales; 1989.
- [3] Noronha MF, Veras CT, Leite IC, Martins MS, Braga Neto F, Silver L. O desenvolvimento dos "Diagnosis Related Groups"-DRGs. Metodologia de classificação de pacientes hospitalares. *Revista de Saúde Pública*. 1991; 25(3): p. 198-208.
- [4] Nita ME, Secoli SR, Nobre MRC, Ono-Nita SK, Campino ACC, Santi FM, et al. Avaliação de tecnologias em saúde: evidência clínica, análise econômica e análise de decisão: *Artmed*; 2010.
- [5] Noronha MFd, Portela MC, Lebrão ML. Potenciais usos dos AP-DRG para discriminar o perfil da assistência de unidades hospitalares. *Cadernos de Saúde Pública*. 2004; 20: p. S242--S255.
- [6] Wiley MM. Hospital financing reform and case-mix measurement: an international review. *Health Care Financing Review*. 1991; 13(4): p. 119-133.
- [7] Paolillo E, Cabrera D, Martins L, Scasso A, Constantin M, Ferreira M, et al. Grupos Relacionados por el Diagnóstico (GRD). Experiencia con IR-GRD en el Sanatorio Americano, sistema FEMI. *Revista Médica del Uruguay*. 2008; 24(4): p. 257-265.
- [8] Gagnon D, Nadeau S, Tam V. Clinical and administrative outcomes during publicly-funded inpatient stroke rehabilitation based on a case-mix group classification model. *Journal of Rehabilitation Medicine*. 2005; 37(1): p. 45-52.
- [9] Busato A, von Below G. The implementation of DRG-based hospital reimbursement in Switzerland: A population-based perspective. *Health research policy and systems*. 2010; 8(1): p. 31.
- [10] Keith SN. Prospective payment for hospital costs using diagnosis-related groups: will cost inflation be reduced? *Journal of the National Medical Association*. 1983; 75(6): p. 609.
- [11] Vogl M. Assessing DRG cost accounting with respect to resource allocation and tariff calculation: the case of Germany. *Health economics review*. 2012; 2(1): p. 1-12.

- [12] do Rosário Giraldes M. Eficiência versus qualidade no serviço nacional de saúde: de metodologias de Avaliação. *Acta Médica Portuguesa*. 2008; 21(5): p. 397-410.
- [13] Conover W. Some methods based on ranks. *Practical nonparametric statistics*. 1980; 2: p. 213-343.
- [14] Hendy P, Patel J, Kordbacheh T, Laskar N, Harbord M. In-depth analysis of delays to patient discharge: a metropolitan teaching hospital experience. *Clinical Medicine*. 2012; 12(4): p. 320-323.
- [15] Carey MR, Sheth H, Scott Braithwaite R. A prospective study of reasons for prolonged hospitalizations on a general medicine teaching service. *Journal of general internal medicine*. 2005; 20(2): p. 108-115.
- [16] Urbano J. Implementation of Diagnosis Related Groups in Portugal. In *Proceedings of International Conference on Management and Financing of Hospital Services*; London: Health Systems Management Group da School of Organization and Management/Henry J. Kaiser Family Foundation; 1986. p. 93-8.
- [17] Urbano J, Bentes M, Vertrees J, Kimberly J, Pouvourville G. Portugal: National Commitment and the implementation of DRGs. *The migration of managerial innovation: Diagnosis related groups and health care administration in Western Europe*. San Francisco: Jossey-Bass Publishers. 1993; p. 215-53.
- [18] Kimberly JR, de Pouvourville G, others. *The migration of managerial innovation: Diagnosis-related groups and health care administration in Western Europe*: Jossey-Bass Publishers; 1993.
- [19] Busse R, Geissler A, Quentin W, Wiley M. *Diagnosis-Related Groups in Europe: Moving towards transparency, efficiency and quality in hospitals*: McGraw-Hill International; 2011.
- [20] Santelices E, Ormeño H, Delgado M, Lui C, Valdés R, Durán L. Análisis de la eficiencia técnica hospitalaria 2011. *Revista médica de Chile*. 2013; 141(3): p. 332-337.
- [21] Cots F, Raventós J, Ausín P, Chiarello P, Balcells E, Castells X, et al. The day hospital: analysis of results, costs and management of pneumology resources. *Arch Bronconeumol*. 2013 Feb; 49(2): p. 54-62.

Contato

José Carlos Serufo Filho
serufo.ufmg@gmail.com
31 – 97185-8660
Rua Professor Jerson Martins, 15 – T02-303
Belo Horizonte, Minas Gerais
CEP: 31270-380

JOGO PARA AUXÍLIO AO ENSINO DE TABUADA PRINCIPALMENTE PARA CRIANÇAS COM TDAH

GAME TO AID TEACHING MULTIPLICATION TABLES SPECIALLY FOR CHILDREN WITH ADHD

JUEGO PARA AYUDAR A ENSEÑAR LAS TABLAS DE MULTIPLICAR PRINCIPALMENTE PARA LOS NIÑOS CON TDAH

Wagner Marcelo Sanchez¹; Luiz Teruo Kawamoto Júnior²

1 Professor FIAP; 2 Bolsista de Produtividade em Pesquisa CNPq; Bolsista de Pesquisa FAEP.
2 autor correspondente.

Resumo: O aprendizado da tabuada é de extrema importância para os alunos do ensino fundamental e por muitas vezes o aprendizado desse conteúdo é algo mecânico e desgastante, dificultando seu entendimento por parte dos alunos, principalmente para aqueles com transtorno de déficit de atenção e hiperatividade (TDAH). Os jogos digitais são propícios para o ensino da tabuada, pois reúnem todas as características positivas que o aprendizado deve conter como serem atraentes, conter desafios, e ter interatividade. Neste trabalho foi desenvolvido um jogo para o auxílio ao ensino de tabuada para os alunos do ensino fundamental. O aplicativo desenvolvido pode ser utilizado em equipamentos móveis e fixos. Foi validado por educadores e especialistas da área educacional e programadores da área de engenharia biomédica; e aplicado com sucesso em um grupo experimental e controle de crianças de dois colégios para se aferir a eficiência do jogo virtual, através do desempenho escolar no conteúdo específico tabuada.

Palavras-chaves: Transtorno do Deficit de Atenção com Hiperatividade; Transtornos de Aprendizagem; educação; Tecnologia Educacional.

Abstract: Learning the multiplication tables is extremely important for elementary school students and often learning of this content is mechanical and exhausting, hindering their understanding by the students, especially for those with attention deficit hyperactivity disorder (ADHD). Digital games are suitable for teaching the multiplication tables, it gathers all the positive characteristics that learning should include how to be attractive, contain challenges, and have interactivity. This work developed a game for the aid to the multiplication table of education for elementary school students. The developed application can be used in mobile and non-mobile devices. It was validated by educators and specialists in the field of education and programmers in the field of biomedical engineering, and applied with success in an experimental and control groups of children from two schools to be assess the efficiency of the virtual game, through the school performance in specific content multiplication tables.

Keywords: Attention Deficit Disorder with Hyperactivity; Learning Disorders; education; Educational Technology.

Introdução

Um importante transtorno que tem chamado a atenção de pais e educadores nas escolas é o Transtorno do Déficit de Atenção (TDAH) em crianças, que na maioria das vezes vem atrelado à dificuldade de assimilar conteúdos, principalmente que requerem atenção e concentração⁽¹⁾.

Observa-se que em sala de aula, alunos com comportamento agitado muitas vezes arrancam os brinquedos de seus colegas, correndo sem direção de um lado para o outro e não conseguem ficar por muito tempo quietos e/ou sentados no mesmo lugar como também apresentam dificuldades para concluir as tarefas escolares solicitadas e em várias situações chegando a ser agressivos e interrompendo de forma involuntária a comunicação, não permitindo a fala dos colegas e até mesmo do professor⁽²⁾. Entretanto, esse comportamento é geralmente confundido com indisciplina ou é característico de um distúrbio de atenção que, atinge 5% das crianças e adolescentes de todo o mundo.

As tecnologias emergentes estão transformando a sociedade. Se bem utilizadas, podem transformar nosso mundo num lugar melhor⁽³⁾. É necessário desenvolver tecnologias que auxiliem esse grupo.

O portador de TDAH apresenta chance maior de ter outro problema de saúde mental como problemas de comportamento, ansiedade e depressão, o que os médicos e psicólogos chamam de comorbidade (ocorrência de dois ou mais problemas de saúde)⁽³⁾.

Algumas das consequências do Transtorno de Déficit de Atenção e Hiperatividade no processo de aprendizagem ainda não são conhecidas⁽⁴⁾.

Crianças com TDAH possuem um nível de alerta menor e, portanto, necessitam de mais estímulo para manter seu cérebro funcionando em níveis normais quando comparadas a outras crianças não portadoras de TDAH, o que mostra que elas são menos sensíveis a reforços, pois estão a todo o momento à procura de novos estímulos. Não existe uma única forma de TDAH e, com o tempo, pode-se sofrer alterações imprevisíveis. Afeta a criança na escola, em especial em atividades que exigem atenção como a tabuada, em casa e na comunidade em geral, muitas vezes, prejudicando seu relacionamento com professores, colegas e familiares⁽⁵⁾.

No contexto da Educação Matemática, o jogo é considerado como um gerador de situação-problema e desencadeador da aprendizagem do aluno⁽⁶⁾.

A aprendizagem baseada em Jogo (GBL – *Game Based Learning*) é implementada para ser uma ferramenta eficaz para a aprendizagem que pode promover uma maior eficácia na aprendizagem e motivação dos alunos, ainda mais quando se trata de alunos com TDAH⁽⁷⁾.

A aprendizagem utilizando games em dispositivos móveis abre novas oportunidades para os educadores, pois a atividade de aprendizagem não se limita à sala de aula, mas também pode ser aplicada em qualquer lugar e a qualquer momento, sem a necessidade de uma supervisão rigorosa por parte do professor⁽⁷⁾.

O aprendizado da tabuada é de extrema importância para os alunos do ensino fundamental, trata-se de um dos pilares para o entendimento da matemática, mas algumas vezes o aprendizado desse conteúdo torna-se algo mecânico e desgastante, dificultando seu entendimento por parte dos alunos, principalmente para os alunos com transtorno de déficit de atenção e hiperatividade (TDAH).

O principal objetivo dessa pesquisa é tornar o aprendizado da tabuada por alunos do ensino fundamental mais eficaz para portadores de TDAH, mas que também que o método fosse aplicável aos não portadores do transtorno.

Métodos

A pesquisa foi submetida ao Comitê de Ética e Pesquisa da Universidade de Mogi das Cruzes, que aprovou o procedimento: CAAE 43943015.1.0000.5497.

Inicialmente, foi feito o levantamento bibliográfico sobre estratégias de ensino para portadores de TDAH, como ambiente envolvente, desafio constante e cores. Foram importantes as informações de Barker^(1, 5) e Grando⁽⁶⁾.

Essa pesquisa possibilitou a obtenção de requisitos para desenvolvimento de um ambiente virtual para auxílio ao ensino de tabuada.

Posteriormente foi desenvolvido o aplicativo.

Existem as seguintes razões para a definição de GBL como uma ferramenta eficaz para a aprendizagem:

- 1) GBL faz uso da ação ao invés da explicação analógica;
- 2) GBL cria motivação e satisfação pessoal;
- 3) GBL reúne vários estilos de aprendizagem;
- 4) GBL reforça o domínio de habilidades;
- 5) GBL proporciona um contexto interativo e desenvolve no aluno a competência da tomada de decisão⁽⁸⁾.

A tela inicial que contempla ilustrações e cores que instiga na criança a motivação e a curiosidade para que ele inicie o jogo. Diversos estudos citados⁽⁹⁾ como de Sigmund Freud, Henri Wallon, Caillois, Vygotsky e Jean Piaget, defendem as brincadeiras e os jogos como eficazes instrumentos pedagógicos.

A preocupação com as cores foi levada em consideração visto que o aplicativo deve ser atraente e motivador aos usuários e a escolha das cores tem papel fundamental neste aspecto, sendo sua atuação não só decorativa, mas também psicológica e de impacto no aprendizado⁽¹¹⁾.

Toda cor combina com qualquer outra, entretanto nem todas as cores têm harmonia, pois para que isso ocorra é necessário existir simulações com o público alvo ou com profissionais que atendem tal público. Esta simulação foi feita com os educadores que atestaram que a combinação de cores escolhida teria um grande resultado junto aos alunos portadores de TDAH⁽¹²⁾.

Todas as atividades humanas sofrem influência de três aspectos: físico, cognitivo e psíquico, e que a conjugação adequada desses fatores permite projetar ambientes confortáveis e eficientes para o aprendizado⁽¹³⁾.

A validação foi feita por meio de duas fases:

Validação por especialistas:

O aplicativo foi submetido a educadoras das classes pesquisadas, para que conseguíssemos validá-lo. Foram selecionadas 14 professoras, pedagogas que trabalham o conteúdo da tabuada ao longo do ensino fundamental I (tabela 1).

Tabela 1: qualificação das pedagogas.

Educadora	Formação
F.S.P.	Pedagogia e Pós-graduação em Psicopedagogia/ Especialização em alfabetização
P. C. F.	Pedagogia e Pós em Psico pedagogia
M. B.	Pedagogia e Pós-graduação em Letras
M. F.S.	Pedagogia e Pós-graduação em Neuro Educação
E. G. A.	Pedagogia e Pós-graduação em Gestão Escolar
A. P. R.	Pedagogia
G.M.P.	Pedagogia e Pós Pós-graduação ção em alfabetização e letramento
D.D.	Pedagogia, História e Pós-graduação em Alfabetização
V.G.	Pedagogia

Í.C.R.A.	Pedagogia e Pós-graduação em Psico pedagogia
R. S.P.	Pedagogia, Letras e Pós-graduação em Psico motricidade
L.A.J.	Pedagogia e MBA Gestão educacional
F.J.B.	Pedagogia
C.C.	Pedagogia e Pós-graduação em Psicopedagogia

Além dos educadores, o aplicativo foi submetido a 2 especialistas da área de Engenharia Biomédica, para avaliar se o aplicativo está em conformidade com os padrões de desenvolvimento de softwares, em especial aplicativos móveis. Esses especialistas, com graduação em informática, desenvolvem jogos educativos há 10 anos e possuem título de doutorado em engenharia biomédica.

Aplicação em crianças:

O jogo foi aplicado em dois colégios, sendo um deles grupo de controle e o outro o grupo experimental. Ambos são do mesmo mantenedor, com o mesmo material didático, mesma linha pedagógica e atualmente com desempenhos idênticos nas avaliações que medem o aprendizado dos alunos do ensino fundamental em relação a tabuada. Nestes universos observou-se que aproximadamente 10% dos alunos são diagnosticados com TDAH em cada colégio.

Os alunos foram diagnosticados clinicamente por um psicopedagogo formado há 30 anos, com experiência em diagnóstico de TDAH, mestre em diagnóstico de TDAH há 2 anos. O método foi o convencional clínico.

O software foi aplicado no grupo experimental ao longo de um semestre, quando aconteceu o ensino da tabuada, com a participação efetiva das professoras. As avaliações foram ministradas normalmente com a mesma metodologia nas duas escolas, ao término do semestre foram feitas as consolidações das notas. Foram separadas as notas dos alunos diagnosticados com TDAH das duas escolas e a comparação de desempenho.

O software foi aplicado em 210 alunos dos terceiros, quartos e quintos anos do Fundamental I com a segunda escola com 186 alunos foi considerado grupo controle. No terceiro, quarto e quinto anos os alunos já trabalham naturalmente o conteúdo da tabuada com as devidas avaliações. Foi inserido no decorrer das aulas o aplicativo para que as professoras utilizem junto aos alunos.

Também foi possível que os alunos utilizassem o aplicativo em seus dispositivos móveis para explorarem a facilidade da mobilidade. Após o término do período foi feita uma comparação entre o desempenho dos alunos com ambiente virtual versus sem ambiente virtual. Neste universo, foi identificado o público com TDAH que historicamente orbita entre 10% e 20% do total.

A comparação entre o desempenho do grupo experimental e grupo controle foi feita pela diferença entre as notas dos grupos analisadas estatisticamente.

Resultados e discussão

Foi desenvolvido um software com base na engenharia de software, requisitos de usabilidade e diretrizes técnicas para ambientes virtuais de aprendizagem de portadores de TDAH.

Para Freud, canalizam a energia (libido) das crianças construindo “processos de sublimação saudáveis e identificadores”, propiciando “o afeto e a sociabilidade, dando voz aos sonhos infantis”⁽⁹⁾.

Para Caillois, motivam ao mesmo tempo em que estimulam a concentração. Para Vygotsky, o desejo de brincar ajuda a desenvolver a linguagem e os significados e sem ele “seria muito mais áspera a transposição entre os significados e os recursos significantes”⁽⁹⁾.

A tela de computador 1 mostra a abertura do aplicativo, com suas cores vivas e envolventes.

Tela de computador 1: tela de abertura do aplicativo.



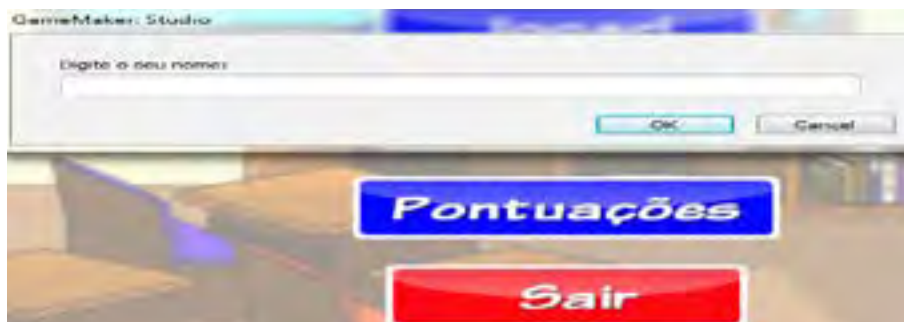
A tela de computador 2 mostra as principais funcionalidades do aplicativo.

Tela de computador 2: tela do aplicativo e suas principais funcionalidades



A tela de computador 3 mostra a inserção do nome do jogador.

Tela de computador 3: tela do aplicado e inserção do nome do jogador.



A tela de computador 4 mostra as instruções do jogo.

Tela de computador 4: instruções do jogo.



O objetivo do jogo é acertar o maior número de cálculos possíveis, relacionando o maior número de blocos possível com a menor quantidade possível de toques.

O usuário deverá escolher um grupo de mais de 3 blocos iguais e utilizar a bomba com a tabuada correspondente ao número contido nos blocos escolhidos.

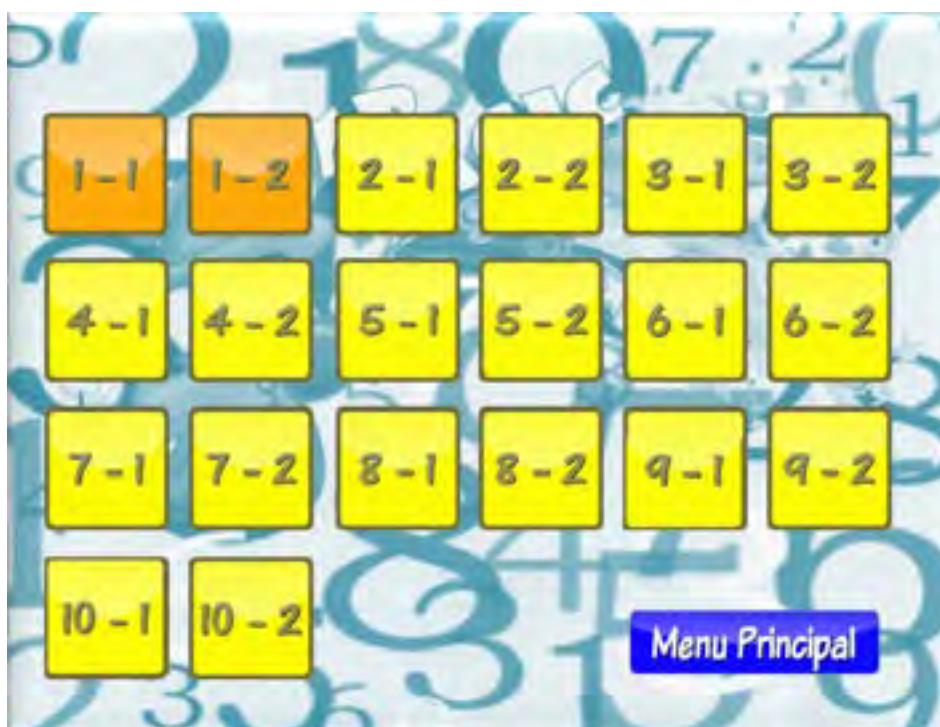
São 35 toques, deverá utilizar todas as tabuadas disponíveis na fase e atingir a pontuação mínima de 1000 pontos por fase, sendo que cada bloquinho vale 10 pontos. Se o usuário não conseguir utilizar

todas as tabuadas nem atingir a pontuação mínima ela poderá reiniciar a fase sem perder os pontos conquistados nas fases anteriores.

Existe um menu de fases, dando assim a possibilidade do jogador navegar pelas fases, mas a pontuação não entra na classificação das melhores pontuações. Trata-se de um estágio de treino, onde o usuário poderá praticar, antes de entrar no circuito completo. Esta fase é importante porque vai dar ao usuário segurança quando for iniciar oficialmente o jogo.

É possível praticar sem marcar pontos (tela de computador 5).

Tela de computador 5: tela de escolha da tabuada para prática.



Para conseguir marcar pontos, o roteiro do aplicativo é o seguinte:

1 – Procurar um grupo com mais de 3 números iguais (tela de computador 6);

Tela de computador 6: busca de 3 números iguais.



2 – Selecionar a tabuada correspondente, Ex: “ $3 \times 4 = 12$ ” (tela de computador 7);

Tela de computador 7: selecionar a tabuada correspondente.



3 – Agora é só clicar no grupo de números para confirmar. “Cada bloquinho vale 10 pontos” (tela de computador 8);

Tela de computador 8: clicar no grupo de números para confirmar.



Para passar de fase é necessário atingir dois objetivos, somar mais de 1000 pontos para preencher a barra, e usar pelo menos uma vez cada tabuada.

Ao final é mostrado o resultado da pontuação (tela de computador 9).

Tela de computador 9: pontuações.



Validação:

As 14 educadoras que avaliaram o aplicativo foram unânimes em afirmar que os conceitos apresentados estavam corretos e o software tem potencial de atração para os alunos.

Além dos educadores, o aplicativo foi submetido a dois programadores especialistas da área de Engenharia Biomédica, e ambos foram unânimes em afirmar que o aplicativo está em conformidade com os padrões de desenvolvimento de softwares, em especial aplicativos móveis. Atende as diretrizes da Engenharia de Softwares em todas as suas etapas, ordenadas com a finalidade de obter um produto que atenda às necessidades previstas. Caminhando por todas as etapas, tais como levantamento de requisitos, viabilidade econômica, especificação, codificação e a implementação. A interface do aplicativo foi considerada propícia a facilidade de aprendizado, se referindo ao tempo e esforço necessários para que os usuários aprendam a utilizar o aplicativo, altamente atraente às crianças e de fácil utilização.

Resultados da aplicação nos grupos estão listados nos quadros 1 e 2.

Quadro 1: notas dos alunos na escola que utilizou o aplicativo.

ESCOLA QUE UTILIZOU O APLICATIVO					
Turmas		Qtde de alunos não diagnosticados com TDAH	Média dos alunos não diagnosticados com TDAH	Qtde de alunos diagnosticados com TDAH	Média dos alunos com TDAH
3º ANO	Turma A	27	9,2	4	7,9
3º ANO	Turma B	26	8,7	3	8,0
3º ANO	Turma C	24	9,1	4	7,8
4º ANO	Turma A	34	8,4	5	8,1
4º ANO	Turma B	32	9,3	4	7,9
5º ANO	Turma A	34	8,1	5	8,2
5º ANO	Turma B	33	9,2	6	7,5
Total Geral		210	8,9	31	7,9

Quadro 2: notas dos alunos na escola que não utilizou o aplicativo.

ESCOLA QUE NÃO UTILIZOU O APLICATIVO					
Turmas		Qtde de alunos não diagnosticados com TDAH	Média dos alunos não diagnosticados com TDAH	Qtde de alunos diagnosticados com TDAH	Média dos alunos com TDAH
3º ANO	Turma A	31	7,8	3	5,5
3º ANO	Turma B	32	7,7	4	5,6
4º ANO	Turma A	28	6,7	4	6,1
4º ANO	Turma B	29	8,6	5	5,0
5º ANO	Turma A	31	8,5	4	4,5
5º ANO	Turma B	35	6,9	6	6,1
Total Geral		186	7,7	26	5,5

Análise estatística 1: classes que não utilizaram o aplicativo, comparação entre alunos sem TDAH versus alunos diagnosticados com TDAH: o valor de p-valor (bilateral) é $<0,0001$. Rejeita-se, assim, a

hipótese de nulidade. Há diferença significativa entre os grupos rejeitando-se a hipótese de nulidade. Sem o software, os alunos com TDAH obtiveram notas 30% menores que os alunos sem TDAH.

Análise estatística 2: classes que utilizaram o aplicativo, comparação entre alunos sem TDAH versus alunos diagnosticados com TDAH: o valor de p-valor (bilateral) é $< 0,0001$. Rejeita-se, assim, a hipótese de nulidade. Há diferença significativa entre os grupos rejeitando-se a hipótese de nulidade. Com o aplicativo, os alunos com TDAH também obtiveram notas 30% menores que os alunos sem TDAH.

Análise estatística 3: alunos não diagnosticados com TDAH, comparação nas classes que não usaram o aplicativo versus classes que usaram o software: o valor de p-valor (bilateral) é $< 0,0001$. Há diferença significativa entre os grupos rejeitando-se a hipótese de nulidade. A classe que utilizou o aplicativo tem notas maiores que a classe que não utilizou, onde foram obtidas notas 11% menores. Foi a menor diferente encontrada, mostrando que o aplicativo contribuiu para reduzir as diferenças de desempenho entre alunos com TDAH e sem TDAH.

Outra constatação nessa comparação, é que não há variância significativa na classe que utilizou o aplicativo, ou seja, o aplicativo pode ser eficaz para homogeneizar o conhecimento dos alunos.

Análise estatística 4: diagnosticados com TDAH, comparação nas classes que não usaram o aplicativo versus alunos que utilizaram o aplicativo: o valor de p-valor (bilateral) é $< 0,0001$. Rejeita-se, assim, a hipótese de nulidade. Entre os alunos com TDAH, há diferença significativa entre os grupos rejeitando-se a hipótese de nulidade. A classe que não utilizou software tem notas 29% menores que a classe que utilizou.

Conclusão

A revisão bibliográfica permitiu conhecer ainda mais sobre TDAH, sintomas, diagnóstico, tratamento e também a importância do lúdico para as crianças com TDAH.

O aplicativo foi mais eficaz que aulas convencionais para ensinar tabuada para os portadores de TDAH e também não portadores.

O aplicativo contribuiu para reduzir as diferenças de desempenho entre alunos com TDAH e sem TDAH.

Os portadores com TDAH tiveram notas menores que os não portadores tanto no grupo que utilizou o software como no grupo com aulas convencionais, demonstrando a necessidade de cuidados especiais com esse grupo.

As 14 educadoras, e os 2 especialistas em informática que avaliaram o aplicativo foram unânimes em afirmar que será de grande valia no aprendizado de tabuada por parte de alunos com TDAH.

Como sugestões de futuras pesquisas, novas tecnologias para melhorias no ensino.

Agradecimentos

Agradecimento ao CNPq pelas bolsas pesquisa de ambos os pesquisadores; à FAEP pela bolsa pesquisa; e à Universidade de Mogi das Cruzes pelas instalações para a pesquisa; à Faculdade de Informática Paulista pela infraestrutura de informática; ao Colégio Módulo, e ao COPI, pelas instalações e sujeitos para a pesquisa.

Referências

[um] Barkley RA (ed.); Attention-Deficit Hyperactivity Disorder A handbook for diagnosis and treatment; New York: The Guilford Press; 2015.

- [1] Gentile P. Indisciplinado ou hiperativo. São Paulo: Ed.Nova Escola, p.32, 2000.
- [2] Carvajal Jr. CJ et. al. (orgs). Empreendedorismo, tecnologia e inovação. Livrus, São Paulo, 2015.
- [3] Arruda M. Levados da Breca. Um Guia sobre crianças e adolescentes com Transtorno do Déficit de Atenção e Hiperatividade (TDAH). Ribeirão Preto: Câmara Brasileira do Livro, 2009.
- [4] Barkley RA. Transtorno de déficit de atenção/hiperatividade: manual para diagnóstico e tratamento. 3º ed. Porto Alegre: Artmed, 2002.
- [5] Grando RC. O jogo e a matemática no contexto da sala de aula. São Paulo: Ed. Paulus, 2004.
- [6] Furió D. Evaluation of learning outcomes using an educational iPhone game vs. traditional game. Santiago, Maio 2013. Disponível em: <http://eric.ed.gov/?id=EJ1008299> . Acessado em: 20/01/2014
- [7] Kebritchi M, Hirumi A, Bai, H. The Effects of Modern Math Computer Games on Learners' Math Achievement and Math Course Motivation in a Public High School Setting. EUA, 2008 . Disponível em: http://wsfcs.k12.nc.us/cms/lib/NC01001395/Centricity/Domain/2144/u_of_central_florida_research_brief.pdf. Acessado em :11/11/2013.
- [8] Antunes C. O jogo e a educação infantil: falar e dizer, olhar e ver, escutar e ouvir. 4ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2003.
- [9] Léger F. Funções da pintura. São Paulo: Editora Nobel. 1989.
- [10] Azevedo MFM. O uso da cor no ambiente de trabalho: uma ergonomia da percepção. Ensaios de Ergonomia: Revista Virtual de Ergonomia. Florianópolis: UFSC, jun.2000. Disponível em: http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/Arquitetural/Sa%FAde/o_uso_da_cor_no_ambiente_de_trabalho_uma_ergonomia_da_percepcao.pdf. Acessado em: 15 agosto 2016.
- [11] Pedrosa I. Da cor à cor inexistente. 8. ed. Rio de Janeiro: Léo Christiano Editorial Ltda e EDUFF, 2002.

Contato

Luiz Teruo Kawamoto Júnior
IFSP – Instituto Federal de São Paulo: Av. Mogi
das Cruzes, 1501 Parque Suzano, Suzano –SP
E-mail: luizteruo@hotmail.com

IDENTIFICAÇÃO DO RISCO DE SAÚDE DA GESTANTE UTILIZANDO LÓGICA FUZZY

IDENTIFICATION PREGNANT WOMAN'S RISK OF HEALTH USING FUZZY LOGIC

LA IDENTIFICACIÓN DEL RIESGO DE LA MUJER EMBARAZADA DE LA SALUD UTILIZANDO LA LÓGICA DIFUSA

Me. Carlos Roberto da Silveira Junior. Professor do Departamento de Telecomunicações, Instituto Federal de Goiás – IFG, Câmpus Luziânia, Goiânia, Goiás, BR.

Me. Daniel Rosa Câneo. Professor do Departamento de Áreas Acadêmicas, Instituto Federal de Goiás – IFG, Câmpus Luziânia, Luziânia, Goiás, BR.

Dr. Karina Machado Siqueira. Professora Adjunta da Faculdade de Enfermagem, Universidade Federal de Goiás – UFG, Goiânia, Goiás, BR.

Resumo: O propósito fundamental da avaliação na área da saúde é dar amparo aos processos decisórios e subsidiar a identificação de problemas. No entanto algumas bases de dados são grandes e complexas, necessitando de conhecimento especialista para a identificação de informações relevantes. Este trabalho tem como objetivo o estudo e definição de um sistema especialista nebuloso para determinação do grau de risco de saúde da mulher grávida. Para isso, utiliza o conhecimento especialista de profissionais da área de enfermagem, para definição de variáveis e regras de lógica nebulosa, e uma base de dados de saúde pública de gestantes. A validação do grau de risco foi feita a partir de análise estatística de sua relação com outras variáveis, que apresentam relação com o risco de saúde gestante, conforme a literatura científica. Os resultados apresentam informações que podem auxiliar nas tomadas de decisão a partir do grau de risco da gestante.

Palavras-chave: Lógica Nebulosa, gestante, saúde da mulher.

Abstract: The fundamental purpose of the evaluation in health care is to support decision-making processes and support the identification of problems. However some databases are large, complex, requiring expert knowledge to identify relevant information. This work aims to study and definition of a fuzzy expert system for determining the degree of health risk of the pregnant woman. For this, use the expert knowledge of nursing professionals for definition of variables and fuzzy rules, and a public health database pregnant women. The risk level was validated from statistical analysis of its relationship with other variables that have relation with the risk of pregnant women health, according to the scientific literature. The results provide information that can help in decision making from the degree of the pregnant woman laughing.

Keywords: Fuzzy Logic, pregnant women, women's health.

Palabras clave: Lógica Difusa, mujeres embarazadas, salud femenina.

Introdução

A inteligência computacional surgiu como uma ferramenta que propõe solucionar problemas complexos em diversas áreas de conhecimento¹. Aplicada na medicina, contribui para o progresso e para a alta qualidade no cuidado da saúde.

Particularmente a lógica nebulosa possibilita a inserção de conhecimento especializado no sistema, aumentando a confiança no sistema e permitindo descobrir relacionamentos importantes^{2,3}. Diferente de outras alternativas, como redes neurais, o sistema nebuloso não é uma caixa preta pois faz uso do conhecimento de especialistas sobre o assunto para modelar as funções e variáveis da relação entre entradas e saídas. Como também não é uma técnica de busca de informações relevantes, como feito na técnica de mineração de dados, pois existe um conhecimento prévio sobre os dados, disponível através dos especialistas.

A área da saúde se mostra um ambiente propício para aplicação da lógica nebulosa devido à qualidade e quantidade de dados (implícitos e explícitos), característica imprecisa de conceitos médicos e necessidade de auxílio nos processos de avaliação e no apoio à decisão⁴. Devido à sua capacidade, tem atraído cada vez mais a atenção de várias linhas de pesquisa⁴. Especificamente, a avaliação assistencial de risco de saúde da gestante é um desafio, pois envolve diferentes variáveis com certa inter-relação bem como grande quantidade de variáveis.

A lógica nebulosa, a partir do conhecimento de especialistas na área, expressa o conhecimento impreciso, dando flexibilidade e facilitando a compreensão do problema^{1,2,4,5}. Este trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de um sistema especialista nebuloso para determinação do grau de risco de saúde da gestante. Para isso, utiliza o conhecimento especialista de profissionais da área de enfermagem, para definição de variáveis e regras de lógica nebulosa, e uma base de dados de saúde pública para avaliação dos resultados.

O artigo está organizado da seguinte forma: A seção Um dos grandes desafios para gestores e administradores da área da saúde é a avaliação, como ferramenta para auxiliar nas tomadas de decisão. Avaliação é definida como a aplicação de um julgamento de valor a uma intervenção, através de um dispositivo que forneça informações que auxiliem no processo de tomada de decisão⁶., *Avaliação na Saúde*, apresenta a necessidade e a metodologia de avaliação utilizada na área da saúde; A seção O Plano Nacional de Políticas para as Mulheres (PNPM) tem como objetivo contribuir para a consolidação da cidadania, da igualdade e da equidade de gênero. Para tanto, parte da premissa que a busca pela igualdade, e o enfrentamento das desigualdades de gênero, podem transformar as relações desiguais de poder e recomenda a articulação entre o Estado e movimentos sociais como forma de consolidar essa condição por meio da participação popular e do controle social¹⁰., *Saúde Materna*, apresenta o contexto de saúde da mulher no Brasil; A seção O governo brasileiro, periodicamente, realiza pesquisas estatísticas com o objetivo de avaliar a qualidade e alcance de seus programas. Essas pesquisas são utilizadas pelo governo, e por pesquisadores, para definir medidas e ações a serem tomadas para a melhoria da qualidade das ações do governo. Particularmente, a PNDS, ou Pesquisa Nacional de Demografia e Saúde da Criança e da Mulher¹³, realizada em 2006, contém 14.617 questionários de domicílio e 15.575 questionários de mulher. Também existem 27.477 registros de filhos na história de nascimentos e 6.835 registros na história de gravidezes., *Base de dados de saúde*, apresenta as bases de dados utilizadas neste trabalho; A seção Diante deste cenário, e da necessidade de tratar problemas que requerem condições de incerteza, foi desenvolvida, por Lofti Zadeh, em 1965, a teoria dos conjuntos nebulosa, também denominada de conjuntos nebulosos. Esta teoria tem o objetivo de permitir que modelos computacionais tenham condições de elaborar soluções que tratem de incertezas⁵., *Lógica Nebulosa*, apresenta uma revisão sobre lógica nebulosa; A seção A metodologia de desenvolvimento do projeto baseou-se nas seguintes etapas: a) Seleção de variáveis na base de dados do PNDS 2006, relacionadas à saúde da gestante, para representação das entradas do sistema especialista nebuloso; b) Definição de regras e funções de pertinência, com o auxílio de conhecimento especialista, baseado

nas variáveis selecionadas na etapa anterior; c) Projeto de um sistema especialista nebuloso, para apresentação e processamento dos dados; d) Avaliação da variável gerada pelo sistema, o grau de risco de saúde da gestante, utilizando a base de dados do PNDS 2006 e artigos científicos relacionados., *Desenvolvimento*, apresenta a metodologia e o desenvolvimento da solução proposta; A seção 7, *Resultados*, apresenta os resultados da análise estatística da variável grau de risco da saúde da gestante; A seção 8, *Conclusão*, apresenta as conclusões da solução proposta e sugestões de trabalhos futuros.

Avaliação na Saúde

Um dos grandes desafios para gestores e administradores da área da saúde é a avaliação, como ferramenta para auxiliar nas tomadas de decisão. Avaliação é definida como a aplicação de um julgamento de valor a uma intervenção, através de um dispositivo que forneça informações que auxiliem no processo de tomada de decisão⁶.

O propósito fundamental de uma avaliação é dar amparo aos processos decisórios, subsidiar a identificação de problemas, reorientar ações e serviços, avaliar a incorporação de novas práticas e aferir o impacto das ações implementadas pelos serviços de saúde⁶. Dessa maneira, avaliar requer investimento e cautela ao compatibilizar instrumentos, pactuar objetos e objetivos, representando uma atividade interrogativa entre atores do sistema de saúde⁶.

A avaliação, com enfoque sistêmico e caráter administrativo, tem sido a mais amplamente utilizada nos serviços de saúde, particularmente aquela baseada na abordagem preconizada por Donabedian⁷ que propôs três componentes para avaliação, a tríade⁶: a) processo, que está relacionada à qualidade assistencial dos serviços de saúde conforme técnicas e padrões aceitos; b) resultado, que está relacionada à satisfação dos usuários, identificando a preocupação dos mesmos com o serviço prestado; c) estrutura, que mede a qualidade da estrutura física e dos equipamentos. Esses componentes refletem exatamente a essência da qualidade de programas de saúde e contribuem para corrigir o curso dos programas ou projetos ainda em andamento⁷. A utilização de métodos e instrumentos quantitativos tem permitido avanços nas práticas de avaliações de estrutura e processo, o que tem resultado em decisões essencialmente gerenciais que objetivam a busca da eficiência e otimização de recursos⁸.

Considerando os três elementos da qualidade propostos por Donabedian, destaca-se que a maior parte das pesquisas no Brasil enfatiza a avaliação do processo⁸. Isto denota uma preocupação dos pesquisadores com o fazer dos profissionais de saúde, mais do que com os resultados da assistência prestada. No entanto, pode-se acrescer que dentro dos critérios que norteiam os resultados de um serviço de saúde, na maioria das vezes, encontram-se parâmetros administrativos e não assistenciais⁸.

Saúde Materna

Melhorar a saúde materna e impedir mortes evitáveis é, ainda, um dos objetivos de maior interesse nacional e internacional no campo da saúde e dos direitos reprodutivos, no qual se discutem quais as medidas necessárias e eficazes para alcançar tal propósito⁹.

O Plano Nacional de Políticas para as Mulheres (PNPM) tem como objetivo contribuir para a consolidação da cidadania, da igualdade e da equidade de gênero. Para tanto, parte da premissa que a busca pela igualdade, e o enfrentamento das desigualdades de gênero, podem transformar as relações desiguais de poder e recomenda a articulação entre o Estado e movimentos sociais como forma de consolidar essa condição por meio da participação popular e do controle social¹⁰.

No campo da saúde, o PNPM, propõe a criação de políticas voltadas para a atenção integral da saúde da mulher privilegiando os direitos sexuais e reprodutivos. Dentre os problemas de saúde, o Plano reconhece como prioridade a mortalidade materna associada ao ciclo gravídico-puerperal. Essa situação de saúde estaria conformada tanto pelo difícil acesso da maioria das mulheres à assistência pré-natal, quanto pela deficiente qualidade dos serviços de saúde^{10,9}. Particularmente, a Rede Cegonha visa implementar uma rede para assegurar às mulheres o direito ao planejamento e atenção humanizada à gravidez, ao parto e ao puerpério¹¹.

Segundo recomendações do Ministério da Saúde, a assistência à mulher no ciclo gravídico deve incluir¹²: ações de atenção primária à saúde da gestante, com início do atendimento pré-natal até a 12ª semana de gestação; acompanhamento periódico e contínuo de todas as gestantes até o momento do pré-parto/parto; classificação do risco gestacional e encaminhamento. Dessa forma, a avaliação assistencial do grau de risco de saúde da gestante é um desafio, pois envolve diferentes variáveis e certa inter-relação entre as variáveis. No entanto, pode auxiliar na tomada de decisão e definição de prioridades de ações⁸.

Bases de dados de Saúde Pública

O governo brasileiro, periodicamente, realiza pesquisas estatísticas com o objetivo de avaliar a qualidade e alcance de seus programas. Essas pesquisas são utilizadas pelo governo, e por pesquisadores, para definir medidas e ações a serem tomadas para a melhoria da qualidade das ações do governo. Particularmente, a PNDS, ou Pesquisa Nacional de Demografia e Saúde da Criança e da Mulher¹³, realizada em 2006, contém 14.617 questionários de domicílio e 15.575 questionários de mulher. Também existem 27.477 registros de filhos na história de nascimentos e 6.835 registros na história de gravidezes.

A pesquisa teve por objetivos principais: caracterizar a população feminina em idade fértil e as crianças menores de 5 anos segundo fatores demográficos, socioeconômicos e culturais; identificar padrões de conjugalidade, parentalidade e reprodutivos; identificar perfis de morbi-mortalidade na infância e de amamentação; avaliar o estado nutricional; avaliar a segurança/insegurança alimentar, o teor de iodo disponível em âmbito domiciliar e avaliar o acesso a serviços de saúde e a medicamentos¹³. O público-alvo da pesquisa foi constituído de todas as mulheres em idade reprodutiva, definidas como aquelas com 15 a 49 anos de idade que residem nos domicílios, as quais são denominadas mulheres elegíveis para o estudo¹³.

A partir desses dados vários pesquisadores buscam identificar relações entre as variáveis com o intuito de realizar levantamentos sobre características do comportamento e realidade social das amostras avaliadas¹³. Como exemplo, utilizando os dados do PNDS 2006, pesquisadores avaliaram diversos fatores da saúde da mulher, dentre eles destaca-se: Meller e Schäfer (2011) avaliaram fatores associados ao tipo de parto de mulheres brasileiras¹⁴; Monteiro et al. avaliou o aleitamento materno como uma prática construída¹⁵; Berqué et al. (2012) identificou estatisticamente que a gravidez, embora não prevista, configura-se como “projeto de vida” para mulheres antes dos 20 anos com maior pobreza e menor escolaridade¹⁶.

Lógica Nebulosa

A maioria dos processos físicos é baseada no raciocínio humano impreciso. Esta imprecisão quando comparada com as quantidades precisas requeridas pelos computadores, é, no entanto, uma forma de informação que pode ser bastante útil para os seres humanos¹⁷.

Diante deste cenário, e da necessidade de tratar problemas que requerem condições de incerteza, foi desenvolvida, por Lofti Zadeh, em 1965, a teoria dos conjuntos nebulosa, também denominada de conjuntos nebulosos. Esta teoria tem o objetivo de permitir que modelos computacionais tenham condições de elaborar soluções que tratem de incertezas⁵.

A lógica nebulosa propõe uma forma de representação mais próxima do pensamento humano, a representação linguística, baseada em categorias gerais, não em termos simbólicos e números discretos. Uma variável linguística encapsula as propriedades de aproximação ou imprecisão de uma forma sistemática e computacionalmente útil, através de um conjunto nebuloso^{2,4}. As variáveis linguísticas são utilizadas para representação das variáveis de entrada e saída do sistema nebuloso, como temperatura, pressão, calor, umidade. Cada variável possui um conjunto nebuloso para representação dos

valores linguísticos ou propriedades dessa variável, como temperatura “alta”, “média” ou “baixa”. Para representação dos conjuntos nebuloso são utilizadas funções de pertinência¹⁷.

As funções de pertinência representam as características de uma variável não por limiares específicos, como a lógica clássica, mas por uma função dentro de um intervalo e, cada amostra de entrada, possui um grau de pertinência dentro da função. O grau de pertinência representa o quanto essa entrada está relacionada a essa característica da variável linguística¹⁷.

As regras nebulosas correspondem às regras utilizadas em linguagem natural com o objetivo de operar de maneira correta determinados conjuntos nebulosos. Para criar essas regras, é necessário que se tenha um raciocínio coerente com o que se pretende obter, ou seja, torna-se fundamental o conhecimento especializado sobre o problema e suas variáveis. Este raciocínio é dividido em duas etapas: (1) avaliar a variável de entrada da regra e (2) aplicar o resultado na variável de saída².

O método mais utilizado para definição dos conjuntos e regras nebulosas é o intuitivo, que representa o conhecimento especializado do sistema baseado no raciocínio humano, modelando o conhecimento de um especialista sobre o sistema tratado¹. O sistema especialista nebuloso, ou controlador lógico nebuloso, pode ser construído a partir da escolha de um conjunto apropriado de variáveis linguísticas para o problema, e da definição de funções de pertinência para estas variáveis. As regras são, em geral, geradas com base no conhecimento do especialista, utilizando variáveis linguísticas de entrada e saída¹. O modelo de sistema especialista nebuloso mais utilizado na literatura científica, e mais recomendado para esse tipo de aplicação, é o de Mandani, que é composto por ^{1, 18}: Base de conhecimento, Interface fuzificação, Sistema de inferência e Interface de defuzificação.

Particularmente, jFuzzyLogic é uma biblioteca de lógica nebulosa, e representa uma nova ferramenta para desenvolvimento de sistemas especialistas nebulosos, escrita na plataforma Java e disponível como código aberto¹⁹. A biblioteca baseia-se em um arquivo FCL (*Fuzzy Control Language*), o qual é composto das seguintes informações: Variáveis de entrada do sistema especialista nebuloso; Variáveis de saída do sistema especialista nebuloso; fuzificação das variáveis de entrada, através da escolha de funções de pertinência adequadas; defuzificação da variável, ou variáveis, de saída; Conjunto de regras, que correspondem ao raciocínio lógico do sistema especialista nebuloso.

Desenvolvimento

A metodologia de desenvolvimento do projeto baseou-se nas seguintes etapas: a) Seleção de variáveis na base de dados do PNDS 2006, relacionadas à saúde da gestante, para representação das entradas do sistema especialista nebuloso; b) Definição de regras e funções de pertinência, com o auxílio de conhecimento especialista, baseado nas variáveis selecionadas na etapa anterior; c) Projeto de um sistema especialista nebuloso, para representação e processamento dos dados; d) Avaliação da variável gerada pelo sistema, o grau de risco de saúde da gestante, utilizando a base de dados do PNDS 2006 e artigos científicos relacionados.

A seleção de variáveis foi feita a partir do questionário da mulher do PNDS 2006, que possui cerca de 850 questões relacionadas à saúde da mulher, sendo as questões 200 a 285 relacionadas à reprodução e gravidez¹³. Percebe-se que é uma base de dados complexa e bastante extensa, possuindo mais de 650 campos de respostas.

A seleção das questões, funções de pertinência e definição de regras Nebulosas foram feitas por um grupo de três professoras especialistas da área de enfermagem materno-infantil (uma em Enfermagem Pediátrica e Neonatal e duas em Enfermagem Obstétrica). Para isso cada enfermeira realizou uma análise individual do questionário e definiu as principais questões para especificação do grau de risco de saúde da gestante. Posteriormente, em uma reunião de consenso, o grupo de enfermeiras especialistas resolveu as divergências entre as questões selecionadas, e definiu as questões a serem utilizadas no sistema especialista nebuloso, as quais são apresentadas na Tab. I. A tabela apresenta as

seguintes colunas: Número, que especifica o número da questão em relação ao questionário da mulher, do PNDS 2006; Questão, que apresenta o enunciado da questão; Resposta, que especifica o tipo de resposta esperado para a pergunta.

Tabela I: Questões Seleccionadas - Base de Dados PNDS 2006

Número	Questão	Resposta
102	Idade da Mulher:	14 a 49 anos
201	Com quantos meses de gravidez você está?	0 a 9 meses
206	Com quantos meses de gravidez você estava quando fez a primeira consulta de pré-natal?	0 a 9 meses
207	Quantas consultas de pré-natal você já fez nesta gravidez atual?	0 a 9 meses
222	Fora esta gravidez atual, quantas vezes você já ficou grávida, mesmo que a gravidez não tenha chegado até o fim?	Valor inteiro
202	Quando ficou grávida, estava querendo engravidar naquele momento, queria esperar mais, ou não queria ter (mais) filhos?	Sim ou Não
208	Quem foram as pessoas que a examinaram? Alguém mais?	Médico, Enfermeiro, Auxiliar, Parceiro ou Outro
210	Nesta gravidez você fez algum exame de sangue?	Sim ou Não
211	Nesta gravidez você fez algum exame de urina?	Sim ou Não
212	Durante esta gravidez alguma vez:	
	1. Você foi pesada?	Sim ou Não
	2. Sua altura foi medida?	Sim ou Não
	3. Mediram sua pressão arterial?	Sim ou Não
213	Neste pré-natal foi realizado teste para sífilis e hepatite B?	Sim ou Não
214	Neste pré-natal foi feita oferta de teste para HIV/AIDS e toxoplasmose?	Sim ou Não
217	Durante esta gravidez algum profissional de saúde receitou Ferro e/ou Ácido Fólico para prevenção ou tratamento de anemia?	Ferro ou Ácido Fólico

Definido as questões, o grupo de especialistas definiu as variáveis de entrada, as quais foram utilizadas pelo sistema especialista nebuloso com o objetivo de obter o grau de risco da gestante.

Para as perguntas com respostas de dois estados, como Sim e Não, ou verdadeiro e falso, foi criada uma variável Score que representa a soma de respostas Sim dadas a todas essas perguntas. A seguir apresenta-se as variáveis linguísticas de entrada seleccionadas da base de dados: *m102_idad*, que representa a idade da mulher grávida; *m201_mese*, que representa o número de meses da gravidez atual; *m206_mese*, que representa o número de meses de gravidez da primeira consulta pré-natal; *m207_nume*, que representa o número de consultas pré-natal na gravidez atual; *m222_quan*, que representa a quantidade de vezes que ficou grávida; *score*, que representa a quantidade de respostas afirmativas em perguntas de dois estados seleccionadas.

Definidas as variáveis de entrada do sistema especialista nebuloso, os especialistas definiram os conjuntos nebuloso a serem aplicados em cada variável de entrada e saída: *m102_idad* (Risco, de 0 a 16 anos, e de 32 a 45 anos e Normal, de 15 a 35 anos); *m201_mese* (Pouco, de 0 a 5 meses, Médio, de 3 a 7 meses e Muito, de 4 a 9 meses); *m206_mese* (Pouco, de 0 a 5 meses, Médio, de 3 a 7 meses, Muito, de 4 a 9 meses); *m207_nume* (Pouco, de 0 a 4 consultas, Médio, de 3 a 5 consultas e Muito, de 3 a 7 consultas); *m222_quan* (Normal, de 0 a 4 vezes e Risco, 3 ou mais vezes); *score* (Baixo, de 0 a 12 questões com valores SIM, Alto, de 8 a 20 questões com valores SIM) e o *grau de risco* com três conjuntos nebulosos (Pequena, de 0 a 3, Média, de 2 a 4, Alta, de 3 a 5).

No entanto, o sistema especialista nebuloso muitas vezes obtém um desempenho maior e também um melhor êxito na geração da variável de saída, quando este utiliza-se apenas dois conjuntos nebulosos em suas variáveis descartando então as funções de pertinência MÉDIO^{3,20}: *m201_mese* (Pouco,

de 0 a 5 meses e Muito, de 4 a 9 meses); *m206_mese* (Pouco, de 0 a 5 meses e Muito, de 4 a 9 meses); *m207_num* (Pouco, de 0 a 4 consultas e Muito, de 3 a 7 consultas); e o *grau de risco* (Pequena, de 0 a 3 e Alta, de 3 a 5).

A próxima etapa consistiu na definição das regras, as quais são utilizadas nas inferências do sistema especialista nebuloso, que, baseadas nas variáveis de entrada, apresentadas na etapa anterior, calculam o valor nebuloso da variável de saída.

Foram definidos três conjuntos de regras, sendo que o primeiro conjunto de regras faz uso da função de pertinência MÉDIO, o segundo conjunto de regras não faz uso da função de pertinência MÉDIO, e o terceiro conjunto de regras faz uso apenas de regras que possuem como saída o conjunto nebuloso ALTA de grau de risco, como mostrado a no Quadro I.

Quadro I. Conjunto de Regras Nebulosas.

Conjunto de Regras I	Conjunto de Regras II
<p>Regra 1: SE m102_idad NORMAL E m222_quan NORMAL E score ALTO ENTÃO grau de risco PEQUENA.</p> <p>Regra 2: SE m102_idad RISCO E m222_quan RISCO E score BAIXO ENTÃO grau de risco ALTA.</p> <p>Regra 3: SE m201_mese POUCO E m206_mese POUCO E m207_num POUCO ENTÃO grau de risco PEQUENA.</p> <p>Regra 4: SE m201_mese MÉDIO E m206_mese MÉDIO E m207_num MÉDIO ENTÃO grau de risco MÉDIA.</p> <p>Regra 5: SE m201_mese MUITO E m206_mese MUITO E m207_num POUCO ENTÃO grau de risco ALTA.</p>	<p>Regra 1: SE m102_idad NORMAL E m222_quan NORMAL E score ALTO ENTÃO grau de risco PEQUENA.</p> <p>Regra 2: SE m102_idad RISCO E m222_quan RISCO E score BAIXO ENTÃO grau de risco ALTA.</p> <p>Regra 3: SE m201_mese POUCO E m206_mese POUCO E m207_num POUCO ENTÃO grau de risco PEQUENA.</p> <p>Regra 4: SE m201_mese MUITO E m206_mese MUITO E m207_num POUCO ENTÃO grau de risco ALTA.</p> <p>• Conjunto de Regras III</p> <p>Regra 1: SE m102_idad RISCO E m222_quan RISCO E score BAIXO ENTÃO grau de risco ALTA.</p> <p>Regra 2: SE m201_mese MUITO E m206_mese MUITO E m207_num POUCO ENTÃO grau de risco ALTA.</p>

Para a implementação, e depois execução do sistema especialista nebuloso, primeiramente, realizou-se um pré-processamento na base de dados PNDS 2006, onde filtrou-se na base de dados de mulheres apenas aquelas em que se encontravam grávidas, o que correspondeu a 588 registros. Estes 588 registros, por sua vez, foram importados para uma base de dados no banco de dados PostgreSQL, os quais foram acessados pela biblioteca *jFuzzyLogic*.

O processo de defuzzificação é realizado através da utilização do método *CenterOfGravity*, que objetiva calcular o valor central do gráfico resultante do sistema especialista nebuloso para determinadas entradas. Ele realiza a representação do valor nebuloso em um valor discreto, que é a saída do sistema, o qual poderá ser analisado e utilizado para demais análises.

Após o processamento da base de dados, utilizando o sistema especialista nebuloso proposto, fez-se uma avaliação de qual conjunto de regras seria utilizado nas análises dos resultados. Os testes demonstraram que o grau de risco do Conjunto de Regras 1, sem a função de pertinência MÉDIO, possui mais representatividade no resultado do que o Conjunto de Regras 2, com a função de pertinência MÉDIO. Isso se deve, particularmente, devido à fraca expressão das regras que contém a função de pertinência MÉDIO²⁰. O Conjunto de Regras 3 apresentou resultados insatisfatórios, uma vez que a amostra é composta, em sua maioria, de mulheres que possuem um risco significativamente baixo. A Fig. I apresenta as funções de pertinência utilizadas para as questões selecionadas.

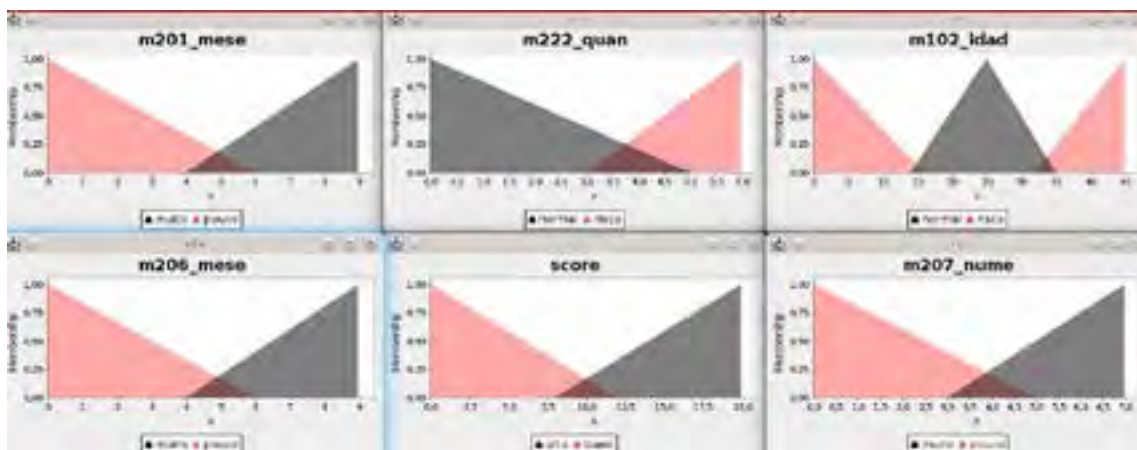


Figura I. Funções de Pertinência das questões selecionadas.

No entanto, não é interessante retirar as regras que possuem como saída do grau de risco a função de pertinência ALTA, uma vez que poderia deixar o sistema tendencioso para determinados tipos de amostras. Dessa forma, o conjunto de regras utilizado nas análises estatísticas, posteriormente, na seção Resultados, foi o Conjunto de Regras 2.

Resultados

As análises foram realizadas com o auxílio do programa EPIInfo, versão 3.5.2, de dezembro de 2010. O software EPIInfo é uma ferramenta simples que permite a criação de instrumentos de coleta de dados e análise de dados de populações. É uma ferramenta gratuita e bastante utilizada no meio acadêmico²¹. Foram feitos testes para verificar a relação entre diferentes variáveis do questionário da mulher e do grau de risco de saúde da gestante. A base de dados utilizada foi o questionário da mulher¹³ (n=15.575), foram selecionadas apenas as mulheres grávidas (n = 588) para a análise dos dados.

As variáveis analisadas não fazem parte das variáveis de entrada do sistema especialista nebuloso, que definem o valor do grau de risco. Dessa forma, comprovando estatisticamente a relação dessas variáveis com o grau de risco e, sabendo que essas variáveis apresentam certa relação com o risco de saúde da mulher, baseado na literatura científica, pode-se comprovar a validade do grau de risco, gerado pelo sistema especialista nebuloso.

Em relação à macroregião administrativa, ou região do Brasil (Norte, Nordeste, Sudeste, Sul, Centro-Oeste), de residência da entrevistada, os testes rejeitam a hipótese de que cada região do Brasil possui um risco distinto de saúde da mulher ($p = 0.9340$). A Fig. II-a apresenta o gráfico dessa análise. Identifica-se, no gráfico, um baixo grau de risco apresentado nas regiões Norte e Nordeste, isso reflete, em partes, a melhora da assistência governamental nessas regiões. Um dado que demonstra isso é a relação entre a quantidade de bolsas família (dados de 2006) por região administrativa dividida pela quantidade de famílias (dados do Censo de 2000), apresentado em forma de porcentagem no gráfico. Percebe-se que a assistência para essas duas regiões é mais significativa do que para as outras regiões do Brasil. A Fig. II-b apresenta a relação entre a região administrativa do Brasil e a porcentagem de assistência social através do programa Bolsa Família.

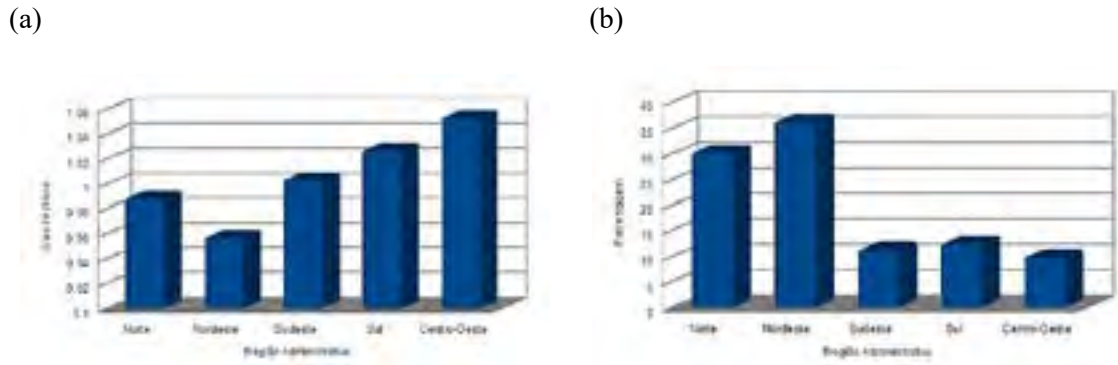


Figura II. Região Administrativa e (a) Média do Grau de Risco e (b) Porcentagem do Bolsa Família.

Avaliando o tipo de local de residência (urbano ou rural) da mulher entrevistada aceita-se a hipótese de que o local de residência pode definir o grau de risco da saúde da gestante ($p = 0,0633$), o que é confirmado por Moraes (2011), que fez sua pesquisa baseado nos dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD) 2008²².

Aceita-se a hipótese de que o grau de risco se relaciona com o tipo de assistência médica da mulher entrevistada ($p = 0,0186$), afirmação essa confirmada por Moraes (2011), que concluiu que indivíduos que possuem plano de saúde, médico ou odontológico, particular, de empresa ou órgão público, apresentam melhores níveis de estado de saúde do que os indivíduos sem plano de saúde, por possuírem um maior acesso e utilização a serviços de saúde²².

Em relação à classificação de cor (branca, preta, parda, amarela, indígena) da mulher entrevistada, o teste de ANOVA rejeita a hipótese de que a cor da mulher está relacionada com o grau de risco ($p = 0,1519$). Isso significa que não há diferença estatística entre as variáveis, no entanto, existe diferença entre algumas categorias em relação às demais, como indígena e amarela. A Fig. III apresenta a relação entre a classificação de cor e a média do grau de risco.

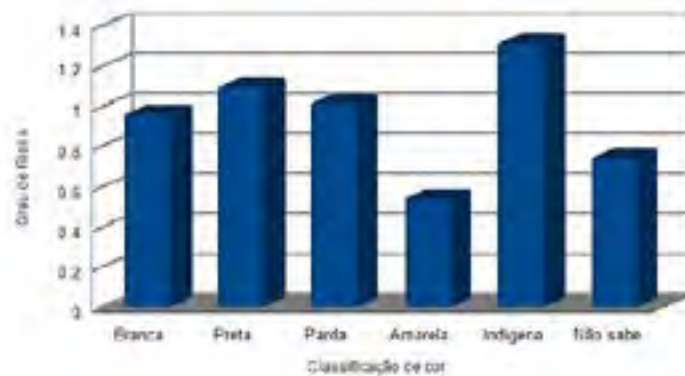


Figura III. Classificação de Cor x Média do Grau de Risco.

O alto grau de risco da mulher indígena é também confirmado por Ferreira (2013), que destaca alguns contrastes existentes entre os discursos das políticas públicas de atenção à saúde da mulher, particularmente da indígena, e o discurso etnológico que enfatiza a especificidade das relações de gênero em sociedades indígenas¹⁰. Por outro lado, as determinações de gênero, classe, raça e etnia contribuem para incrementar a vulnerabilidade às doenças e para diferenciar o perfil epidemiológico das mulheres brasileiras¹⁰.

Em relação à idade da mulher entrevistada, os testes aceitam a hipótese de que uma idade menor do que 18 anos ($p < 0,01$) esteja relacionado com o grau de risco. Esse dado contribui para a reafirmação de que a adolescência deve ser entendida como importante fator de risco para a gestação e um desafio para a saúde pública. A equipe de profissionais, que atua na atenção à saúde materna, necessita acolher a gestante adolescente e se atentar para fatores como situação familiar insegura, falta de planejamento e não aceitação da gravidez^{11,12}.

Conclusão

Através da lógica nebulosa, pode-se correlacionar diferentes tipos de variáveis de representação linguística, para análise de dados, e auxílio na tomada de decisão. Diferente dos métodos utilizados na área da saúde que, na maioria, utilizam métodos de ponderação e Score (contagem de pontos). Dessa forma, a lógica nebulosa representa uma alternativa viável para esse tipo de aplicação, abstraindo o conhecimento especialista, e processando dados de forma mais próxima da compreensão humana.

Provou-se estatisticamente que, a variável grau de risco da saúde da gestante tem hipótese aceita de relação com outras variáveis que não fizeram parte da seleção dos especialistas para definição do grau de risco, no entanto, conforme a literatura científica, estão relacionadas com o risco de saúde gestante. Essa relação valida o grau de risco, gerado pelo sistema especialista nebuloso, demonstrando que é possível utilizar uma variável para representar um modelo nebuloso que abstrai informações de especialistas da área de saúde. Trabalhos Futuros estão relacionados a criação de um sistema de apoio à decisão, baseado no sistema especialista nebuloso, como ferramenta de apoio a outras pesquisas e ações de políticas públicas.

Referências

- [1] Coppin, B. Inteligência Artificial. 1ª ed. São Paulo: LTC; 2010.
- [2] Cox, E. The fuzzy systems handbook: a practitioner's guide to building, using, and maintaining fuzzy systems. 1ª ed. San Diego (CA): AP Professional; 1994.
- [3] Castro F, Nebot A, Mugica F. On the extraction of decision support rules from fuzzy predictive models. *Applied Soft Computing*. 2011. 11(4).
- [4] Vetterlein T, Mandl H, AK, Adlassnig K-P. Fuzzy arden syntax: A fuzzy programming language for medicine. *Artif Intell Med*. 2010. 49(1):1–10.
- [5] Zadeh, LA. The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning-i. *Inform. Sciences*, 8(3): 199–249; 1975.
- [6] Lentsck M. H., Kluthcovsky A. C. G. C., Kluthcovsky. F. A. Avaliação do programa saúde da família: uma revisão. *Ciênc.Saúde Coletiva*. 2010. 15(3):3455–66.
- [7] Donabedian A. The quality of medical care. *Science*. 1978. 200(4344):856–64.
- [8] Lichand C, Okagawa S, Campos CEK, Guimarães TB. Métodos de avaliação de qualidade na assistência à saúde da mulher no Brasil : revisão integrativa da literatura. *Saúde Colet*. 2012 9(57):82–8.
- [9] Serruya SJ, Cecatti JG, Lago TG. (2004). O programa de humanização no pré-natal e nascimento do ministério da saúde no Brasil : resultados iniciais. *Cad Saúde Pública*. 2004. 20(5):1281–9.
- [10] Ferreira L. O. Saúde e relações de gênero: uma reflexão sobre os desafios para a implantação de políticas públicas de atenção á saúde da mulher indígena. *Ciênc Saúde Coletiva*. 2013. 18(4):1151–9.
- [11] Portal da Saúde - Rede Cegonha [Homepage de Internet]. Brasil: Governo Federal – Ministério da Saúde. [acesso 2016 May 25] Disponível em: http://dab.saude.gov.br/portaldab/ape_redecegonha.php .

- [12] Cadernos de Atenção Básica – Atenção ao Pré-Natal de Baixo Risco [Homepage da Internet]. Brasil: Governo Federal. Ministério da Saúde. [acesso em 2016 May 24] Disponível: http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/cadernos_atencao_basica_32_prenatal.pdf
- [13] Pesquisa nacional de demografia e saúde da criança e da mulher: Questionário da mulher. [Homepage de Internet]. Brasil: Ministério da Saúde. [acesso em 2016 May 24] Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/pnds/>
- [14] Meller FDO, Schäfer AA. Fatores associados ao tipo de parto em mulheres brasileiras : PNDS 2006. *Ciênc Saúde Coletiva*. 2011. 16(9):3829–35.
- [15] Monteiro JCS, Nakano AMS, Gomes FA. O aleitamento materno enquanto uma prática construída. reflexões acerca da evolução histórica da amamentação e desmame precoce no Brasil. *Invest Educ Enferm*. 2011. 29(2).
- [16] Berqué E, Garcia S, Lima L. Reprodução na juventude : perfis sociodemográficos , comportamentais e reprodutivos na PNDS 2006. *Rev Saúde Pública*, 46(4):685–693; 2012.
- [17] Ross, TJ. *Fuzzy Logic with Engineering Applications*. 3ª ed. New Mexico (USA): John Wiley and Sons Ltd.; 2010.
- [18] Jang J, Sun CT, Mizutani E. *Neuro-Fuzzy and Soft Computing: A Computational Approach to Learning and Machine Intelligence*. 1ª ed. Londres (UK): Prentice Hall; 1997.
- [19] Cingolani P, Alcalá-Fdez J. Jfuzzylogic: a robust and flexible fuzzy logic inference system language implementation. In: *Proceedings of IEEE International Conference on Fuzzy Systems; School of Computer Science, McGill University, Montreal, Quebec; 2012*, p. 1-8.
- [20] Settouti N, Chikh MA, SM. Generating fuzzy rules for constructing interpretable classifier of diabetes disease. *Australas Phys Eng Sci Med*. 2012. 35(3): 257–70.
- [21] Epiinfo [Homepage na Internet]. Atlanta (USA): Centers for Disease Control and Prevention. [atualizada em 2016 Mar 25; acesso em 2016 May 24] . Disponível em: <http://wwwn.cdc.gov/epiinfo/>
- [22] Moraes JR, Moreira JPL, Luiz. RR. Associação entre o estado de saúde autorreferido de adultos e a área de localização do domicílio: uma análise de regressão logística ordinal usando a pnad 2008. *Ciênc Saúde Coletiva*. 2011. 16(9):3769–80.

ESTRATÉGIAS PARA PERSISTÊNCIA DE DADOS CLÍNICOS BASEADA NO *OPENEHR*

Áurea Valéria Pereira da Silva¹, Beatriz Proto Martins¹, Fábio Nogueira de Lucena¹, Plínio de Sá
Leitão Júnior¹ e João Carlos da Silva¹

¹Instituto de Informática (INF), Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiânia/Goiás, Brasil

Resumo: Objetivos: Definir estratégias para persistir dados em conformidade com arquétipos. Um arquétipo combina elementos do Modelo de Referência (MR) para definir conceitos por meio das informações correspondentes, e o padrão openEHR não fornece uma proposta de persistência de dados baseada em grafos de objetos do MR. Métodos: A persistência é baseada exclusivamente nas classes do MR, ou seja, é aplicável a todo e qualquer arquétipo. As estratégias são definidas com base na geração de esquemas de dados para as classes do MR. Nesse texto é ilustrado o emprego para o Pacote Identificação do openEHR. Resultados: são geradas cinco alternativas de modelos de dados para o Pacote Identificação. Conclusão: a escolha de uma estratégia para persistir dados baseados no MR do openEHR deve considerar o tempo de consulta e o espaço de armazenamento disponível.

Palavras-chave: Sistemas de Informação em Saúde; Registros Eletrônicos de Saúde; Armazenamento e Recuperação da Informação.

Abstract: Objectives: To define strategies in order to persist data in conformance with archetypes. An archetype combines Reference Model (RM) elements to define concepts through the appropriate information, and openEHR standard does not provide a proposal for data persistence based on MR objects graphs. Methods: Persistence is performed from the classes of MR, ie, is adequate for each and every archetype. The strategies are applied in data schemes generation for classes of openEHR Identification Package. Results: Five alternatives data models are generated for the openEHR Identification Package. Conclusion: The choice of a strategy to persist data based on MR of openEHR shall consider query execution time and available storage.

Keywords: Health Information Systems; Electronic Health Records; Information Storage and Retrieval.

Introdução

Cerca de 31 milhões de pessoas apresentavam o diagnóstico de hipertensão arterial¹ no Brasil em 2013. Além disso, o número de serviços de saúde brasileiros cadastrados no Ministério da Saúde em 2015 era de cerca de 285 mil². Uma constatação ruim, por outro lado, é que Sistemas de Informação em Saúde (SISs), em raras exceções, trocam informações entre si. Em consequência, tanto para a necessidade do cidadão assistido quanto para a gestão da saúde, torna-se necessário buscar alternativas para assegurar que a informação em saúde esteja disponível e seja compreendida onde necessária, e não apenas onde é gerada.

Em 31 de agosto de 2011 o Ministério da Saúde do Brasil publicou a portaria 2073³, que determina que os SISs devem respeitar um conjunto de preceitos técnicos e padrões a serem utilizados para a comunicação de informação sobre determinados eventos de saúde dos cidadãos brasileiros. As normas devem ser seguidas pelos sistemas de saúde locais, regionais e nacionais, sejam eles públicos ou

privados. Esse esforço, no sentido de se atingir a interoperabilidade entre SISs, é destacado na Política Nacional de Informação e Informática em Saúde (PNIIS).

Dentre os padrões definidos pela Portaria 2073 está o Modelo de Referência (MR) do openEHR. O MR é um conjunto de classes empregadas na definição de conceitos clínicos. A definição de um conceito clínico usando o MR é chamada de arquétipo⁴. Um conjunto de arquétipos está disponível no repositório CKM⁵.

O openEHR inclui em sua plataforma a linguagem ADL (*Archetype Definition Language*) e a linguagem AQL⁶ (*Archetype Query Language*), para definição e consulta, respectivamente, de informações em saúde baseadas em arquétipos. AQL e ADL permitem o acesso à informação em saúde independentemente do modelo de dados empregado na persistência dos dados correspondentes.

Convém destacar que cada SIS possui o seu próprio esquema físico de dados definido em conformidade com as funções que realiza. Em consequência, se a informação gerida por um SIS deve ser transferida para outro SIS, essa informação deve ser “empacotada” pelo SIS de origem, em conformidade com o MR do openEHR, e enviada ao outro SIS, que recebe a informação “empacotada” e a “desempacota” em termos do esquema físico de dados que emprega, conforme ilustrado na Figura 1.

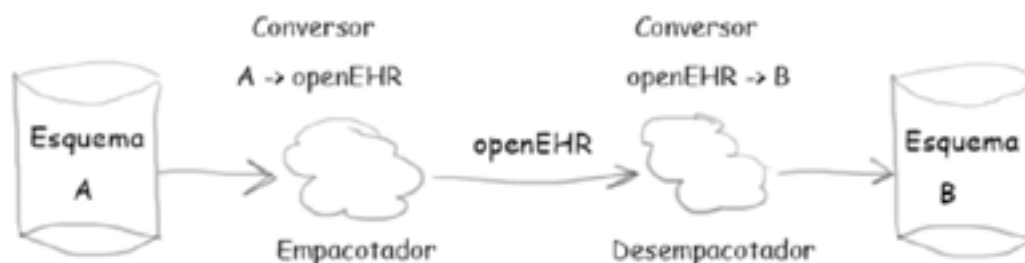


Figura 1: Conversão obrigatória para troca de informações entre sistemas legados baseados no openEHR.

A conversão na Figura 1 é obrigatória para sistemas legados, tendo em vista que os esquemas físicos dos dados desses SISs são distintos. Em muitos outros cenários, contudo, a camada de persistência dos SISs pode ser baseada no próprio openEHR, em vez de um esquema físico específico. Nesses casos, as conversões ilustradas na figura acima seriam desnecessárias. Convém ressaltar que essas conversões não necessariamente são triviais, podem introduzir erros e consumir considerável esforço de processamento.

O presente trabalho tem foco na persistência de dados baseados no openEHR, em particular, estratégias para persistir grafos de objetos do MR. SISs que adotam a estratégia de dados persistidos com base no openEHR não precisam “converter” dados antes do envio, nem do processo inverso, quando recebidos. Para isso torna-se necessário definir como persistir dados baseados no openEHR.

O Modelo openEHR - A Fundação openEHR define um conjunto de especificações a ser implementado pelos SISs para promover a interoperabilidade entre os sistemas. O openEHR utiliza a abordagem de dois níveis: o modelo de informação (definido por um conjunto de classes) e o modelo de conteúdo de domínio, no qual arquétipos são construídos a partir de restrições impostas ao conjunto de classes⁷.

O modelo de informação contém os elementos básicos para representar qualquer informação em saúde⁸. O modelo de domínio formalmente define conceitos clínicos, passíveis de mudanças⁹. Os profissionais de saúde usam o modelo de conteúdo (definição e consulta), baseado no modelo de informação, enquanto os profissionais de TI implementam ambos os modelos. A Norma ISO/EN13606⁸, na qual se baseia o openEHR, faz uso dos termos *informação* e *conhecimento*, respectivamente, para

denominar esses modelos. Ambos, contudo, não fornecem orientações acerca de como dados baseados em arquétipos podem ser persistidos.

Um objetivo do projeto do openEHR é proporcionar um tipo de sistema consistente, coerente e re-utilizável⁹, em consequência, ainda inclui o Modelo de Serviços (MS), que inclui plataformas para desenvolvimento de aplicações, gerenciamento do conhecimento e integração de dados clínicos¹⁰.

O openEHR organiza as classes do MR em pacotes, que estão divididos em três partes: “núcleo”, “padrões” e “domínio”. Os pacotes do “núcleo” são genéricos, compostos pelos Modelos de Informação de Suporte, de Tipos de Dados e de Estruturas de Dados. Os pacotes do “núcleo” são usados por todos os modelos nos pacotes externos. Juntos, esses pacotes fornecem identificação, acesso a recursos de conhecimento, tipos e estruturas de dados, semântica de versionamento e suporte para emprego de arquétipos. Já a parte de “padrões” inclui os Modelos de Informação Comum e de Segurança. Os pacotes do “domínio” definem a semântica de tipos de informação em saúde no nível de negócios, através dos Modelos de Informação de RES, de Extrato de RES, de Integração e de Demografia⁹.

Um objeto central de um Registro Eletrônico em Saúde (RES) contém um identificador (*id*) que referencia uma série de tipos de informações estruturadas. Esse *id* pode ser utilizado entre diferentes SISs, o que habilita a reconstrução de um histórico de saúde por mais de uma base de dados¹⁰. Tendo em vista essa importância dos identificadores, o Pacote Identificação do MR é empregado para ilustrar as estratégias de persistência que podem ser adotadas por todo o MR, e não apenas para esse pacote.

Métodos

Para persistir instâncias de um subconjunto de classes do MR presentes em um repositório de informações clínicas, os valores dos atributos de cada instância são obtidos e empacotados para uma requisição de registro no sistema gerenciador do banco de dados (SGBD). Em contrapartida, para se recuperar uma instância de uma classe do MR registrada pelo SGBD, deve-se informar a chave do repositório e através dela pode-se montar o grafo de objetos correspondente.

As estratégias de persistência apresentadas nesse artigo são aplicadas apenas sobre dados modelados conforme as especificações do openEHR, contudo o mesmo raciocínio pode ser estendido a qualquer SIS multinível. Isto ocorre porque para se projetar a camada de conhecimento, é necessário que se projete a camada de informação. Assim, os sistemas multiníveis se diferenciam basicamente pelo número de camadas (maior do que dois) e pelo tipo de conteúdo abordado, o qual deve ser definido com exatidão.

Pacote Identificação do openEHR - O Pacote Identificação (*Identification Package*) é representativo do MR do openEHR no sentido em que contém todos os tipos de relacionamentos entre classes presentes no MR, inclusive hierarquias. Por ser representativo é escolhido para ilustrar as estratégias proposta no presente texto, tendo em vista a inviabilidade de ilustrá-las para todo o conjunto de classes do MR (pouco mais de 150 classes). A análise das classes presentes nesse pacote pode ser empregada nas demais classes, sem perda de generalidade. O restante dessa seção apresenta brevemente o Pacote Identificação.

Um SIS registra informações em saúde acerca de pacientes. Isso exige a identificação tanto dos pacientes e de outras entidades do mundo real quanto a identificação de entidades de informação empregadas pelo SIS.

Identificadores de entidades do mundo real são representados por instâncias da classe DV_IDENTIFIER (pertencente a outro pacote). O identificador único de um paciente é um exemplo de identificador de entidade do mundo real, por exemplo, detalhes da carteira de identidade do paciente.

Identificadores de entidades de informação são representados por instâncias das classes do Pacote Identificação¹¹, cujo diagrama UML é apresentado na Figura 2. O identificador único de um arquétipo,

por exemplo, é um identificador de entidade de informação¹⁰ e, nesse caso específico, representado por uma instância da classe ARCHETYPE_ID. O identificador único de um registro eletrônico em saúde (EHR) é outro exemplo de identificador de entidade de informação, possivelmente representado por uma instância da classe GENERIC_ID.

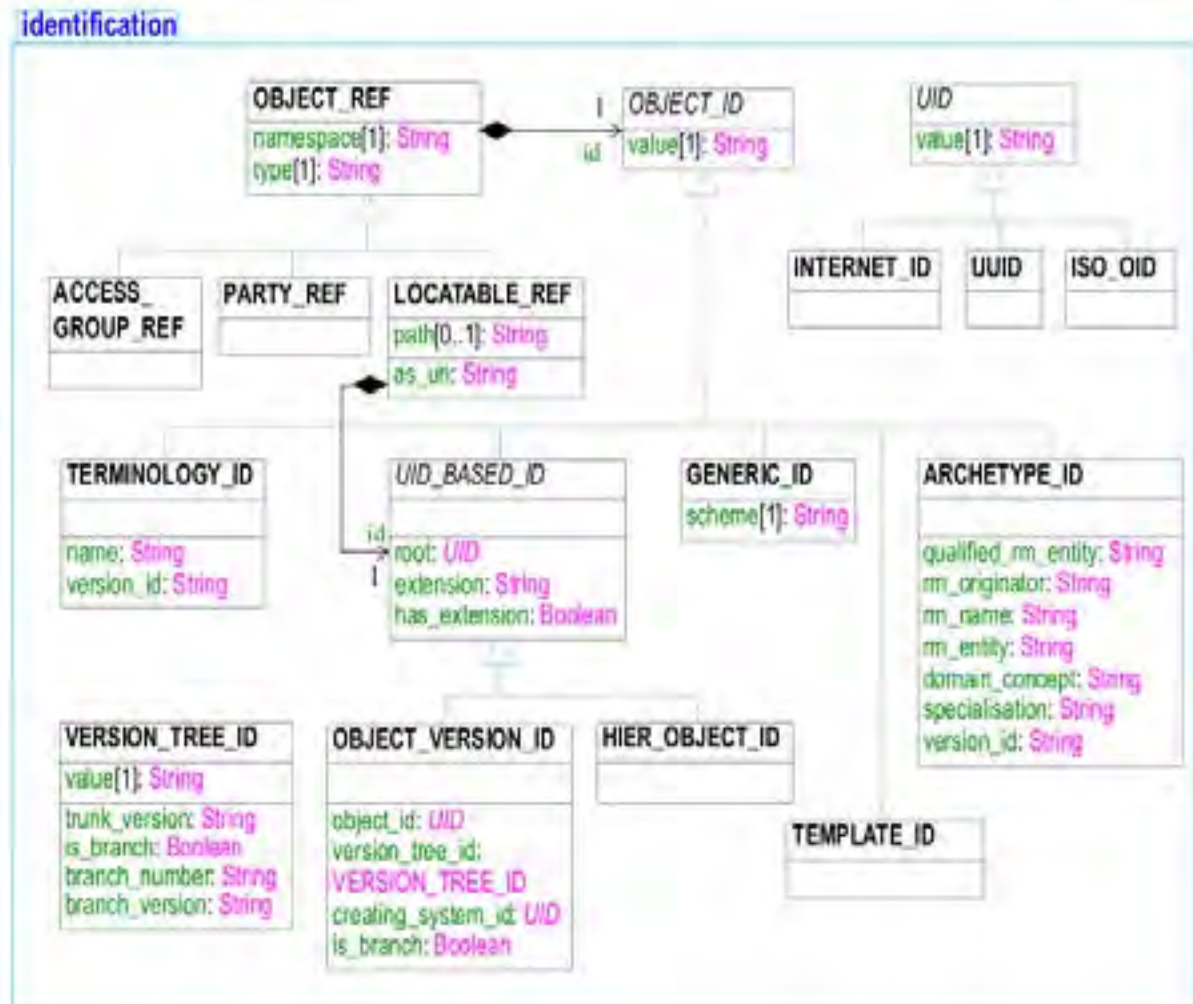


Figura 2: Diagrama de classes do pacote Identification¹².

O Pacote Identificação define 17 classes. Duas delas são as ancestrais de dois grupos principais: OBJECT_REF e OBJECT_ID. Respectivamente, podem ser entendidas como “chave estrangeira” (*foreign key*) e “chave” (*primary key*) em um sistema de bancos de dados relacional. Ou seja, usa-se OBJECT_ID como parte do objeto em questão para identificá-lo unicamente, enquanto um OBJECT_REF tem como finalidade identificar um objeto externo ao objeto no qual é utilizado (referência para objeto externo).

OBJECT_ID é uma classe abstrata, ou seja, de fato, o identificador de uma entidade de informação é representada por uma instância de TERMINOLOGY_ID, OBJECT_VERSION_ID, HIER_OBJECT_ID, GENERIC_ID, TEMPLATE_ID ou ARCHETYPE_ID. Naturalmente, a escolha depende do tipo de informação cujo identificador permite a correspondente localização. Por exemplo, para identificar uma terminologia usa-se uma instância de TERMINOLOGY_ID.

Convém ressaltar que a completa compreensão do Pacote Identificação está além do escopo do presente texto, para o qual é suficiente compreender a organização das classes (os relacionamentos entre elas e os atributos que possuem). Por exemplo, OBJECT_ID possui um único atributo (*value*),

além de ser ancestral direta de `GENERIC_ID`, que define outro atributo (*scheme*). Observe que `ARCHETYPE_ID` também é descendente de `OBJECT_ID`, contudo, não define atributos, mas apenas métodos (que exploram a estrutura do atributo *value* herdado).

Resultados e Discussão

O enfoque deste trabalho envolve determinar estratégias para a persistência onde cada estratégia determina (mapeia) e detalha a(s) tabela(s), tal que todas as informações do Pacote Identificação sejam contempladas. Neste texto, é utilizada a denominação “tabela” como referência para uma estrutura de persistência e não necessariamente se confunde com uma “relação” do Modelo Relacional.

As estratégias comentadas abaixo assumem que as classes `UID` e `VERSION_TREE_ID`, cada uma delas com um único atributo, são persistidas, onde referenciadas, por meio desse único atributo. Em consequência, não é necessária uma tabela “`UID`” ou “`VERSION_TREE_ID`” para conter o atributo correspondente que, nesse caso, teria que vir acompanhado de uma chave substituta para permitir que o objeto em questão pudesse ser referenciado. Em tempo, os objetos do tipo `VERSION_TREE_ID` e `UID` são persistido nas estratégias definidas abaixo por meio da única sequência de caracteres que cada instância dessa classe possui.

A primeira estratégia (E1) envolve a criação de uma tabela para cada classe do Pacote Identificação, ou seja, exige a criação de 17 tabelas para a persistência. Essa abordagem é comumente adotada e apoiada por ferramentas como o Hibernate (www.hibernate.org), por exemplo. Embora possa ser automatizada completamente, a Estratégia E1 possui inconvenientes: (a) ignora questões de desempenho; (b) há duplicidade de colunas; e (c) complexidade na construção de consultas. A complexidade das consultas decorre da necessidade de colher dados de um elevado número de tabelas.

As demais estratégias propostas neste trabalho, E2, E3, E4 e E5 são apresentadas na Figura 3. Estas estratégias utilizam como critérios: (C1) contemplar todas as informações do Pacote Identificação; (C2) reduzir o número de tabelas, com o propósito de simplificar a elaboração de consultas; e (C3) permitir a sua aplicação com recursos reduzidos (armazenamento e processamento), tal como em dispositivos móveis.

Nas estratégias representadas nas Figuras 3(a) e 3(b), aqui denominadas E2 e E3, respectivamente, as classes `OBJECT_REF` e `OBJECT_ID`, ancestrais de várias classes do Pacote Identificação, são implementadas através de duas tabelas. Essas duas hierarquias incluem 12 das 17 classes do Pacote.

A tabela “`OBJECT_REF`” contém a chave *id* (*surrogate key*), enquanto *namespace*, *type* e *path* armazenam as informações de qualquer objeto `OBJECT_REF`. O campo *option* é empregado para designar a classe (subclasse de `OBJECT_REF`) em questão, que pode ser um `ACCESS_GROUP_REF`, `PARTY_REF`, `LOCATABLE_REF` ou `OBJECT_REF`. A tabela “`OBJECT_ID`” é definida de forma análoga, ou seja, também possui uma chave *key* (*surrogate key*) e os campos *value* e *scheme*, além de *option*. Nesse caso, o campo *option* identifica uma das subclasses concretas de `OBJECT_ID` (são seis possibilidades).

Diferentemente da Estratégia E2, a Estratégia E3 inclui um dado adicional, denominado chave substituta (*KeyRef*), representando um identificador universal, uma vez que é possível existir mais de um objeto com um mesmo identificador. Nesse caso, o identificador de `OBJECT_REF` referencia um `OBJECT_ID` por meio da chave substituta. O real valor do identificador pode ser obtido em `OBJECT_ID`.

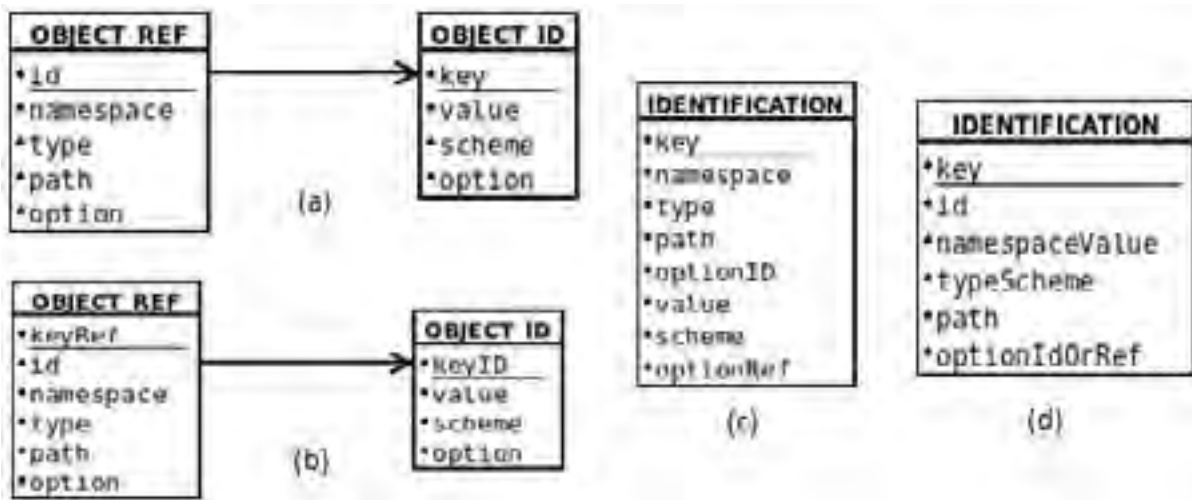


Figura 3: Estratégias para a persistência do Pacote Identificação.

A Estratégia E4 faz uso de uma única tabela, conforme a Figura 3 (c). A tabela “IDENTIFICATION” inclui os atributos das tabelas “OBJECT_REF” e “OBJECT_ID”. Um dos valores para *optionID* ou *optionRef*, exatamente um deles, será nulo, o outro conterá a indicação da classe cujo objeto tem seus dados persistidos. De fato, se se trata de um OBJECT_REF, por exemplo, os valores dos atributos empregados para reter um OBJECT_ID serão nulos.

A Estratégia E5, exibida na Figura 3(d), introduz uma alternativa com menor número de nulos sobre a Estratégia E4. Nesse caso, a única tabela é composta por: a chave substituta (*key*); o atributo *path*; o atributo *namespaceValue*, que representa a concatenação de *namespace* e *value*; o atributo *typeScheme*, que representa a concatenação de *type* e *scheme*; e o atributo *option* que identifica o tipo (classe) do objeto em questão. Ou seja, a Estratégia E5 emprega, no máximo, três atributos, todos do tipo sequência de caracteres (*string*) para armazenar qualquer que seja o objeto pertencente ao Pacote Identification.

Sobre o cumprimento do Critério (C1) pelas Estratégias E2 a E5 (Figura 3), são contemplados os atributos de cada uma das classes do Pacote Identificação, a saber: *namespace* e *type* da classe OBJECT_REF; *value* da classe OBJECT_ID; *path* da classe LOCATABLE_REF; e *scheme* da classe GENERIC_ID.

Sobre o Critério (C2), todas as estratégias postas na Figura 3 possuem um reduzido número de tabelas e atributos. Isso tem um impacto direto no atendimento ao Critério (C3), pois implica em uso reduzido de memória, evitando que muitos atributos sejam criados para todas as classes do Pacote Identificação, conforme a Estratégia E1 (uma grande quantidade de informação fica disponível sem a necessidade de processar os dados para obtê-las).

Em síntese, as exigências dos três critérios foram observadas na proposição das estratégias de persistência. Estender a aplicação dessas estratégias a todo o MR do openEHR é o objetivo que se persegue, tal que os dados pertinentes a qualquer arquétipo possam ser persistidos.

Conclusão

O presente trabalho apresenta estratégias de persistência de dados em conformidade com o modelo de referência da plataforma openEHR. O Pacote Identificação do openEHR foi usado para a definição e justificativa das estratégias, segundo os critérios: contemplar todas as informações do Pacote Identificação; reduzir o número de tabelas, para simplificação de consultas; e permitir a sua aplicação com recursos reduzidos, tal como em dispositivos móveis. Tais critérios denotam que a escolha de uma

estratégia para persistir dados deve considerar o tempo de consulta e o espaço de armazenamento disponível.

Devido a limitações de espaço, somente o Pacote Identificação foi apresentado como perspectiva para as várias estratégias de persistência. Pesquisas estão em curso para implementar e validar os diversos modelos de bancos de dados sugeridos neste artigo, para a persistência de objetos baseados em todo o MR do openEHR. Nesse caso, há um elevado número de pacotes e a associação entre as classes conceituais dos pacotes caracterizam grafos (em vez de hierarquias), que representam estruturas mais complexas para a persistência.

Por fim, a análise do uso dessas estratégias deve ser baseada em *benchmark*, que possivelmente precisa ser confeccionado e sobre o qual, além dos critérios comentados acima, outros como escalabilidade possam ser contemplados.

Agradecimentos

Este trabalho foi realizado com o apoio financeiro do Programa de Demanda Social fornecido pela CAPES, fundação do Ministério da Educação do Brasil, à autora Beatriz Proto Martins.

Referências

- [1] Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Pesquisa nacional de saúde: Percepção do estado de saúde, estilos de vida e doenças crônicas. Relatório, Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, 2013.
- [2] Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde (CNES). Dados do setor. Disponível em: <http://www.cns.org.br/links/DADOS_DO_SETOR.htm>. Último acesso em: 30 de novembro de 2015.
- [3] Diário Oficial da União (DOU). Portaria nº 2073, de 31 de agosto de 2011. Diário Oficial da União nº 169, pág. 6364.
- [4] Beale T. Archetypes: Constraint-based domain models for future-proof information systems. OOPSLA 2002 workshop on behavioural semantics. Vol. 105. 2002.
- [5] Fundação openEHR. Clinical Knowledge Manager. Disponível em: <<http://openehr.org/ckm>> . Último acesso em: 30 de novembro de 2015.
- [6] Sachdeva S, Bhalla S. Implementing high-level query language interfaces for archetype-based electronic health records database. International Conference on Management of Data (COMAD) 2009, pages 235–238.
- [7] Garcia D, Moro CMC. Incorporação de Arquétipos em um Registro Eletrônico em Saúde. XIII Congresso Brasileiro em Informática em Saúde – CBIS 2012.
- [8] Muñoz A, Somolinos R, Pascual M, Fragua JA, González MA, Monteagudo JL, et al. Proof-of-concept design and development of an EN13606-based electronic health care record service. J Am Med Inform Assoc. 2007. Jan-Feb;14(1):118-129. Epub 2006 Oct 26. PubMed PMID: 17068357.
- [9] Beale T, Heard S. Architecture Overview. The openEHR Foundation 2008. Disponível em:<<http://www.openehr.org/releases/1.0.2/architecture/overview.pdf>>. Último acesso em: 15 de novembro de 2015.
- [10] Beale T, Heard S. The openEHR Reference Model. The openEHR Foundation 2008. Disponível em: <http://www.openehr.org/releases/1.0.2/architecture/rm/ehr_im.pdf>. Último acesso em: 15 de novembro de 2015.
- [11] Rong C. Pacote Identification. Disponível em:<<https://github.com/openEHR/java-libs/blob/master/openehr-rm-core/src/main/java/org/openehr/rm/support/identification/>>. Último acesso em: 10 de novembro de 2015.

[12] Beale T, Heard S. Support Information Model. The openEHR Foundation, 2008. Disponível em: <http://www.openehr.org/releases/1.0.2/architecture/rm/support_im.pdf>. Último acesso em: 10 de novembro de 2015.

Contato

Áurea Valéria Pereira da Silva.

Estudante de mestrado do Instituto de Informática (INF/UFG).

Alameda Palmeiras, Quadra D, Câmpus Samambaia. CEP 74690-900 – Goiânia - GO.

Fone: (62)3521-1181 / Fax: (62)3521-1182

aurea-valeria@hotmail.com

PERSISTÊNCIA DE DADOS CLÍNICOS BASEADOS NA MODELAGEM MULTINÍVEL: UMA REVISÃO

Beatriz Proto Martins¹, Fábio Nogueira de Lucena¹ e Plínio de Sá Leitão Júnior¹

¹Instituto de Informática (INF), Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiânia/Goiás, Brasil

Resumo: Sistemas de Informação em Saúde persistem Registros Eletrônicos de Saúde a partir da definição de como os dados devem ser armazenados e recuperados. Devido ao desenvolvimento de estratégias que empregam a separação entre informação e conhecimento (modelagem multinível), faz-se necessário explorar pesquisas relacionadas à persistência de dados. Objetivos: Investigar o estado da arte referente ao armazenamento e recuperação de dados clínicos baseados na modelagem multinível. Métodos: Revisão sistemática da literatura, envolvendo: requisitos de qualidade para persistência, mapeamento de modelos de banco de dados, descrição e avaliação da camada de persistência e detalhamento de *benchmarks*. Resultados: De 843 artigos encontrados, 45 foram incluídos, mas apenas 20 apresentaram dados relevantes. Conclusão: Em geral, o desenvolvimento de sistemas de saúde multiníveis é orientado por requisitos de desempenho e espaço, contudo as avaliações são centradas no desempenho de consultas. Poucos estudos apresentam estratégias de mapeamento de banco de dados e *benchmarks* significantes.

Palavras-chave: Armazenamento e Recuperação da Informação; Sistemas de Informação em Saúde; Registros Eletrônicos de Saúde.

Abstract: Health Information Systems persist Electronic Health Records according to the definition of how data must be stored and retrieved. Due to the development of strategies that employ the separation between information and knowledge (multilevel modeling), it is necessary to explore researches related to data persistence. Objectives: To investigate the state of the art related to the storage and retrieval of clinical data based on multilevel modeling. Methods: Systematic review of the literature, involving: quality requirements for persistence, database model mapping, description and evaluation of the persistence service and benchmark detailing. Results: From 843 papers found, 45 were included, but only 20 presented relevant data. Conclusion: In general, the development of multilevel health systems is driven by performance and space requirements, however evaluations are focused on queries performance. Few studies present significant benchmarks and strategies for database mapping.

Keywords: Information Storage and Retrieval; Health Information Systems; Electronic Health Records.

Introdução

O intercâmbio de Registros Eletrônicos em Saúde (RES) requer o desenvolvimento de Sistemas de Informação em Saúde (SIS) interoperáveis. SISs baseadas no openEHR, no HL7/CDA ou na norma ISO/EN 13606 seguem a modelagem de dados multinível¹. Essa abordagem possibilita a definição dos dados em vários níveis, compreendendo, pelo menos, o nível de informação, representado pelo Modelo de Referência (MR), e o nível de conhecimento, imediatamente acima, representado pelo Modelo de Conhecimento (MC)².

A persistência de dados clínicos é um fator de impacto na eficácia e na eficiência de SIS, bem como na interoperabilidade desejada entre sistemas. Há várias alternativas para se persistir dados modelados conforme o MC, tal como persistir instâncias de entidades do MR, o qual possui uma estrutura

compartilhada pelas definições do MC. Nesse cenário, é pertinente a investigação de técnicas de persistência no contexto de SIS que seguem o modelo multinível. Este trabalho apresenta uma revisão sistemática que tenta responder os seguintes questionamentos:

1. Questão de pesquisa principal: Quais estratégias de persistência de dados têm sido empregadas em SISs baseados na modelagem multinível?
2. Questão de pesquisa secundária: Quais requisitos, estratégias, modelos de banco de dados (BD), *benchmarks* e avaliações de serviços de persistência de dados têm sido empregados no desenvolvimento de SISs multiníveis?

A revisão sistemática consiste, basicamente, em dois passos: seleção de estudos relevantes, escolhidos a partir da leitura do resumo de cada artigo científico recuperado e; extração de dados dos estudos selecionados, pertinentes às questões de pesquisa com suas respectivas análises. Durante a extração de dados espera-se encontrar requisitos, estratégias, modelos de banco de dados (BD), *benchmarks* e avaliações de serviços de persistência de dados, presentes em SISs cuja modelagem de dados segue a abordagem multinível.

Métodos

Neste trabalho são executados os seguintes passos para a realização da revisão sistemática: 1) Seleciona-se fontes científicas e artigos de controle; 2) Define-se critérios de inclusão (CI) e de exclusão (CE) baseados nas questões de pesquisa; 2) Aplica-se uma nova *string* de busca nas bases, até que todos os artigos de controle sejam cobertos pela *string*; 3) Para cada artigo, anota-se suas contribuições gerais, relativas às questões de pesquisa, e atribui-se um CI ou CE principal baseado em seu resumo; 4) Para cada estudo coberto pelos CIs, extrai-se os dados relevantes; 4.1) Altera-se o critério do estudo, se necessário.

As fontes bibliográficas escolhidas são: IEEE Xplore (disponível em <http://ieeexplore.ieee.org>); SpringerLink (<https://link.springer.com>); ScienceDirect (<http://www.sciencedirect.com>); Scopus (<https://www.scopus.com/>); PubMed Central (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/>) e PubMed (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>). São recuperados artigos de 2006 a 2016 escritos na Língua Inglesa e Portuguesa.

A *string* avançada de busca, aplicada nas fontes, recupera os artigos de controle^{1,3-6} e possui variações por fonte, mas, basicamente, com o mesmo significado semântico: “((*storage* OU *persistence* OU *data model* OU *database schema*) E (((*multilevel* OU *two level* OU *dual*) E (*modeling* OU *approach* OU *methodology*))) OU 13606 OU *information model* OU *reference model*) E (*electronic* E (*health* OU *medical* OU *patient*) E *record*)) E NÃO (*owl*)”.

Conforme a Tabela 1, os CIs abordam estudos que incluem determinados tópicos relacionados ao serviço/camada de persistência de dados em SIS multiníveis.

Tabela 1: CIs e CEs utilizados na seleção de estudos.

CI	Descrição
CI-1	Formulação de requisitos funcionais e não funcionais.
CI-2	Mapeamento do modelo de BD conceitual para o modelo lógico ou físico.
CI-3	Descrição das tecnologias empregadas pelo serviço.
CI-4	Descrição do <i>benchmark</i> utilizado na avaliação.
CI-5	Avaliação da execução do serviço.
CE-1	Não coberto pelos CIs.

CE-2	Contribuições abrangidas por outro estudo incluído (refere-se, também, às duplicações de estudos).
CE-3	Inacessível ou não disponível.
CE-4	Fora do escopo com respeito ao seu propósito.

Resultados

Na primeira fase de seleção foram incluídos 45 estudos de um total de 843. As quantidades de estudos por fonte e por CI ou CE primário são detalhadas na Tabela 2. Já na segunda fase foram selecionados e extraídos os dados de 20 estudos dos 45, descritos resumidamente na Tabela 3. Deve-se notar que um estudo pode se enquadrar secundariamente em um número arbitrário de CIs e que tais duplicidades inviabilizam o cálculo do total de estudos. Contudo, os critérios secundários de cada estudo são considerados na Seção “Discussão”.

Tabela 2: Quantidades de estudos por fonte bibliográfica e por CIs ou CEs.

	IEEE	PMC	PubMed	ScienceDirect	Scopus	Springer	Total critério
CI-1	0	2	0	0	0	1	3
CI-2	1	1	2	1	3	1	9
CI-3	8	3	6	3	6	1	27
CI-4	0	0	1	0	0	0	1
CI-5	1	1	0	1	0	2	5
Incluídos	10	7	9	5	9	5	45
CE-1	40	96	76	140	301	80	733
CE-2	0	0	5	4	30	6	45
CE-3	0	0	0	0	4	0	4
CE-4	1	0	3	2	6	1	13
Excluídos	41	96	84	146	341	87	795
Total fonte	51	103	93	151	350	92	840

Tabela 3: Quantidade de estudos cobertos por cada CI e CE na segunda fase de seleção.

Critério	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	Total
CI	1	1	13	2	3	20
CE	745	46	4	28	-	823

Critério CI-1 – A Tabela 4 expõe as características dos estudos que fornecem requisitos próprios ao desenvolvimento da camada de persistência em sistemas multiníveis. O projeto dos mecanismos de persistência deve considerar os requisitos funcionais indispensáveis ao sistema. Estes requisitos descrevem as funcionalidades oferecidas pelos sistemas, que são fortemente ligadas ao armazenamento e recuperação dos dados, como é o caso do serviço de criação, leitura, atualização e deleção (CRUD) de dados. Os requisitos funcionais encontrados nos estudos são retratados na coluna A1.

O projeto da camada de persistência também deve considerar o comportamento esperado pelos usuários em relação à execução do serviço de persistência. Isso é mostrado na coluna A2 da Tabela 4 através de requisitos não-funcionais de desempenho. Estes requisitos exprimem a eficiência no tempo de resposta para a manipulação de dados, mais especificamente, para a execução das operações de CRUD.

É importante que no projeto do serviço de persistência dos estudos sejam consideradas as restrições impostas pelos usuários e pelo sistema sobre o uso de recursos computacionais. Assim, são

expostos na coluna A3, da Tabela 4, os requisitos não-funcionais de espaço relacionados à apropriação da memória.

Devido à necessidade de prover sistemas de saúde interoperáveis, o desenvolvimento dos serviços de persistência desses sistemas deve atender a critérios variáveis e fazer uso de tecnologias heterogêneas. Nesse sentido, os estudos da Tabela 4 definem requisitos não-funcionais de adaptabilidade, portabilidade e compatibilidade na coluna A4.

Tabela 4: Estudos que apresentam requisitos diretamente relacionados à persistência de dados, para o desenvolvimento de sistemas de saúde multiníveis (CI-1).

	Requisitos funcionais (A1)	Desempenho (A2)	Espaço (A3)	Outros requisitos não funcionais (A4)
Wang <i>et al.</i> (2015) ³	-	Mais rápido que soluções XML, Node+Path, EAV (Entity-Attribute-Value) e ORM (Object-Relational Mapping). Eficiente em ambiente real.	-	BD deve ser adaptável a mudanças nos arquétipos e aos requisitos dos RES.
Velte <i>et al.</i> (2012) ⁴	Oferecer CRUD de RES.	Em operações centradas no paciente, as consultas devem ser mais rápidas do que inserções	-	BD dinâmico, gerenciar RES de modo transparente e remoto. Usar web services para CRUD de RES (camada de aplicação independente)
Sundvall <i>et al.</i> (2013) ⁵	Permitir CRUD distribuído de RES (sem deleção)	Alto desempenho em ambiente real, utilizando índice e caching no servidor e/ou cliente	Caching no disco Escalabilidade vertical ou horizontal com uso de sharding	Flexível suportando diferentes tecnologias e formatos de armazenamento. Sistema RES transparente, gerenciável
Humm e Walsh (2015) ⁶	-	Eficiente no processamento de grandes volumes de RES	Eficiente no espaço utilizado com grande volume de RESs	O modelo de dados deve ser geral, flexível, conveniente/transparente (usar abstrações)
Madaan <i>et al.</i> (2013) ⁷	Permitir inserção e consulta de RES.	Eficiente para consultas complexas.	Altamente escalável, favorecido pelo uso de índice.	Adaptação às consultas, sem exigir do usuário conhecimento da estrutura do BD e de sintaxes.

Lianas (2014) ⁸	Oferecer CRUD de dados; (de)serializar e criar estruturas de dados.	-	Escalável vertical e horizontal sobre o volume de dados	Assegurar o acesso uniforme e transparente a múltiplos BDs
----------------------------	---	---	---	--

Critério CI-2 – As propriedades dos estudos que exploram modelos de dados persistentes são mostradas na Tabela 5. O atributo B1 cita o MR do estudo, já a representação do modelo de dados é citada em B2. Detalhes sobre o índice utilizado é apresentado em B3.

Uma vez que o MR e o MC representam grafos de entidades seguindo a abordagem orientada a objetos (OO), é preciso que essas entidades sejam mapeadas para o esquema de BD desejado. Esse mapeamento também é explicado na Tabela 5. Para tanto são relatados os tratamentos dos tipos básicos de dados em B4, de associações e agregações em B5, de herança em B6, de coleções de dados em B7 e mapeamentos específicos ao modelo em B8.

Tabela 5: Estudos que descrevem o mapeamento de modelos conceituais de saúde multiníveis para modelos de dados lógicos ou físicos (CI-2).

	Paul e Hoque (2010) ⁹	Wang <i>et al.</i> (2015) ³
Modelo conceitual (B1)	HL7 RIM	Arquétipos
Modelo lógico ou físico (B2)	EAV-Otimizado (OEAV) sobre a classe Observation e relacionais nas demais	Modelo de BD Relacional
Índice (B3)	Árvore B+ sobre entidade de Observation	Sobre dados de consulta e de identificação
Tipos de dados básicos (B4)	Tipos padrões de BD	Coluna de tipo básico SQL
Associação e agregação (B5)	FK em 1:1 e 1:N; Tabela separada em N:N e agregação	Incorpora coluna em 1:1; Usa FK em 1:N
Herança (B6)	Uma tabela por classe (com identificação) e uma coluna por atributo.	Template mapeia os campos do arquétipo especializado para o do generalizado
Coleção (B7)	-	Tabela com FK para id. do arquétipo e coluna de tipo básico
Mapeamentos específicos (B8)	Campo AV contém um código do Atributo concatenado ao Valor	Tabela contém as versões nova e antigas do arquétipo

Critério CI-3 – A Tabela 6 realça as propriedades dos serviços de persistência de dados multiníveis apresentados pelos estudos e expõe nas respectivas colunas:

- C1: o nome do sistema ou a quantidade de sistemas em análise, em caso de revisão bibliográfica;
- C2: os tipos de bancos de dados e respectivos Sistemas Gerenciadores de Bancos de Dados (SGBD) utilizados ou interfaces para gerenciamento de dados;
- C3: os padrões de especificação da modelagem dos dados;
- C4: os mecanismos de definição do esquema de dados;
- C5: os mecanismos de consulta dos dados;
- C6: os formatos de organização dos arquivos no BD (tabela, documento, etc).

Tabela 6: Estudos que descrevem a camada ou serviço de persistência de dados em sistemas de saúde com modelagem multinível (CI-3).

	Nome ou quantidade (C1)	BD - SGBD (C2)	Padrão de referência (C3)	Definição de esquema RES (C4)	Consulta RES (C5)	Organização dos arquivos (C6)	
	Humm e Walsh (2015) ⁶	-	Relacional - SQL Server	HL7 modificado	-	.NET LINQ	Tabelas geradas por uma ferramenta ORM: Entity, Role e Act
	Frade et al. (2013) ¹⁰	16	Relacional, XML, OO com SQL Server, MySQL e outros	openEHR	-	SQL, AQL, XQuery, SQL+XPath e outros	-
	Wang et al. (2015) ³	-	Relacional - SQL Server	openEHR	SQL	SQL	Tabela de-normalizada por arquétipo
	Atalag et al. (2011) ¹¹	GastrOS	Relacional - MS Access e SQLite	openEHR	-	-	Tabela relacional com MR serializado em XML
	López-Nores et al. (2012) ¹²	iCabiNET	Relacional - MySQL	EN13606	ADL	-	-
	Osorio et al. (2013) ¹³	eHealthCom	XML - BaseX	openEHR	-	-	Documento XML por RES
	Barca et al. (2014) ¹⁴	yourEHRM	NoSQL - MongoDB	openEHR/ EN13606	ADL	AQL	Documento JSON com coluna por caminho de arquétipo
	Bahga e Madiseti (2013) ¹⁵	CHISTAR	Não-relacional - HBase	Estende o openEHR e o HL7	API Java	API Java ou HQL	Tabelas com pares chave/valor conforme tipos de dados do MR
	Flemming et al. (2014) ¹⁶	-	Relacional - MySQL com InnoDB	openEHR modificado	-	-	Tabela por classe do MR gerada pelo Hibernate
	Muñoz et al. (2007) ²	-	Relacional - Interface ODBC	EN13606	ADL	-	Tabela por classe do MR
	Li et al. (2007) ¹⁷	-	XML nativo - Oracle XML DB	HL7/CDA	-	SQL e XQuery	Documento XML por encontro em diretório hierárquico

Kropf et al. (2015) ¹⁸	-	XML - eXistdb	openEHR	ADL	-	Documentos XML com XForms e RESs
Velte et al. (2012) ⁴	-	XML nativo - BaseX	openEHR	ADL	AQL	Documento XML por paciente
Sundvall et al. (2013) ⁵	LiU EEE	XML - BaseX, eXistdb	openEHR	ADL	AQL (XQuery interno)	Documento XML por RES
Madaan et al. (2013) ⁷	-	NoSQL - MongoDB	openEHR	ADL	AQBE	Documento JSON por arquétipo
Lee et al. (2013) ¹⁹	-	NoSQL - SQL Server	HL7/CDA	CDA com conceitos extraídos do BD avaliado	-	Tabela de pares chave-valor generalizados com conceito individual por linha
Lianas et al. (2014) ⁸	PyEHR	Múltiplos - Multi-driver	openEHR	ADL	AQL	-

Critério CI-4 – Na Tabela 7 são detalhados os elementos dos *benchmarks* utilizados nas avaliações das camadas de persistência. Em D1 é informado o nome/local do repositório do Modelo de Conhecimento. As bases de dados caracterizadas expressam as mesmas informações, apesar de seus formatos variarem conforme as restrições impostas pelos seus respectivos BDs.

Os BDs utilizados com modelagem de um nível (convencional) são citados na Tabela 7 na coluna D2, BDs cujos esquemas seguem o Modelo de Conhecimento em D3 e BDs contendo esquemas conforme o Modelo de Informação em D4. A quantidade de RESs que constituem as bases de dados é exibida em D5 e a quantidade de consultas com semânticas diferentes executadas sobre essas bases é apresentada em D6.

Tabela 7: Estudos que descrevem benchmarks para SISs com modelagem multinível (CI-4).

	Repositório do MC (D1)	BDs de um nível (D2)	BDs com esquemas dependentes do MC (D3)	BDs com esquemas independentes do MC (D4)	Quantidade de RESs (D5)	Quantidade de consultas (D6)
Velte et al. (2012) ⁴	-	-	XML nativo	-	1 mil, 10 mil e 30 mil	> 4
Flemming et al. (2014) ¹⁶	CKM e NHS	-	-	Relacional	120	-
Wang et al. (2015) ³	16 arquétipos do CKM e 1 criado.	Relacional	Relacional (Mapeamento Relacional de Arquétipos - ARM)	Node+Path	~30 mil	7
Madaan et al. (2013) ⁷	40 arquétipos do CKM	-	NoSQL	-	-	16

Osorio et al. (2013) ¹³	CKM	-	-	XML (insere Compositions no registro novo ou existente)	1 mil, 10 mil e 30 mil	-
Lee et al. (2013) ¹⁹	Conceitos extraídos do BD avaliado	Textual (formatado)	-	NoSQL, XML não nativo e nativo.	1 mil, 5 mil, 10 mil e 50 mil	5
Austin et al. (2009) ²⁰	SynOD (Dicionário de Objetos Synapses)	-	-	-	3.226	-

Critério CI-5 – A Tabela 8 apresenta dados sobre os estudos que abordam o critério CI-5. Na coluna E1 são informados os tamanhos resultantes das bases de dados abrangidas pelo trabalho. Nas colunas E2 e E3 são mostradas, respectivamente, o tempo médio gasto na execução de consultas baseadas em indivíduo (registro único) e em população (multi-registros ou agregada). A coluna E4 apresenta o tempo gasto durante a inserção de registros. Por fim, na coluna E5, são descritas, resumidamente, as análises dos autores sobre os resultados relativos à persistência de dados. Uma desvantagem da Tabela 8 é que não é possível fazer comparações precisas entre os estudos, já que eles não utilizam as mesmas bases de dados.

Tabela 8: Estudos que avaliam a camada ou serviço de persistência de dados presentes em sistemas de saúde com modelagem multinível (CI-5).

	Tamanho das bases (E1)	Tempo para consultas de indivíduos (E2)	Tempo para consultas de populações (E3)	Tempo inserção (E4)	Análise dos resultados (E5)
Velte et al. (2012) ⁴	-	0,65 ms	Mil: 20 ms; 10 mil: 176 ms; 30 mil: 523 ms	Aumenta com o volume. 30 mil: 423 ms	Eficaz para consulta baseada em indivíduos.
Wang et al. (2015) ³	Relacional: 1,6 GB; ARM: 2,9 GB; No-de+Path: 43,87 GB	Relacional: 272 ms; ARM: 243 ms; No-de+Path: 165.246 ms	Relacional: 6.082 ms; ARM: 379 ms; Node+Path: 10.708 ms	-	Consulta agilizada pelos índices e <i>caching</i> de dados em arquétipos descendentes
Paul e Hoque (2010) ⁹	EAV = 1,26*OEAV	EAV = 15,15*OEAV	EAV = 56,3*OEAV	-	Eficiente para buscas, dados esparsos e de alta dimensão; Consome menos espaço que EAV
Muñoz et al. (2007) ²	-	-	-	-	Não opera em um cenário real
Austin et al. (2009) ²⁰	-	-	-	-	Alocação explícita de memória gera desperdício

Li et al. (2007) ¹⁷	-	-	10,2 ms	15,08 ms	Índices com Árvore B e XPath melhoram, respectivamente, consultas baseadas em indivíduo e população
Osorio et al. (2013) ¹³	-	1 mil: 4 ms; 10 mil: 5 ms; 30 mil: 5 ms	1 mil: 126 ms; 10 mil: 232 ms; 30 mil: 594 ms	1 mil: 34 ms; 10 mil: 36 ms; 30 mil: 49 ms	Persistência de RES é eficiente, ao contrário de consulta baseada em população e inserção
Lee et al. (2013) ¹⁹	Textual: 120 MB	-	[50 mil RESs] Chave-valor generalizado: 1.414 ms; XML não nativo: 4.722 ms; XML nativo: 8.407 ms	-	Chave-valor generalizada é mais rápida, já o tamanho do XML é mínimo. Ambos tem esquema flexível.

Discussão

Critério CI-1 – Os estudos recomendam que o modelo de BD escolhido seja flexível, facilitando a adição e remoção de entidades e atributos^{3,4,6}, possivelmente livre de esquema⁷, e que ofereça suporte a diferentes tecnologias e formatos de armazenamento^{5,8}. Além disso, deve ser assegurado o acesso transparente a múltiplos BDs por meio de *drivers*⁸ ou ao BD único através de abstrações para gerenciar os RESs^{4,5,6}. Isso inclui não exigir do usuário conhecimento da estrutura do BD (usando o mapeamento objeto-relacional^{6,7}) e das sintaxes⁷ na realização de consultas.

Os estudos esperam que o sistema seja eficiente no acesso (leitura/escrita) de um grande volume de RESs⁶ e aplicável em um ambiente real^{3,5}. As operações devem ser centradas no paciente com consultas mais rápidas do que inserções⁴. Nesse sentido, a camada de persistência deve permitir a execução de consultas complexas⁷. Isso pode ser alcançado através de *caching* no servidor e/ou no cliente⁵ e através de índices^{5,7} que otimizam a consulta⁷.

Além do desempenho, o espaço é outro requisito relevante. O sistema deve propiciar escalabilidade horizontal e/ou vertical sobre o volume de dados^{5,8}. A escalabilidade pode ser alcançada através do suporte a múltiplos sistemas de armazenamento⁸ ou pelo uso de *sharding*⁵ (divisão do BD). O uso de índices⁷ e de armazenamento de *caching* em disco⁵ também são úteis.

Em síntese, os requisitos dos artigos para o desenvolvimento da camada de persistência centram-se em critérios de flexibilidade e adaptabilidade do modelo de BD e de desempenho na manipulação dos dados. Esses requisitos devem ser atingidos considerando a redução do tempo de resposta para consultas.

Critério CI-2 – Foram encontradas duas estratégias que detalham o mapeamento de instâncias do modelo de BD conceitual para o modelo de BD lógico, são elas: mapeamento do HL7 RIM (MR do HL7/CDA) para o modelo relacional com a aplicação do modelo Entidade-Atributo-Valor-Otimizado (OEAV) sobre a classe Observation⁹ e; mapeamento de arquétipos para o modelo relacional³.

As estratégias desenvolvidas evitam a perda de desempenho e de espaço na camada de persistência. No caso dos arquétipos, diferentes versões de um mesmo arquétipo são organizadas em uma única tabela³. No caso do HL7 RIM, uma variável Atributo-Valor de tipo inteiro armazena a representação binária concatenada do atributo e do valor da classe Observation no modelo OEAV⁹.

Os tipos de dados básicos do modelo conceitual, com no máximo uma ocorrência, são mapeados para os tipos padrões de BD^{3,9}. A classe *DvBoolean* com seu atributo *value*, por exemplo, é mapeada para uma coluna SQL de tipo *INTEGER*³. A chave primária em cada tabela relacional corresponde ao item de identificação do arquétipo instanciado ou a um valor gerado³ (chave substituta). No caso da tabela *OEAV*, a chave é baseada na identificação do paciente⁹.

Tanto itens de dados em arquétipos sem limites de ocorrências, quanto tipos de dados de coleção no HL7 RIM são mapeados para tabelas com duas colunas: uma coluna com uma chave estrangeira (FK) referenciando o arquétipo, ou classe ao qual o item pertence, e outra coluna com os dados propriamente ditos^{3,9}. Para isso é necessário criar uma tabela para cada atributo do tipo coleção⁹.

Associações entre tabelas, representando arquétipos ou classes do HL7 RIM, do tipo um-para-muitos (i.e. atual-para-alvo) são mapeadas como FK na tabela alvo para a tabela atual³ ou vice-versa⁹. Em associações um-para-um, a tabela alvo é concatenada na tabela atual³ ou utiliza-se uma FK⁹. No relacionamento muitos-para-muitos, é criada uma nova tabela com FKs para as duas tabelas associadas.

Em relação à herança, o mapeamento fica a cargo de *templates* que associam os campos de arquétipos especializados a um subconjunto de campos correspondentes nos arquétipos generalizados³. Para instâncias HL7 RIM, é criada uma tabela por classe, de modo a não armazenar atributos herdados⁹.

Uma forma de otimizar a persistência é através do uso de índices. Para tanto, os estudos recomendam o uso de índices nos itens de dados de consulta³ e de identificação^{3,9}, este último relacionado à Entidade *OEAV* da classe *Observation*.

Ambas as estratégias^{3,9} fazem a conversão dos modelos de BDs com técnicas de mapeamento amplamente conhecidas na área de Banco de Dados, como no caso do tratamento de herança e associação de entidades. Isto significa que são aplicadas estratégias comuns, em sua maioria, no cenário específico de dados em saúde. Além disso, o BD relacional baseado em arquétipos³ pode ser inflexível, já que exige que todos os conceitos sejam previamente conhecidos.

Critério CI-3 – Com exceção de um artigo de revisão¹⁰, os estudos que apresentam a camada ou serviço de persistência de dados multinível, abordam um único sistema ou arquitetura. Para tanto, são relatadas as tecnologias usadas na persistência e o formato de organização dos arquivos no BD. Dentre os estudos são descritos os sistemas *GastrOS*^{10,11}, *iCabiNET*¹², *eHealthCom*¹³, *LiU EEE*^{5,10}, *yourEHRM*¹⁴, *CHISTAR*¹⁵ e *pyEHR*⁸.

Os estudos utilizam os seguintes BDs e Sistemas Gerenciadores de Bancos de Dados (SGBDs): BDs relacionais com os SGBDs *SQL Server*^{3,6,10}, *MS Access*¹¹, *SQLite*^{10,11}, *MySQL*^{10,12,16} ou fornecem uma interface *ODBC*²; BDs XML com os SGBDs *Oracle XML DB*^{10,17}, *BaseX*^{1,4,5,10,13}, *eXistdb*^{1,5,10,18} e *Berkeley DB XML*¹; BDs NoSQL com os SGBDs *CouchBase*¹, *MondoDB*^{7,14} e *SQL Server*¹⁹; BD não-relacional com o SGBD *HBase*¹⁵ e BDs múltiplos⁸, isto é, diferentes tipos de BDs suportados pelo serviço, desde que os sistemas que o utilizem implementem a interface *multi-driver* fornecida.

Nos estudos são usados os seguintes padrões de definição multinível da estrutura dos dados a serem persistidos: *openEHR*^{1,3,5,7,8,10,11,13,14,18}, *EN13606*^{2,12,14}, *HL7/CDA*^{17,19}, *HL7 modificado*^{6,15} e *openEHR modificado*^{15,16}. Com base nesses padrões, são utilizados os seguintes mecanismos para consulta dos esquemas de dados: *AQL*^{4,5,8,10,14}, *SQL*^{3,10,17}, *XQuery*^{5,10,17}, *.NET LINQ*⁶, *AQBE*⁷, *HQL*¹⁵ e *API Java*¹⁵.

Os estudos do critério CI3 geralmente descrevem, de forma sucinta, a estrutura do modelo de BD utilizado para persistência. Alguns BDs de SISs multiníveis são formados por tabelas relacionais, em que cada tabela representa um arquétipo³ ou uma classe do MR^{2,6,16}. Essas tabelas são geradas pelo mapeamento manual³ e implementadas com o apoio de ferramentas que auxiliam no mapeamento objeto-relacional^{6,16}, por exemplo, pelo *Hibernate*¹⁶. Também é possível serializar objetos do MR de/para o formato XML e persisti-los em tabelas relacionais¹¹.

Na maioria dos casos o BD é composto por documentos XML, seja por paciente^{1,4} ou por RES^{5,13,18} ou, ainda, por visita em um diretório hierárquico¹⁷. BDs NoSQL são constituídos por tabelas de pares

chave-valor generalizados¹⁹ (contendo conceito por linha) ou por documentos JSON. Estes documentos JSON são gerados por paciente¹ ou por arquétipo, contendo uma coluna para cada caminho do arquétipo^{7,10}. No caso do BD não-relacional, são armazenadas tabelas com pares chave-valor conforme os tipos de dados do MR¹⁵.

Critério CI-4 – Os *benchmarks* dos estudos são formados por bases de dados conforme o modelo de um nível (convencional), das quais, cinco, no total, são relacionais^{1,3} e uma é estruturada textualmente¹⁹. Em relação aos dados modelados com a abordagem multinível, os *benchmarks* são compostos por bases relacionais^{1,3,16}, XML^{1,4,13,19}, NoSQL^{1,7,19} e Node+Path³.

Para os BDs baseados na modelagem multinível, foram utilizados os MCs presentes nos repositórios CKM^{1,3,7,13,16}, NHS¹⁶ e repositórios próprios não divulgados^{1,3,19,20}, incluindo um repositório de SynOD (Dicionário de Objetos Synapses)²⁰ e um com conceitos extraídos do BD empregado na avaliação¹⁹. Em alguns casos^{1,3,7}, apenas parte do repositório é importado para o *benchmark*.

As bases de dados dos *benchmarks* são compostas por RESs, com as seguintes quantidades máximas por estudo: 120¹⁶, 3.226²⁰, 30 mil^{3,4,13}, 50 mil¹⁹ e 4,2 milhões¹. Destes registros apenas um conjunto é sintético¹³ (gerado com base em amostras). Em média, são disponibilizadas 8 consultas por estudo^{1,3,4,7,19}. Apesar de serem fornecidos *benchmarks* com dados reais, a quantidade de registros é pequena, exceto em um estudo¹, se comparada à de sistemas reais.

Critério CI-5 – O modelo relacional^{1,3} é o modelo de BD baseado na abordagem multinível que menos consome espaço, quando comparado ao Node+Path, ARM (Archetype Relational Mapping)³, NoSQL e XML¹. Consultas baseadas em indivíduos são mais rápidas no BD Node+Path do que nas soluções relacional e ARM³. Por outro lado, não são recomendadas consultas baseadas em população em BDs XML^{1,19}.

Consultas baseadas em indivíduos são mais rápidas do que consultas baseadas em população^{3,4,13} e do que inserções de Compositions em RESs¹³. Além disso, as consultas podem ser agilizadas pelo uso de índices^{1,3,17} e *caching*³. A solução chave-valor generalizada é rápida, mas tem um tamanho significativo¹⁹. Adicionalmente, a alocação de coleções deve ser dinâmica para evitar desperdício de memória²⁰. Com relação à eficiência dos modelos de dados, o OEAV é mais eficiente do que o EAV⁹. Por outro lado, uma das soluções relacionais apresentadas não consegue operar em cenário real².

Conclusão

Em resposta à questão de pesquisa principal, foram encontradas estratégias de persistência que realizam o mapeamento do MR e do MC para BDs amplamente conhecidos. Para isso, são utilizadas técnicas de mapeamento comuns e não técnicas otimizadas que contemplem as especificidades do modelo multinível.

Em resposta à questão secundária, os estudos requerem, geralmente, o uso de um BD que seja flexível na definição do esquema e eficiente em desempenho e espaço. As soluções dos estudos mostram-se mais vantajosas para consultas baseadas em indivíduo do que para qualquer outra operação sobre o BD. Um dos *benchmarks* encontrados apresenta um volume de dados significativamente superior aos demais.

Como trabalho futuro, espera-se desenvolver uma estratégia de persistência que atenda os requisitos de qualidade (não funcionais) identificados e que considere as especificidades do modelo multinível. O objetivo é mapear o MR para uma estrutura de dados altamente otimizada e compará-la às estratégias encontradas.

Agradecimentos

Este trabalho foi realizado com o apoio financeiro do Programa de Demanda Social fornecido pela CAPES, fundação do Ministério da Educação do Brasil, à autora Beatriz Proto Martins.

Referências

- [1] Freire SM, Teodoro D, Wei-Kleiner F, Sundvall E, Karlsson D, Lambrix P. Comparing the Performance of NoSQL Approaches for Managing Archetype-Based Electronic Health Record Data. *PLoS One*. 2016 Mar 9;11(3):e0150069.
- [2] Muñoz A, Somolinos R, Pascual M, Fragua JA, González MA, Monteagudo JL, et al. Proof-of-concept design and development of an EN13606-based electronic health care record service. *J Am Med Inform Assoc*. 2007. Jan-Feb;14(1):118-129. Epub 2006 Oct 26. PubMed PMID: 17068357.
- [3] Wang L, Min L, Wang R, Lu X, Duan H. Archetype relational mapping - a practical openEHR persistence solution. *BMC Med Inform Decis Mak*. 2015 Nov 5;15:88. doi: 10.1186/s12911-015-0212-0. Erratum in: *BMC Med Inform Decis Mak*. 2016;16:21. PubMed PMID: 26541142; PubMed Central PMCID: PMC4636072.
- [4] Velte L, Pedrosa T, Costa C, Oliveira J. An openEHR repository based on a native XML database. *Proceedings of the International Conference on Health Informatics*. ISBN 978-989-8425-88-1. 2012;386-389.
- [5] Sundvall E, Nyström M, Karlsson D, Eneling M, Chen R, Öрман H. Applying representational state transfer (REST) architecture to archetype-based electronic health record systems. *BMC Med Inform Decis Mak*. 2013 May 9;13:57. doi: 10.1186/1472-6947-13-57. PubMed PMID: 23656624.
- [6] Humm G, Walsh P. Flexible yet Efficient Management of Electronic Health Records. *International Conference on Computational Science and Computational Intelligence*. 2015;771-775. doi: 10.1109/CSCI.2015.84.
- [7] Madaan A, Chu W, Daigo Y, Bhalla S. Quasi-Relational Query Language Interface for Persistent Standardized EHRs: Using NoSQL Databases. *Databases, Networked Information Systems*. DNIS 2013, LNCS 7813. 2013;182-196.
- [8] Lianas L, Frexia F, Delussu G, Anedda P, Zanetti G. pyEHR: A scalable clinical data management toolkitforbiomedicalresearchprojects. *IEEE 16th International Conference on Health Networking, Applications and Services*, Natal. 2014;370-374. DOI: 10.1109/HealthCom.2014.7001871.
- [9] Paul R, Hoque ASML. Search efficient representation of healthcare data based on the HL7 RIM. *Journal of Computers*. 2010;5(12):1810-1818. DOI: 10.4304/jcp.5.12.1810-1818
- [10] Frade S, Freire SM, Sundvall E, Patriarca-Almeida JH, Cruz-Correia R. Survey of openEHR storage implementations. *Proceedings of the 26th IEEE International Symposium on Computer-Based Medical Systems*, Porto. 2013;303-307. doi: 10.1109/CBMS.2013.6627806
- [11] Atalag K, Yang HY, Tempero E, Warren J. Model driven development of clinical information systems using openEHR. *Stud Health Technol Inform*. 2011;169:849-53. PubMed PMID: 21893867.
- [12] López-Nores M, Blanco-Fernández Y, Pazos-Arias JJ, García-Duque J. The iCabiNET system: Harnessing Electronic Health Record standards from domestic and mobile devices to support better medication adherence. *Computer Standards & Interfaces*. Jan 2012;34(1):109-116. ISSN 0920-5489. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.csi.2011.05.012>.
- [13] Osorio E, Ferreira L, Abreu R, Sousa F. Interoperability in Ambient Assisted Living using OpenEHR. *IEEE 15th International Conference on e-Health Networking, Applications & Services*. 2013;394-398. Doi: 10.1109/HealthCom.2013.6720707

- [14] Barca CC, Lagunar CM, Rodríguez JM, Quintero AM, Martins IRM, Martínez I, et al. yourEHRM: Standard-based management of your personal healthcare information. IEEE-EMBS International Conference on Biomedical and Health Informatics (BHI), Valencia. 2014;89-92. Doi: 10.1109/BHI.2014.6864311
- [15] Bahga A, Madiseti VK. A cloud-based approach for interoperable electronic health records (EHRs). IEEE J Biomed Health Inform. 2013 Sep;17(5):894-906. doi: 10.1109/JBHI.2013.2257818. PubMed PMID: 25055368.
- [16] Flemming D, Paul M, Hübner U. Building a common ground on the clinical case: design, implementation and evaluation of an information model for a Handover EHR. Stud Health Technol Inform. 2014;201:167-74. PubMed PMID: 24943540.
- [17] Li H, Duan H, Lu X, Huang Z. A clinical document repository for CDA documents. 1st International Conference on Bioinformatics and Biomedical Engineering, ICBBE, 4272764. 2007;1084-1087. DOI: 10.1109/ICBBE.2007.280.
- [18] Kropf S, Chalopin C, Denecke K. Template and Model Driven Development of Standardized Electronic Health Records. Stud Health Technol Inform. 2015;216:30-4. PubMed PMID: 26262004.
- [19] Lee KKY, Tang WC, Choi KS. Alternatives to relational database: Comparison of NoSQL and XML approaches for clinical data storage. Computer Methods and Programs in Biomedicine. 2013; April 10(1):99-109, ISSN 0169-2607. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cmpb.2012.10.018>.
- [20] Austin T, Kalra D, Lea NC, Patterson DL, Ingram D. Analysis of Clinical Record Data for Anticoagulation Management within an EHR System. Open Med Inform J. 2009 Aug 19;3:54-64. doi: 10.2174/1874431100903010054. PubMed PMID: 19738915; PubMed Central PMCID: PMC2737130.

Contato

Beatriz Proto Martins.

Estudante de mestrado do Instituto de
Informática (INF/UFG).

Alameda Palmeiras, Quadra D, Câmpus
Samambaia. CEP 74690-900 – Goiânia - GO.

Fone: (62)3521-1181 / Fax: (62)3521-1182

beatrizprotomartins@inf.ufg.br

CRIANDO UMA INFRA-ESTRUTURA WEB PARA SUPORTE A PROTOCOLOS E CONDUTAS CLÍNICAS: UM EXEMPLO EM TELEDERMATOLOGIA

Aldo von Wangenheim¹, Harley Miguel Wagner¹, Alexandre Savaris¹,
Daniel H. Nunes² e Leonardo A. Ribeiro³

¹ Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia para Convergência Digital (INCoD),
Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, Brasil

² Sistema Integrado Catarinense de Telemedicina e Telessaúde (STT/SC),
Secretaria de Estado da Saúde (SES/SC), Governo de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil

³ Instituto de Informática (INF), Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiânia, Brasil

Resumo: Este trabalho apresenta uma infra-estrutura de teledermatologia construída para prover suporte integral a protocolos e condutas clínicas, além do telediagnóstico e triagem de pacientes, apoiando tanto o profissional da atenção primária quanto o especialista no processo de atendimento ao paciente. A infra-estrutura é descrita em termos da tecnologia utilizada para sua construção e dos resultados e experiências obtidos durante sua implantação e operação, mostrando que a mesma contribui não só para a resolutividade, mas também para a melhora progressiva da qualidade técnica dos exames dermatológicos executados na atenção primária.

Palavras-chave: informática médica; assistência à saúde; protocolos clínicos; dermatologia; telemedicina.

Abstract: *This work presents a teledermatology infrastructure built to provide integral support to examination and clinical management protocols, including tele-diagnostic and patient triage, supporting both the primary care physician and the specialist during the patient care process. The infrastructure is described in terms of the adopted technology and in terms of results obtained during its deployment and operation, showing that it contributes not only to the case-resolving capacity, but also to the progressive improvement of the technical quality of dermatological examinations in the primary healthcare.*

Keywords: *medical informatics; delivery of health care; clinical protocols; dermatology; telemedicine.*

Introdução

A telemedicina é uma opção utilizada na oferta de serviços de dermatologia, especialmente em locais onde esses serviços são limitados ou dificultados por impedimentos geográficos¹. Há duas formas principais de se oferecer serviços de teledermatologia²: uma utiliza a telemedicina síncrona baseada em videoconferência, provendo comunicação em tempo real entre paciente e dermatologista^{3,4}; a outra utiliza a telemedicina assíncrona, onde são adquiridas imagens digitais de lesões suspeitas em uma unidade de atenção primária com o posterior envio das mesmas a um especialista para análise¹. A teledermatologia assíncrona costuma prover acurácia e flexibilidade suficientes^{5,6,7}, sendo base para experiências recentes¹.

Trabalhos voltados à facilitação e organização do fluxo de pacientes utilizando teledermatologia focam primordialmente nos aspectos pontuais da triagem e dos custos, deixando de lado aspectos de

impacto mais global no processo de atenção dermatológica como a criação de protocolos e ferramentas específicas^{8,9}. Em função, porém, do grande número de patologias dermatológicas, de sua variabilidade clínica e temporal e da dificuldade na padronização da documentação de exames através de imagens fotográficas, a criação de protocolos específicos e ferramentas adequadas para possibilitar o diagnóstico remoto em dermatologia é de grande importância¹⁰.

O Estado de Santa Catarina, em função de sua composição demográfica, apresenta no câncer de pele uma patologia com taxas de morbidade de alta relevância epidemiológica. Em 2006, segundo o Instituto Nacional do Câncer, em SC mais de 40% dos novos casos de câncer diagnosticados ocorreram na forma de neoplasias de pele¹¹. A estimativa de neoplasias de pele em SC para 2016 é de 160 novos casos para cada 100.000 habitantes¹². Por outro lado, o Estado possui uma rede de telemedicina assíncrona em larga escala que cobre 100% de sua área e que tem operado ininterruptamente há 11 anos, integrando atenção primária, secundária e terciária em um único sistema, o Sistema Integrado Catarinense de Telemedicina e Telessaúde (STT/SC)^{13,14,15}. Esta situação motivou o desenvolvimento de um modelo de teledermatologia capaz de integrar à telemedicina todo o processo de atenção dermatológica.

Objetivos

O presente trabalho descreve o desenvolvimento e a implementação de uma infraestrutura de teledermatologia voltada não apenas ao telediagnóstico ou à triagem de pacientes, mas também ao provimento de suporte integral a todo um conjunto de protocolos e condutas clínicas, apoiando tanto o profissional da atenção primária quanto o especialista no processo de emissão de laudos, complementados com classificações de risco e condutas clínicas. Para isso, foram definidos dois objetivos principais:

- definição de metodologias e processos, incluindo a formalização de protocolos e estratégias de descrição de achados e o desenvolvimento de programas de capacitação das equipes para realização dos exames e também para a estruturação do serviço no âmbito da atenção básica no município;
- desenvolvimento de uma infraestrutura tecnológica para suporte específico ao processo de apoio ao diagnóstico dermatológico.

Este artigo dá foco às questões tecnológicas, incluindo àquelas relacionadas à capacitação para operação de novas tecnologias e as questões referentes à implementação de um *framework* para suporte aos protocolos desenvolvidos.

Protocolos e condutas clínicas – dividem-se em dois grupos:

- protocolos de aquisição de imagens para suspeitas de câncer de pele, psoríase, hanseníase e outras dermatoses, formalizados como um conjunto de diretrizes para a realização de registros fotográficos¹⁶;
- protocolos de encaminhamento, formalizados como um fluxo (integrado ao STT/SC), um protocolo de classificação de risco e um protocolo de conduta clínica¹⁶.

De forma conjunta, são desenvolvidas estratégias de capacitação para:

- reconhecimento de lesões elementares;
- elaboração de diagnósticos sindrômicos focando em câncer de pele, doenças pré-malignas, psoríase, hanseníase, dermatites e micoses superficiais;
- realização de procedimentos simples, como dermatoscopia de contato e aquisição de fotos panorâmicas e de aproximação.

Infraestrutura tecnológica – desenvolvida para suportar o processo, incluindo:

- um módulo de teledermatologia *web* integrado ao STT/SC capaz de formalizar e dar suporte ao fluxo definido¹⁶;

- ferramentas *web* para aquisição e registro de consultas dermatológicas integradas ao STT/SC e aderentes aos protocolos definidos¹⁶;
- um modelo de laudos estruturados dermatológicos aderentes aos protocolos definidos¹⁶, capaz de prover suporte aos protocolos e de induzir a padronização da descrição de lesões;
- vocabulários controlados para serem utilizados com o modelo de laudo estruturado, objetivando a padronização da descrição de lesões e facilitando a indexação de laudos e a geração de dados epidemiológicos detalhados.

Método

O processo de teledermatologia elaborado foi aprovado pela Comissão Intergestores Bipartite de SC (CIB/SC), que em sua 179ª reunião ordinária em 22/08/2013 aprovou “a utilização do Telediagnóstico em Dermatologia para classificação de risco e regulação dos pacientes para a especialidade Dermatologia”¹⁶ e definiu que os instrumentos para regulação da dermatologia via telemedicina são: (i) fluxo, (ii) protocolo de classificação de risco, (iii) protocolo de conduta, (iv) protocolo de realização do registro fotográfico e (v) formulário eletrônico para solicitação de exames dermatológicos. Todos foram implementados através do STT/SC. Para operacionalizar a teledermatologia, foram seguidos, em paralelo, dois caminhos.

Capacitação das equipes para operação de novas tecnologias – um primeiro piloto realizado em 2007 deixou claro que não bastava a disponibilização de novas tecnologias para aquisição de exames dermatológicos; era necessária a capacitação tanto das equipes das Unidades Básicas de Saúde (UBS) e policlínicas quanto dos médicos laudadores para operação das ferramentas de *software* e de aquisição de exames. Assim, os quatro protocolos de aquisição de imagens foram traduzidos em descrições compreensíveis e didáticas na forma de manuais, disponibilizados eletronicamente^{17,18}. O mesmo ocorreu com os protocolos de classificação de risco e conduta¹⁹. Esse material (Figura 1) foi utilizado para capacitações *in loco* das equipes envolvidas, desde treinamento na operação da plataforma de *software* até a realização de treinamentos em fotografia dermatoscópica. O material é constantemente revisado e hoje encontra-se em sua 3ª edição²⁰.

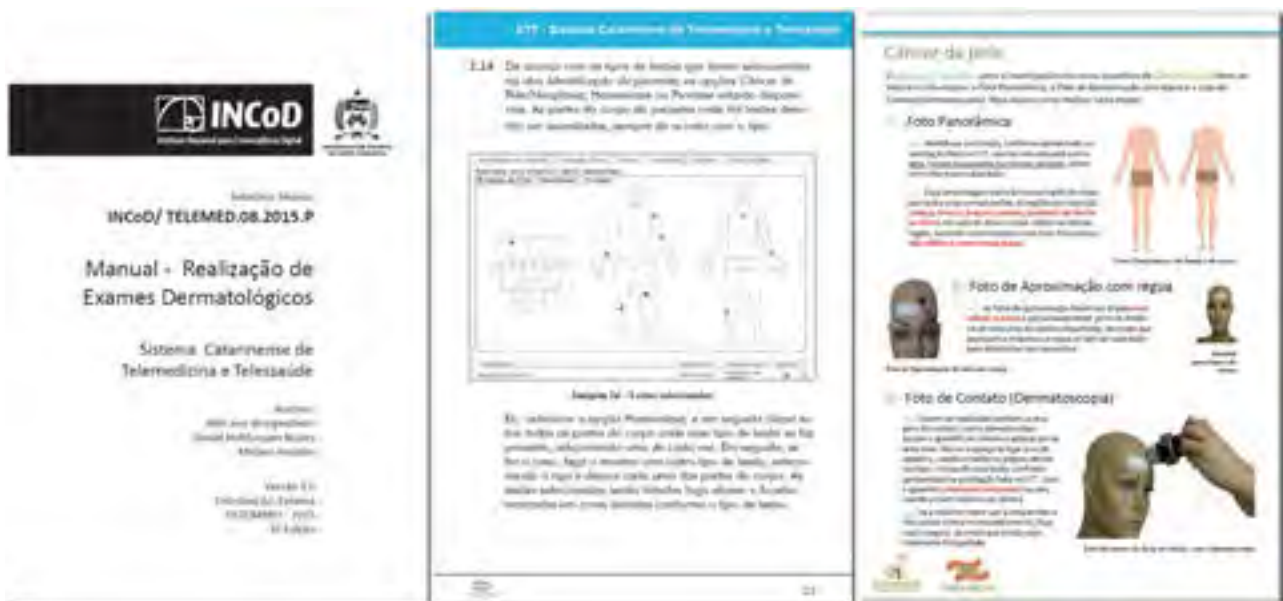


Figura 1: Páginas do material de suporte^{17,18}.

Desenvolvimento de infraestrutura tecnológica aderente aos protocolos – a Figura 2 exibe o fluxo básico da teledermatologia como implementado neste trabalho: a solicitação de exame é realizada na UBS via formulário eletrônico e ali mesmo (ou em uma UBS próxima) é realizado o exame, guiado pelo sistema seguindo um dos quatro protocolos de aquisição. O laudo é provido por um dermatologista do STT/SC em até 72h, o qual, além do laudo, insere a classificação de risco e dá encaminhamento. O encaminhamento é regulado no Sistema de Regulação do SUS (SISREG) diretamente a partir dos dados no sistema.

O processo de consulta e aquisição de exames é integrado ao STT/SC e alinhado aos protocolos definidos¹⁶. Neste ambiente, o médico da UBS pode selecionar indicações clínicas e uma ou mais hipóteses diagnósticas. Com base nessa(s) hipótese(s) diagnóstica(s) o sistema seleciona automaticamente um ou mais protocolos de aquisição de imagens, que são apresentados ao técnico na subseqüente realização do exame dermatoscópico. A Figura 3 mostra algumas etapas dos protocolos de solicitação e de aquisição dos exames dermatológicos. Todo o processo de aquisição e envio de imagens é guiado e suportado pelo sistema.

Para prover suporte aos protocolos definidos¹⁶ e induzir a padronização da descrição de lesões, foi adotado o laudo estruturado no padrão DICOM *Structured Report* (DICOM SR), da mesma forma como é utilizado em outras especialidades do STT/SC²¹. Uma interface para auxílio ao preenchimento semiautomatizado do laudo conduz o médico laudador passo-a-passo por quatro etapas: laudo textual, descritores, classificação de risco + dermatose e geração do laudo. O processo de construção do laudo é complexo e uma descrição de suas etapas extrapolaria o escopo deste artigo. A descrição detalhada do fluxo de preenchimento do laudo pode ser vista no manual do laudador de exames dermatológicos¹⁹. A renderização textual de um laudo, incluindo a sugestão de conduta clínica incluída pelo sistema, pode ser vista na Figura 4.

Para facilitar a leitura, o laudo é formatado como texto corrido (vide Figura 4), mas é preenchido seguindo um gabarito (SR *template*) onde os campos possuem semântica controlada. Cada campo é uma tripla <tipo, semântica, domínio>, onde o domínio é um subconjunto definido de um vocabulário controlado e pode conter apenas um conjunto de valores predefinidos. Para uso com o laudo estruturado dermatológico, foram escolhidos dois vocabulários controlados já em uso no STT/SC²¹: Descritores em Ciências da Saúde (DeCS) e Classificação Estatística Internacional de Doenças e Problemas Relacionados com a Saúde (CID-10). Estes são complementados com um vocabulário controlado de qualificadores específicos para descrição detalhada de lesões¹⁹, desenvolvido com base na nomenclatura da ILDS (*International League of Dermatological Societies*)²².



Figura 2: Fluxo¹⁶ implementado no STT/SC mostrando papéis do paciente, médico da UBS, técnico e dermatologista.

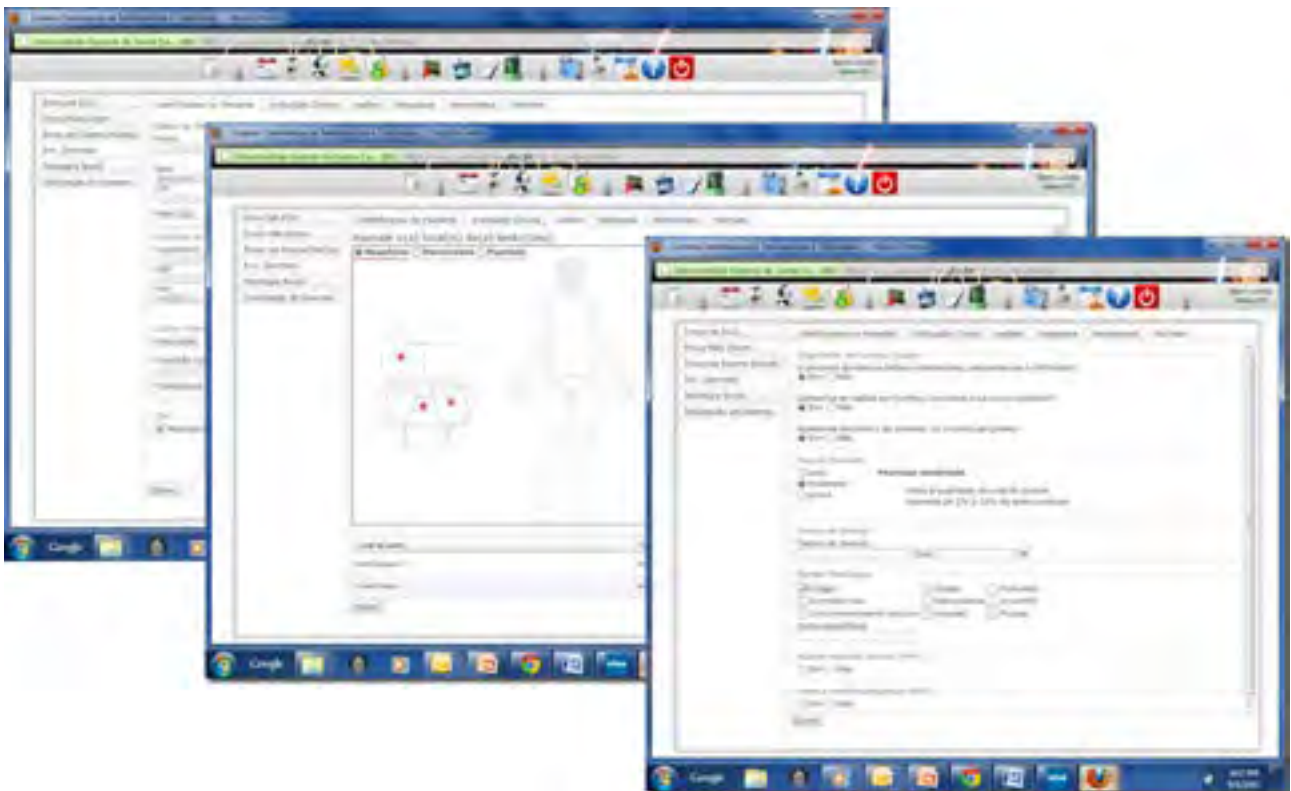


Figura 3: Exemplo de telas do sistema que suportam o fluxo¹⁶ implementado no STT/SC.



Figura 4: Laudo de dermatologia em DICOM SR renderizado para visualização.

Resultados

Para a validação inicial dos protocolos desenvolvidos, foi realizado um estudo transversal através da análise observacional de 333 solicitações de exames dermatológicos realizadas via sistema entre janeiro/2012 e julho/2012¹⁰. Nesse estudo, 44,74% (149) dos exames foram considerados inválidos, geralmente por aquisição inadequada das imagens ou emprego do protocolo incorreto. Dos 184 exames válidos, 53 apresentaram lesões compatíveis com neoplasias (27,62%) (36 carcinomas basocelulares (19,56%), 13 carcinomas espinocelulares (7,06%) e quatro melanomas (2,17%)). Cento e trinta e uma lesões foram consideradas não compatíveis com câncer de pele, indicando que 72,37% dos pacientes puderam ser atendidos localmente seguindo o protocolo e não tiveram de se deslocar.

Em abril de 2016 a tele dermatologia havia sido implantada em 273 pontos de atendimento distribuídos em 256 municípios, e já havia possibilitado a realização de um total de 23.371 exames dos quais apenas 3.618 (15,4%) foram invalidados. Dos exames válidos realizados até abril/2016 (19.753), apenas 3.571 (18%) foram considerados como mostrando lesão compatível com neoplasias e encaminhados. A tabela da Figura 5 mostra os exames realizados de 01/01/2013 até 30/04/2016.

Ano		2013	2014	2015	2016
Exames	Total	1.263	5.686	12.803	3.619
	% Inválidos	30,09%	25,82%	11,74%	7,38%
Motivo da solicitação de encaminhamento (hipótese diagnóstica da UBS)	Neoplasia	674	2.288	5.209	1.467
	Hanseníase	37	61	96	17
	Psoríase	144	328	825	156
	Outras dermatoses	89	1.541	5.170	1.677
Diagnósticos dermatológicos confirmados	Neoplasia	188	839	1927	617
	Hanseníase	8	22	31	6
	Psoríase	82	216	617	147
Performance das solicitações de encaminhamentos das UBS	Sensibilidade	94,56%	92,53%	90,22%	86,71%
	Especificidade	47,60%	50,00%	50,00%	50,34%
	Valor Preditivo Positivo	29,45%	25,53%	22,79%	23,21%
	Valor Preditivo Negativo	97,42%	97,30%	96,90%	95,63%

Figura 5: Encaminhamentos para a teledermatologia no período de 03/2013 a 04/2016.

Discussão e trabalhos futuros

O atendimento em dermatologia, em especial quando ocorre a suspeita de neoplasias, é um processo que envolve especialidades e onde o acesso ao especialista deve ser facilitado e focado. O objetivo do presente trabalho foi o de descrever estratégias para potencializar a resolutividade oferecendo, de forma integrada, instrumentos metodológicos e tecnológicos capazes de, de uma forma simples e fácil de usar, reforçar a aderência a protocolos e condutas clínicas, auxiliando a identificação e solução de situações que possuem resolutividade a nível de atenção básica e agilizando o encaminhamento de situações que necessitam ser resolvidas na atenção secundária ou terciária.

O estudo de validação inicial¹⁰ indicou a necessidade da realização de capacitações na aquisição de exames. A redução da taxa de exames inválidos de 44,74% para uma taxa global de 15,4%, apesar da expansão contínua dos pontos de atendimento, mostra que as iniciativas de capacitação estão surtindo efeito e que a qualidade geral dos exames tem melhorado. Se forem considerados apenas os exames realizados em 2016, essa taxa de invalidação se reduz a 7,38% dos exames, o que corrobora ainda mais essa conclusão e indica que a melhoria da qualidade técnica é progressiva.

A taxa de encaminhamentos para a atenção secundária e terciária por suspeita de neoplasia tem se mantido constante (< 20% das consultas dermatológicas nas UBS) e mostra que o sistema é um enorme auxiliar no incremento da resolutividade na atenção primária e na agilidade do processo de aplicação de protocolos e condutas clínicas, reduzindo as filas na atenção secundária e terciária.

A codificação de achados dermatológicos como laudos estruturados no padrão DICOM SR, um padrão de codificação da área da radiologia, parece uma escolha estranha para dermatologia. DICOM SR apresenta, porém, várias vantagens em relação a outras alternativas: (a) compatível com praticamente todos os bancos de dados de imagens médicas e servidores de imagens médicas; (b) permite o armazenamento conjunto de dados de imagem e laudo em um único repositório DICOM, sem distribuir laudos e imagens em diferentes locais; (c) suporta o emprego e referência de múltiplos vocabulários controlados no mesmo laudo, permitindo a integração de termos com semântica controlada provenientes de diversas fontes em um mesmo documento eletrônico; (d) empregando uma descrição de achados baseada quase que exclusivamente em vocabulários controlados (apenas o campo

comentário é texto livre), permite a atualização automatizada de dados epidemiológicos em tempo real e (e) permite a integração do serviço de teledermatologia aos demais serviços do STT/SC, como por exemplo telerradiologia e telecardiologia, utilizando um único repositório integrado de dados de exames, criando uma visão centrada no paciente e não nos dados. Um indicativo da aplicabilidade do padrão DICOM SR a outras áreas que não a radiologia é o fato de que o serviço de telecardiologia do STT/SC vem empregando o padrão há mais de cinco anos com extremo sucesso, com mais de um milhão de exames de telecardiologia realizados^{20,21}. O uso de DICOM SR em dermatologia não é um fator limitador, mas sim uma inovação que apresenta vantagens. Como o laudo é renderizado na forma de texto em tela (vide Figura 4), ele pode ser impresso ou copiado e colado em outros documentos, se necessário. DICOM SR pode também ser transcodificado para mensagens no padrão HL7 (*Health Level Seven*).

No momento a teledermatologia do STT/SC está sendo integrada ao subsistema de teleconsultorias do núcleo de Telessaúde de Santa Catarina, conforme mostra a Figura 6. O objetivo é integrar o processo de apoio às condutas clínicas em dermatologia ao serviço de telessaúde de SC, disponibilizando uma rede de apoio ao profissional que trata dos casos que não são encaminhados. O sistema está em fase experimental desde março/2015 e até o momento foram realizadas 721 teleconsultorias de conduta clínica em dermatologia.



Figura 6: Sistema de gestão de teleconsultorias no módulo de Telessaúde do STT/SC e indicação de conduta clínica para um caso de dermatologia.

Agradecimentos

Este trabalho teve o apoio da Secretaria de Estado da Saúde de Santa Catarina - SES/SC, do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq e da Fundação de Amparo à Pesquisa de Santa Catarina - FAPESC.

Referências

- [1] Lasierra N, Alesanco A, Gilaberte Y, Magallón, R, García J. Lessons learned after a three-year store and forward teledermatology experience using internet: Strengths and limitations. *Int J Med Inform.* 2012;81(5):332–343.
- [2] Whited JD. Teledermatology research review. *Int J Dermatol.* 2006;45(3):220–229.
- [3] Bergmo TS. A cost-minimization analysis of a realtime teledermatology service in northern Norway. *J Telemed Telecare.* 2000;6(5):273–277.
- [4] Lamminen H, Tuomi ML, Lamminen J, Uusitalo A. A feasibility study of realtime teledermatology in Finland. *J Telemed Telecare.* 2000;6(2):102–107.
- [5] Du Molin MFMT, Bullens-Goessens YIJM, Henquet CJM, Brunenberg DEM, de Brun-Geraerds DP, Winkens RAG, et al. The reliability of diagnosis using store-and-forward teledermatology. *J Telemed Telecare.* 2003;9(5):249–252.
- [6] High WA, Houston MS, Calobrisi SD, Drage LA, McEvoy MT. Assessment of the accuracy of low-cost store-and-forward teledermatology consultation. *J Am Acad Dermatol.* 2000;42(5, Part 1):776 – 783.
- [7] Heffner VA, Lyon VB, Brousseau DC, Holland KE, Yen K. Store-and-forward teledermatology versus in-person visits: A comparison in pediatric teledermatology clinic. *J Am Acad Dermatol.* 2008;60(6):956–961.
- [8] Landow SM, Mateus A, Korgavkar K, Nightingale D, Weinstock MA. Teledermatology: Key factors associated with reducing face-to-face dermatology visits. *J Am Acad Dermatol.* 2014;71(3):570–576.
- [9] Datta SK, Warshaw EM, Edison KE, Kapur K, Thottapurathu L, Moritz TE, et al. Cost and utility analysis of a store-and-forward teledermatology referral system: A randomized clinical trial. *JAMA Dermatol.* 2015;151(12):1323–1329.
- [10] Piccoli MF, Amorim BDAB, Wagner HM, Nunes DH. Teledermatology protocol for screening of skin cancer. *Anais Brasileiros de Dermatologia.* 2015;90:202–210.
- [11] INCA (2006) “Estimativa mínima de neoplasias de pele no Estado de Santa Catarina”. Disponível em http://www.inca.gov.br/conteudo_view.asp?id=333. Acesso em 03 mai. 2016.
- [12] INCA (2016) “Estimativa de neoplasias de pele no Estado de Santa Catarina”. Disponível em <http://www.inca.gov.br/estimativa/2016/tabelaestados.asp?UF=SC>. Acesso em 20 mar. 2016.
- [13] Maia RS, von Wangenheim A, Nobre LF. (2006) “A statewide telemedicine network for public health in Brazil”, In: *Proceedings of the IEEE 19th International Symposium on Computer-Based Medical Systems*, 22-23 jun. Disponível em <http://ieeexplore.ieee.org/document/1647619/>. Acesso em 20 mar. 2016.
- [14] Wallauer J, Macedo D, Andrade R, von Wangenheim A. Building a national telemedicine network. *IT Prof.* 2008;10:12–17.
- [15] Sistema Integrado Catarinense de Telemedicina e Telessaúde (STT/SC) (2016). Disponível em <http://telemedicina.saude.sc.gov.br/>. Acesso em 20 mar. 2016.
- [16] CIB/SC (2013) “Deliberação 366/cib/13”. Disponível em http://portalses.saude.sc.gov.br/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=7285&Itemid=128. Acesso em 20 mar. 2016.
- [17] von Wangenheim A, Nunes DH, dos Santos MIA, Wagner HM. Manual – Realização de Exames Dermatológicos v.3 – Sistema Catarinense de Telemedicina e Telessaúde. Technical Report INCoD/TELEMED. 2015;08.2015.P, INCoD/UFSC.
- [18] von Wangenheim A, Nunes DH, dos Santos MIA, Wagner HM. Manual – Registro fotográfico detalhado para exames dermatológicos v.3 – Sistema Catarinense de Telemedicina e Telessaúde. Technical Report INCoD/TELEMED. 2015;10.2015.P, INCoD/UFSC.

- [19] von Wangenheim A, Nunes DH, dos Santos MIA, Wagner HM. Manual – Laudador de Exames Dermatológicos v.3 – Sistema Catarinense de Telemedicina e Telessaúde. Technical Report INCoD/TELEMED. 2015;09.2015.P, INCoD/UFSC.
- [20] Sistema Catarinense de Telemedicina e Telessaúde (2016) “Manuais ISSN 2236–5281”. Disponível em <http://site.telemedicina.ufsc.br/publicacoes/manuais>. Acesso em 20 mar. 2016.
- [21] Lacerda TC, von Wangenheim CG, von Wangenheim A, Giuliano I. Does the use of structured reporting improve usability? A comparative evaluation of the usability of two approaches for findings reporting in a large-scale telecardiology context. J Biom Inform. 2014;52:222–230.
- [22] ILDS Committee on Nomenclature (2014) “International League of Dermatological Societies - Nomenclature for the Description of Cutaneous Lesions”. Disponível em http://web.ilds.org/ILDS/media/ILDS/Downloads/2014/ILDS_-Nomenclature_Cutaneus_Lesions_.pdf. Acesso em 20 mar. 2016.

Contato

Aldo von Wangenheim
Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia para
Convergência Digital – INCoD
Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC
Campus João David Ferreira Lima – Trindade
Departamento de Informática e Estatística –
Sala 320
Florianópolis/SC – 88.040-970
+55 48 3721 4715
aldo.vw@ufsc.br

AVALIAÇÃO COMPUTADORIZADA DE SACROILIÍTE EM IMAGENS DE RESSONÂNCIA MAGNÉTICA

Matheus Calil Faleiros¹, José Raniery Ferreira Junior², Vitor Faeda Dalto³, Marcello Henrique Nogueira-Barbosa³, Paulo Mazzoncini de Azevedo-Marques³

¹Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto (FFCLRP) e Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto (FMRP) da Universidade de São Paulo (USP).

²Escola de Engenharia de São Carlos (EESC), Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto (FMRP) e Instituto de Química de São Carlos (IQSC) da Universidade de São Paulo (USP).

³Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto (FMRP) da Universidade de São Paulo (USP).

Resumo: Objetivos: avaliar e classificar a atividade inflamatória nas articulações sacroilíacas de pacientes com espondiloartrite em imagens de ressonância magnética, utilizando atributos de textura e de histograma de níveis de cinza. Métodos: imagens de 51 pacientes foram avaliadas retrospectivamente e segmentadas manualmente por um radiologista. Trinta e nove atributos de brilho e de textura foram utilizados para caracterizar a presença ou ausência de processo inflamatório. A classificação foi realizada utilizando-se diferentes classificadores e avaliada por um método de validação cruzada com 10-fold. Resultados: uma rede neural multicamadas, utilizando o conjunto total de atributos, alcançou o melhor desempenho no estudo, obtendo 0,915 de área sob a curva ROC, 0,864 de sensibilidade e 0,724 de especificidade. Conclusões: o processamento computadorizado implementado possui bom potencial como base para o desenvolvimento de uma ferramenta de auxílio ao diagnóstico de processo inflamatório de articulações sacroilíacas de pacientes com espondiloartrites.

Palavras-chave: Processamento de Imagem Assistida por Computador; Inflamação; Reumatologia.

Abstract: Goals: to evaluate and classify the inflammatory process in sacroiliac joints of patients with spondyloarthritis in magnetic resonance imaging using attributes of texture and gray-level histogram. Methods: images from 51 patients were retrospectively evaluated and manually segmented by a radiologist. Thirty nine attributes of histogram and texture were used to characterize the presence or absence of the inflammatory process. Classification was performed by several classifiers and evaluated with a 10-fold cross-validation. Results: a multilayer neural network and all extracted attributes obtained highest diagnostic performance in the study with 0.915 of area under the ROC curve, 0.864 of sensitivity and 0.724 of specificity. Conclusions: the implemented computerized processing presents good potential as a starting point for the development of a tool to aid the diagnosis of inflammatory process of sacroiliac joints of patients with spondyloarthritis.

Keywords: Computer-Assisted Image Processing; Inflammation; Rheumatology.

Introdução

As espondiloartrites (EpA) são um grupo de doenças inflamatórias crônicas com alta prevalência e que apresentam características clínicas e radiológicas comuns. As EpA acometem predominantemente jovens, com início médio dos sintomas aos 31 anos com forte potencial de morbidade e impacto socioeconômico, causando comprometimento de coluna vertebral, esqueleto apendicular e em especial das articulações sacroilíacas. A avaliação e monitoramento das espondiloartrites apresenta dificuldade na prática diária, em decorrência da variabilidade de apresentações clínicas².

Os exames de imagem apresentam fundamental importância na avaliação desses pacientes, sendo a ressonância magnética (RM) o método mais sensível para diagnóstico precoce. A RM é capaz de

detectar edema ósseo nas articulações sacroilíacas (Figura 1), sendo esse achado um dos critérios diagnósticos mais importantes dos protocolos clínicos atuais³. Porém, a avaliação radiológica visual desarmada das articulações sacroilíacas ainda pode apresentar desafios aos especialistas, além de possíveis variações intra- e inter-pessoal na interpretação das imagens. Para uniformizar a descrição dos achados, avaliações semi-quantitativas, como a proposta pela iniciativa SPARCC4 (Spondyloarthritis Research Consortium of Canada), foram estabelecidas. Porém, elas ainda apresentam significativa variabilidade interobservador e grau elevado de complexidade para uso na rotina clínica.

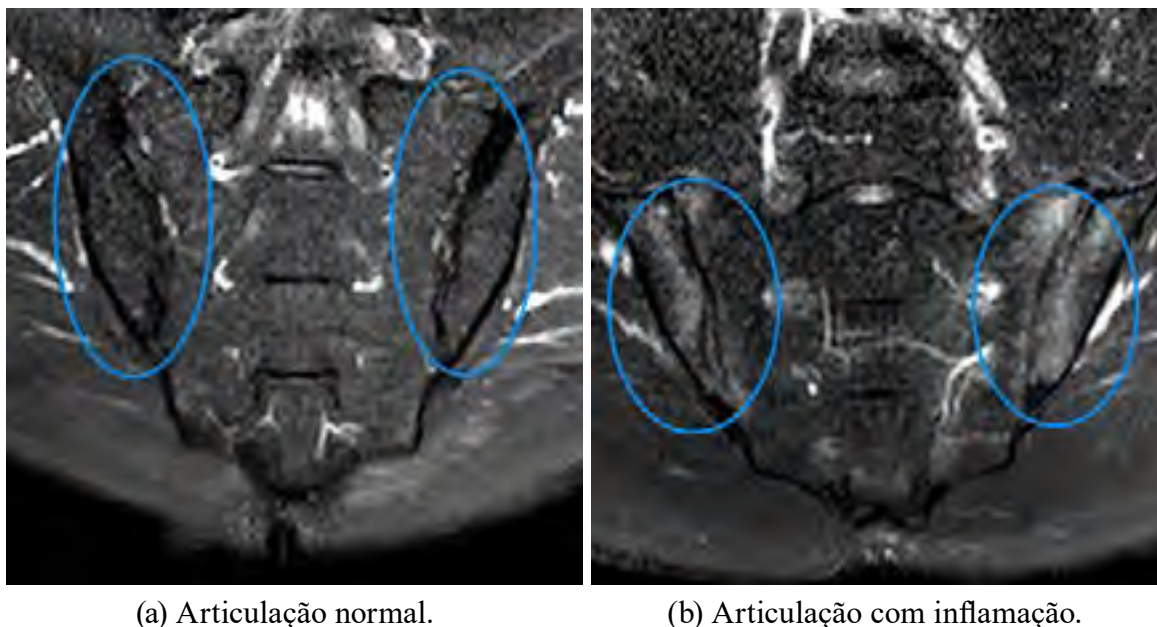


Figura 1 - Exemplos de imagens de ressonância magnética apresentando articulações sacroilíacas (elipse azul) normal (Figura (a)) e com inflamação (Figura (b)). Pode-se observar o aumento do sinal (maior brilho) ao redor das superfícies articulares das articulações sacroilíacas apresentadas na Figura (b) em relação à Figura (a).

Nesse contexto, o objetivo do trabalho aqui apresentado foi estabelecer um procedimento de classificação computadorizada das articulações sacroilíacas, baseado em atributos quantitativos extraídos de imagens de RM, com o objetivo de auxiliar o diagnóstico das EpA. Segundo nosso conhecimento, até o presente momento não encontramos na literatura trabalhos que classifiquem as articulações em positivas e negativas para inflamação de forma semi-automática, conforme aqui apresentado.

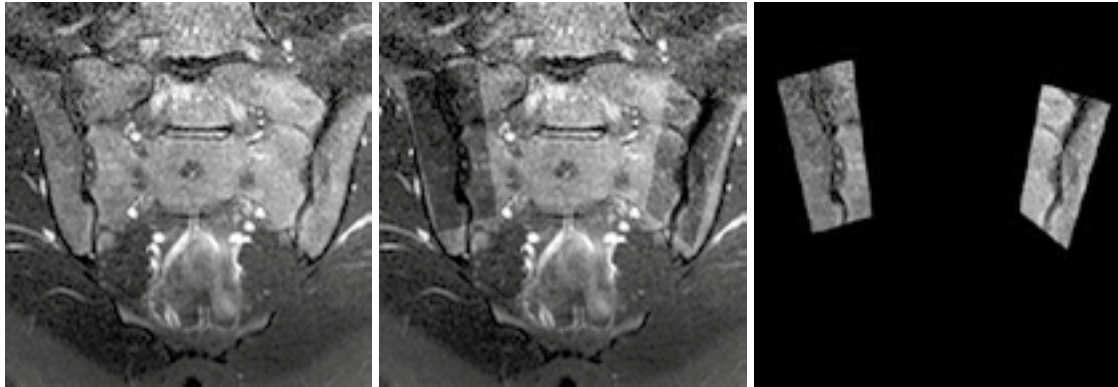
O restante do artigo está organizado como segue: na Seção Métodos, são apresentados os métodos utilizados no desenvolvimento do trabalho, como a aquisição e pré-processamento das imagens de RM, a segmentação das articulações sacroilíacas, a extração dos atributos quantitativos das imagens e os classificadores utilizados. Na Seção Resultados, os resultados obtidos são apresentados e avaliados. Na seção Discussão. Por fim, o artigo é concluído na Seção 4 e os agradecimentos e referências apresentados nas Seções 5 e 6, respectivamente.

Métodos

Aquisição, Pré-processamento e Segmentação das Imagens – Foram utilizadas imagens de 51 pacientes, sendo que 22 destes casos foram classificados como positivos para sacroiliíte e os demais 29 negativos, de acordo com os critérios diagnósticos para RM do ASAS5 (Assessment of SpondyloArthritis international Society). As imagens foram obtidas em aparelho de 1.5T (Achieva, Philips

Medical Systems) usando a bobina de coluna, com os pacientes em decúbito dorsal. A sequência obtida para análise foi coronal ponderada em T2 com saturação de gordura (SPAIR) com seguintes parâmetros técnicos: TE: 60ms, TR: range 1500-3000ms, espessura de corte de 4mm e matriz de 148 x 127, totalizando um tempo de aquisição de 3:28min para cada paciente. Foram utilizados seis cortes consecutivos dessas sequências para cada paciente.

Um radiologista especialista em sistema musculoesquelético realizou a segmentação manual das articulações sacroilíacas (Figura 2). Foram identificadas e marcadas com um quadrilátero as articulações esquerda e direita de cada paciente. As regiões contendo as articulações foram inseridas em um fundo preto. O processo de segmentação manual foi realizado com a ferramenta Adobe Photoshop CC.



(a) Imagem original. (b) Marcação do radiologista. (c) Imagem segmentada.

Figura 2 – Processo de segmentação manual das articulações sacroilíacas.

Extração de Atributos das Imagens – O processo de extração de atributos foi realizado nas 6 imagens de RM segmentadas para cada paciente. Trinta e nove atributos foram extraídos de cada imagem, sendo 7 relativos ao histograma de níveis de cinza e 32 de textura. Cada paciente foi caracterizado por um vetor de atributos de 234 dimensões (6 imagens x 39 atributos). Dos 32 atributos de textura, 14 foram propostos por Haralick et al.6 e 18 por Tamura et al.7.

O histograma de nível de cinza representa a frequência de ocorrência de cada nível de cinza dentro da imagem estudada. Os atributos extraídos dos histogramas de níveis de cinza utilizados neste trabalho foram:

$$\text{Média } (\mu) = \sum_i^n \sum_j^m \frac{P(i,j)}{m \times n} \quad (1)$$

$$\text{Desvio Padrão } (dp) = \sqrt{\frac{\sum (P(i,j) - \mu)^2}{(m \times n) - 1}} \quad (2)$$

$$\text{Assimetria} = \frac{N}{(N-1)(N-2)} \sum \left(\frac{P(i,j) - \mu}{dp} \right)^3, \quad (3)$$

$$\text{Kurtosis} = \left[\frac{N(N+1)}{(N-1)(N-2)(N-3)} \sum \left(\frac{P(i,j) - \mu}{dp} \right)^4 \right] - \frac{3(N-1)^2}{(N-2)(N-3)} \quad (4)$$

$$\text{Variância} = dp^2,$$

$$\text{Coeficiente de Desvio} = \frac{dp}{\mu} \quad (5)$$

$$\text{Máximo} = \text{Max}[P(i,j)] \quad (6)$$

onde m e n se referem, respectivamente, ao número de linhas e número de colunas da imagem $P(i,j)$ é o nível de cinza do *pixel* no ponto (i,j) .

Os atributos de textura de Haralick foram calculados a partir da matriz de coocorrência de níveis de cinza das imagens segmentadas. A matriz de coocorrência representa a probabilidade de ocorrência de pares de *pixels* da imagem. Os atributos de textura que foram utilizados no trabalho e calculados a partir da matriz de coocorrência foram:

$$\text{Segundo momento angular} = \sum_{i,j} P^2(i,j) \quad (6)$$

$$\text{Contraste} = \sum_{i,j} |i - j|^2 P(i,j) \quad (7)$$

$$\text{Correlação} = \frac{\sum_{i,j} (ij)P(i,j) - \mu_x \mu_y}{\sigma_x \sigma_y} \quad (8)$$

$$\text{Variância}(v) = \sum_{i,j} (i - \mu)^2 P(i,j) \quad (9)$$

$$\text{Momento da diferença inversa} = \sum_{i,j} \frac{1}{1+(i-j)^2} P(i,j) \quad (10)$$

$$\text{Média da soma} = \sum_i iP_{x+y}(i), \quad (11)$$

$$\text{Entropia da soma (es)} = -\sum_i P_{x+y}(i) \log(P_{x+y}(i)) \quad (12)$$

$$\text{Variância da soma} = \sum_i (i - es)^2 P_{x+y}(i) \quad (13)$$

$$\text{Entropia (e)} = -\sum_{i,j} P(i,j) \log(P(i,j)) \quad (14)$$

$$\text{Variância da diferença} = \text{v}(P_{(x-y)}) \quad (15)$$

$$\text{Entropia da diferença} = \sum_i P_{x-y}(i) \log(P_{x-y}(i)) \quad (16)$$

$$\text{MIC 1} = \frac{-\sum_{i,j} P(i,j) \log P(i,j) + \sum_{i,j} P(i,j) \log(P_x(i)P_y(j))}{\max\{\sigma_x, \sigma_y\}} \quad (17)$$

$$\text{MIC2} = \left(1 - \exp^{-2 \sum_{i,j} P(i,j) \log P(i,j) + \sum_{i,j} P(i,j) \log(P_x(i)P_y(j))}\right)^{1/2} \quad (18)$$

$$\text{Coeficiente de correlação máxima} = \sum_{i,j} \frac{P(i,k)P(j,k)^{1/2}}{P_x(i)P_y(k)} \quad (19)$$

em que MIC é a medida de informação de correlação, $P(i,j)$ é o elemento na matriz de coocorrência, μ_x, μ_y são as médias, σ_x, σ_y são os desvios padrões, x, y são as dimensões da imagem e i, j é o par de nível de cinza.

Segundo Tamura, Mori e Yamawaki⁷, os atributos de Tamura correspondem a percepção visual humana e fornecem uma descrição da textura da imagem diferente da proposta por Haralick et al. As características de Tamura utilizadas no trabalho foram contraste, granularidade e direcionalidade, sendo esta última subdividida em 16 atributos, de acordo com as equações abaixo:

$$\text{Contraste} = \sum_n n^2 (\sum_{i,j} P(i,j)) \quad (20)$$

$$\text{Granularidade} = \frac{1}{m \cdot n} \sum_i^m \sum_j^n S_{best}(i,j) \quad (21)$$

$$\text{Direcionalidade} = H_d(k) = \frac{N_o(k)}{\sum_{i=0}^{n-1} N_o(i)} \quad (22)$$

onde $P(i,j)$ é a (i,j) -tésima entrada da matriz de níveis de cinza, m e n em Granularidade são as dimensões da imagens e $S_{best}(i,j)$ é o maior tamanho de vizinhança que dê o maior valor de saída na diferença média de pares opostos e em Direcionalidade $N_o(k)$ é o numero de pontos em $(2k-1)\pi/2n \leq \theta \leq (2k+1)/2n$ e $n = 16$. Todos os atributos foram extraídos pela biblioteca JFeatureLib⁸, baseada no projeto Lucene Image Retrieval (LIRE)⁹, com a linguagem de programação Java.

Classificação das Imagens e Avaliação Diagnóstica – Para realizar a classificação dos exames, foram utilizados métodos clássicos de aprendizado de máquina: *k-nearest neighbors* (KNN), *naive bayes* (NB), *multilayer perceptron* (MLP), árvore de decisão J48 e *random forest* (RF). Os classificadores estão implementados na ferramenta *open source* de mineração de dados Weka¹⁰ e podem ser descritos como se segue:

KNN: também conhecido como algoritmo de aprendizado baseado em instância, o KNN escolhe a classe predominante entre os k vizinhos mais próximos para classificar uma instância de teste com classe desconhecida. O valor de k usado nos experimentos variou de 1 a 5;

NB: classificador probabilístico baseado no teorema de Bayes;

MLP: rede neural multicamadas, onde cada camada é um classificador linear. O MLP utilizou uma taxa de aprendizado de 0,3 e termo de momento de 0,2;

J48: árvore de decisão que seleciona os atributos mais descritivos para classificação. O J48 é a implementação em Java da árvore de decisão C4,5 e utilizou fator de confiança 0,25;

RF: constrói uma floresta de árvores de decisão geradas aleatoriamente. Nos experimentos, o RF utilizou 100 árvores e 8 atributos aleatoriamente.

A classificação foi realizada com uma validação cruzada estratificada 10-*fold* pelo software Weka. A precisão diagnóstica dos classificadores foi avaliada pela área sob a curva ROC (AUC - *area under the ROC curve*), sensibilidade e especificidade. Sensibilidade é a proporção de casos positivos para inflamação corretamente classificados, e especificidade é a proporção de casos negativos para inflamação corretamente classificados, de acordo com as equações:

$$\text{Sensibilidade} = \frac{VP}{VP + FN} \quad (23)$$

$$\text{Especificidade} = \frac{VN}{VN + FP} \quad (24)$$

em que VP, VN, FP e FN são os valores verdadeiro-positivos, verdadeiro-negativos, falso-positivos e falso-negativos, respectivamente.

Resultados

As Tabelas 1, 2 e 3 apresentam a AUC, sensibilidade e especificidade, respectivamente, obtidas nos experimentos para os diferentes classificadores e categorias de atributos extraídos das imagens de RM. O classificador KNN é apresentado pelo valor atribuído a k .

Tabela 1. AUC apresentada como mapa de calor e obtida por diferentes classificadores e categorias de atributos de imagens.

Classificadores	Atributos				Média ± Desvio Padrão	AUC
	Histograma	Haralick	Tamura	Todos		
k = 1	0.755	0.663	0.605	0.725	0.687 ± 0.057	0.68
k = 2	0.713	0.715	0.675	0.727	0.708 ± 0.022	0.80
k = 3	0.839	0.712	0.670	0.759	0.745 ± 0.072	0.85
k = 4	0.862	0.672	0.678	0.703	0.729 ± 0.090	0.70
k = 5	0.832	0.655	0.640	0.755	0.721 ± 0.090	0.75
NB	0.793	0.775	0.793	0.809	0.793 ± 0.014	0.80
MLP	0.697	0.710	0.871	0.915	0.798 ± 0.111	0.85
J48	0.772	0.710	0.680	0.681	0.686 ± 0.080	0.90
RF	0.812	0.704	0.763	0.783	0.766 ± 0.046	0.92
Média ± Desvio Padrão	0.786 ± 0.057	0.702 ± 0.036	0.697 ± 0.094	0.762 ± 0.070		

Tabela 2. Sensibilidade apresentada como mapa de calor e obtida por diferentes classificadores e categorias de atributos de imagens.

Classificadores	Atributos				Média ± Desvio Padrão	Sensibilidade
	Histograma	Haralick	Tamura	Todos		
k = 1	0.773	0.636	0.636	0.682	0.682 ± 0.065	0.68
k = 2	0.500	0.409	0.409	0.364	0.387 ± 0.094	0.39
k = 3	0.727	0.636	0.682	0.591	0.659 ± 0.059	0.43
k = 4	0.636	0.409	0.500	0.455	0.500 ± 0.098	0.51
k = 5	0.773	0.636	0.636	0.682	0.682 ± 0.065	0.59
NB	0.727	0.682	0.682	0.773	0.716 ± 0.044	0.67
MLP	0.682	0.682	0.818	0.854	0.761 ± 0.094	0.75
J48	0.727	0.500	0.682	0.636	0.636 ± 0.098	0.80
RF	0.636	0.545	0.545	0.500	0.557 ± 0.057	0.86
Média ± Desvio Padrão	0.687 ± 0.086	0.555 ± 0.140	0.621 ± 0.120	0.616 ± 0.158		

Tabela 3. Especificidade apresentada como mapa de calor e obtida por diferentes classificadores e categorias de atributos de imagens.

Classificadores	Atributos				Média ± Desvio Padrão	Especificidade
	Histograma	Háralick	Tamura	Todos		
k = 1	0.759	0.690	0.517	0.724	0.673 ± 0.107	0.48
k = 2	0.828	0.862	0.828	0.862	0.845 ± 0.020	0.54
k = 3	0.724	0.759	0.586	0.724	0.698 ± 0.077	0.60
k = 4	0.966	0.828	0.828	0.828	0.883 ± 0.069	0.66
k = 5	0.690	0.655	0.688	0.690	0.655 ± 0.049	0.72
NB	0.793	0.724	0.724	0.828	0.767 ± 0.052	0.78
MLP	0.690	0.724	0.828	0.724	0.741 ± 0.060	0.84
J48	0.793	0.793	0.483	0.724	0.698 ± 0.147	0.90
RF	0.793	0.793	0.793	0.828	0.802 ± 0.017	0.97
Média ± Desvio Padrão:	0.782 ± 0.085	0.759 ± 0.067	0.686 ± 0.143	0.770 ± 0.065		

De acordo com os Tabelas de 1 a 3, os 3 cenários que apresentaram melhor desempenho para auxílio ao diagnóstico foram MLP com todos os atributos combinados (0,915 de AUC, 0,864 de sensibilidade e 0,724 de especificidade), MLP com os atributos de Tamura (0,871 de AUC, 0,818 de sensibilidade e 0,828 de especificidade) e KNN com k igual a 4 e atributos de histograma (0,862 de AUC, 0,636 de sensibilidade e 0,966 de especificidade).

Discussão

Embora a MLP tenha apresentado resultados um pouco superiores, não foi verificada diferença estatisticamente significativa entre estes cenários (nível de confiança de 95%). As Figuras 3 e 4 apresentam as curvas ROC e os intervalos de confiança de sensibilidade e especificidade destes 3 cenários, respectivamente.

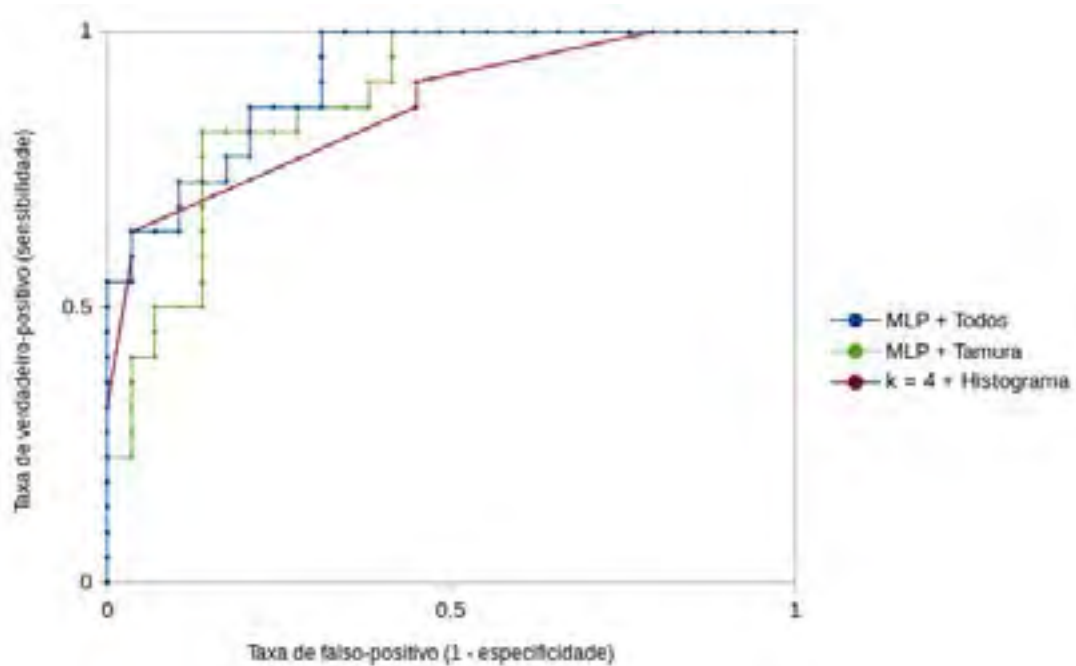


Figura 3 - Curvas ROC dos cenários que apresentaram maior performance diagnóstica.

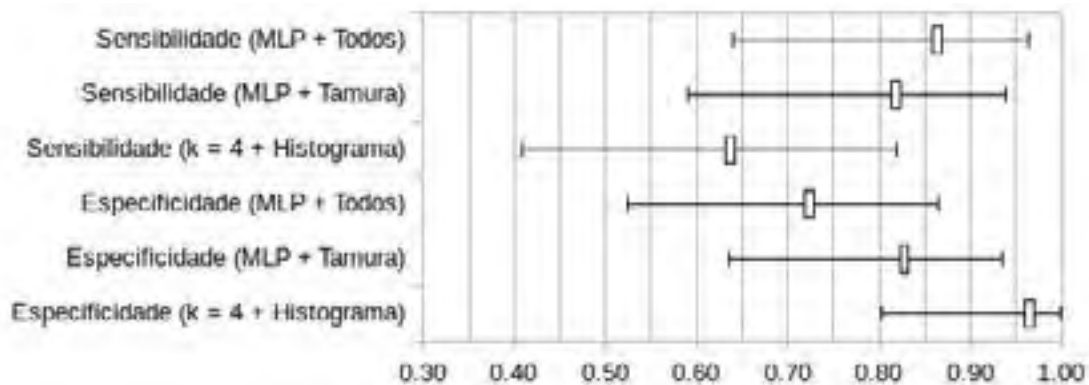


Figura 4 - Intervalos de confiança de sensibilidade e especificidade dos cenários que apresentaram melhor desempenho na tarefa diagnóstica.

Como observado nas Tabelas 1, 2 e 3, os atributos de histograma obtiveram maior estabilidade entre os classificadores, com AUC ($0,786 \pm 0,057$), sensibilidade ($0,687 \pm 0,086$) e especificidade ($0,782 \pm 0,085$), com médias superiores aos outros atributos. Além disso, o vetor de atributos de histograma representa apenas 18% do vetor completo com todos os atributos combinados, o que gera uma redução do custo computacional no processo de extração de características.

Entre os classificadores, a rede neural MLP obteve a maior performance diagnóstica com AUC e sensibilidade médias de $0,798 \pm 0,111$ e $0,761 \pm 0,094$, respectivamente. A maior especificidade foi obtida pelo KNN ($k = 4$) e valor médio de $0,863 \pm 0,069$.

Apesar da classificação com MLP e todos os atributos combinados ter obtido a maior performance diagnóstica entre todos os cenários, ela apresentou alto custo computacional para treinar o modelo de classificação dos casos (uma média de 12 segundos por *fold* e 2 minutos em uma validação cruzada 10-*fold*). Em contrapartida, a classificação com KNN ($k = 4$) e atributos de histograma apresentou

performance diagnóstica estatisticamente equivalente ao cenário descrito anteriormente (Figura 4) e baixo custo computacional, visto que o KNN não faz uso de um modelo de treinamento de casos (apenas realiza a busca pelos vizinhos próximos) e o vetor de atributos é constituído por apenas 18% do total do espaço de características. Contudo, se o número de amostras a ser comparado pelo KNN for grande, o classificador levará mais tempo para definir a classe de um caso desconhecido e o custo computacional será maior do que o de uma rede neural MLP.

Conclusão

Este trabalho propôs um método para classificação de atividade inflamatória de articulações sacroilíacas em imagens de ressonância magnética. Foram avaliados atributos de histograma, textura de Haralick e de Tamura para a caracterização das articulações e métodos de aprendizado de máquina para a classificação dos casos. Os resultados obtidos indicam que o processamento computadorizado implementado possui bom potencial como base para o desenvolvimento de uma ferramenta de auxílio ao diagnóstico de processo inflamatório de articulações sacroilíacas de pacientes com espondiloartrites.

O trabalho, porém apresenta algumas limitações, como por exemplo, o processo de segmentação das imagens, que demanda tempo do especialista. Com o intuito de superar essa limitação, propomos para trabalhos futuros a segmentação automática das articulações sacroilíacas e a validação clínica da classificação computadorizada como ferramenta de auxílio ao diagnóstico da sacroiliite inflamatória.

Agradecimentos

Agradecemos ao Prof. Dr. Paulo Louzada Junior e ao Dr. Rodrigo Luppino Assad pelo uso dos pacientes do ambulatório de reumatologia do Departamento de Clínica Médica da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto (FMRP) da Universidade de São Paulo (USP). Agradecemos também as instituições Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e Fundação de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Assistência (FAEPA) do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto (HCFMRP) da Universidade de São Paulo (USP), pelo apoio financeiro ao estudo.

Referências

- [1] Sampaio-Barros P. Epidemiology of Spondyloarthritis in Brazil. *The American Journal of the Medical Sciences*. 2011;341(4):287-288.
- [2] Pialat J, Di Marco L, Feydy A, Peyron C, Porta B, Himpens P, Ltaief-Boudrigou A, Aubry S. Sacroiliac joints imaging in axial spondyloarthritis. *Diagnostic and Interventional Imaging*. 2016.
- [3] Rudwaleit M, Jurik A, Hermann K, Landewe R, van der Heijde D, Baraliakos X, Marzo-Ortega H, Ostergaard M, Braun J, Sieper J. Defining active sacroiliitis on magnetic resonance imaging (MRI) for classification of axial spondyloarthritis: a consensual approach by the ASAS/OMERACT MRI group. *Annals of the Rheumatic Diseases*. 2009;68(10):1520-1527.
- [4] Maksymowych W, Inman R, Salonen D, Dhillon S, Williams M, Stone M, Conner-spady B, Palsat J, Lambert R. Spondyloarthritis research Consortium of Canada magnetic resonance imaging index for assessment of sacroiliac joint inflammation in ankylosing spondylitis. *Arthritis Rheum*. 2005;53(5):703-709.

- [5] Rudwaleit M, van der Heijde D, Landewe R, Listing J, Akkoc N, Brandt J, Braun J, Chou C, Collantes-Estevez E, Dougados M, Huang F, Gu J, Khan M, Kirazli Y, Maksymowych W, Mielants H, Sorensen I, Ozgocmen S, Roussou E, Valle-Onate R, Weber U, Wei J, Sieper J. The development of Assessment of SpondyloArthritis international Society classification criteria for axial spondyloarthritis (part II): validation and final selection. *Annals of the Rheumatic Diseases*. 2009;68(6):777-783.
 - [6] Haralick R, Shanmugam K, Dinstein I. Textural Features for Image Classification. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*. 1973;3(6):610-621.
 - [7] Tamura H, Mori S, Yamawaki T. Textural Features Corresponding to Visual Perception. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*. 1978;8(6):460-473.
- JFeatureLib open source project. Disponível em: <https://github.com/locked-fg/JFeatureLib> Último acesso em 02/05/2016. Fontes: Haralick.java - Autor: graf; Tamura.java - Autor: Marko Keuschnig & Christian Penz; Histogram.java - Autor: graf;
- [8] Lux M, Chatzichristofis S. LIRE: Lucene Image Retrieval – An Extensible Java CBIR Library. In proceedings of the 16th ACM International Conference on Multimedia, pp. 1085-1088, Vancouver, Canada, 2008.
 - [9] Hall M, Frank E, Holmes G, Pfahringer B, Reutemann P, Witten I. The WEKA data mining software. *SIGKDD Explor Newsl*. 2009;11(1):10.

Contato

Paulo Mazzoncini de Azevedo-Marques
Av. dos Bandeirantes 3900, Campus USP -
Monte Alegre
14049-900, Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil
Tel: + 55 16 36022647 FAX:+ 55 16 36022648
E-mail: pmarques@fmrp.usp.br

COMPORTAMENTO DE PACIENTES EM BUSCAS POR INFORMAÇÃO DE SAÚDE ONLINE E CORRELAÇÕES COM IDADE, ESCOLARIDADE, RENDA E INTERAÇÃO MÉDICA

BEHAVIOR OF PATIENTS IN SEARCH FOR HEALTH INFORMATION ONLINE AND CORRELATIONS WITH AGE, EDUCATION, INCOME AND MEDICAL INTERACTION

EL COMPORTAMIENTO DE LOS PACIENTES EN BÚSQUEDA DE INFORMACIÓN DE SALUD EN LÍNEA Y CORRELACIONES CON LA EDAD, LA EDUCACIÓN, LOS INGRESOS Y LA INTERACCIÓN MÉDICA

Felipe Azevedo Moretti¹, Valter Silva², Claudia Galindo Barsottini³

¹ Doutorando do Programa de Pós-Graduação de Gestão e Informática em Saúde da Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP) - Brasil

² Professor Doutor do Centro Universitário Tiradentes, Maceió - Brasil

³ Professora Doutora do Departamento de Informática em Saúde da UNIFESP

Resumo: Objetivo: Analisar como o usuário leigo se relaciona com a internet para saúde, com foco no momento pré e pós consulta médica. Método: Estudo transversal analítico envolvendo 1828 indivíduos que responderam a um inquérito eletrônico disponibilizado em um portal de grande acesso. Resultados: Aproximadamente 90% dos respondentes eram do sexo feminino e buscavam informações para própria saúde ou de familiares, 80% considera a internet uma de suas principais fontes de informação em saúde, 76% atribui alta confiança a informações de especialistas, mas tende a desconfiar de buscadores simples como Google. Escolaridade, idade e renda interferiram na relação entre paciente-médico e internet para tomada de decisão em saúde ($p < 0,004$). Conclusão: A internet é uma relevante fonte de informação em saúde para população e as variáveis estudadas têm interferência significativa na relação entre paciente, seus médicos e a internet.

Palavras-chave: internet, saúde pública, informática médica.

Abstract: **Objective:** To analyze how the lay user relates to the internet for health, focusing on the pre and post doctor appointment, and describing the correlations with age, gender, schooling, and income. **Methods:** A cross-sectional study involving 1828 individuals who responded to an online questionnaire available in a large access portal. **Results:** Approximately 90% of respondents were female and were seeking information for their own health or family, 80% consider the Internet one of its main sources of health information, 76% attaches high confidence information from experts, but were bound to mistrust search engines like Google. Education, age and income interfered with the relationship between patient-physician and internet for health decision-making ($p < 0.004$). **Conclusion:** The Internet is an important source of health information for the population and the variables have significant interference in the relationship between patients, their doctors and the internet.

Keywords: internet, public health, medical informatics

Resumen: Objetivo: Analizar la forma en que el usuario lego se refiere a la Internet para la salud, centrándose en pre y

post tiempo de consulta médica y de dibujo correlaciones con la edad, el género, la educación y los ingresos. Métodos: Estudio transversal que incluyó a 1828 personas que respondieron a un cuestionario en línea disponible en el portal de acceso grande. Resultados: Aproximadamente el 90% de los encuestados eran mujeres y estaban buscando información para su propia salud o la familia, el 80% consideran que Internet es una de sus principales fuentes de información de salud, el 76% se conecta información de alta confianza por parte de los expertos, pero tiende a desconfiar Los motores de búsqueda como Google simples. La educación, la edad y los ingresos interfirieron con la relación entre el paciente y el médico e internet para la salud la toma de decisiones ($p < 0,004$). Conclusión: La Internet es una fuente importante de información sobre la salud de la población y las variables tienen una interferencia significativa en la relación entre los pacientes, sus médicos y el Internet.

Descriptor: internet, salud pública, informática médica

Introdução

A internet é uma ferramenta cada vez mais utilizada em aspectos relacionados à saúde. A cada ano a população mundial apresenta mais acesso a microcomputadores, a programas de banda larga e a dispositivos móveis capazes de acessar a internet. Estes fatores têm estimulado o aumento diário do uso da internet para questões relacionadas à saúde ⁽¹⁾. Entre os usos mais frequentes da internet para saúde, destacam-se as buscas online no Google para esclarecimento de dúvidas sobre diagnóstico e tratamento de doenças. Além de buscas para orientações gerais de prevenção ou acompanhamento de condições clínicas, aquisição de produtos médicos e até para a interação com profissionais ou entre enfermos ⁽²⁾.

Há uma mudança positiva e forte no comportamento do paciente ao ter maior acesso às informações e aos conhecimentos específicos de saúde oferecidos pelos avanços das tecnologias da informação e pela ampliação ou acessibilidade à internet ⁽³⁾. Isso pode possibilitar tomada de decisões mais criteriosas por parte dos usuários, além de gerar maior autonomia e liberdade de escolha.

Na relação entre a internet, os profissionais de saúde e os pacientes, Rice & Katz ⁽⁴⁾ citam um estudo em que 800 americanos (número calculado de forma a representar a população dos EUA) foram entrevistados por telefone, constatando-se que 41% da amostra já haviam buscado informações médicas pela internet. Masters ⁽⁵⁾, por exemplo, sugere que até 2001 aproximadamente 52 milhões de americanos já haviam consultado a internet em busca de informações médicas. No Brasil, estima-se que mais de 10 milhões de usuários acessem sites sobre saúde regularmente ⁽⁶⁾. Boa parte (73%) dos americanos citados no estudo de Rice & Katz ⁽⁴⁾ afirmaram ter discutido as informações encontradas na internet com outras pessoas e/ou com seus médicos. Essas buscas por informações de saúde na internet se mostraram maiores entre as mulheres, os indivíduos caucasianos e entre aqueles com mais habilidades em navegar na web ⁽⁷⁾. Os estudos mencionados sugerem também que os indivíduos que acessam informações sobre saúde geralmente o fazem várias vezes.

Dart ⁽⁸⁾ analisou a variável socioeconômica e sua relação com o uso da internet entre 758 indivíduos australianos com aspectos sócio demográficos (comunidade de baixa renda, renda média e universitários). A internet se mostrou um recurso muito mais importante enquanto fonte de informação em saúde para a amostra de universitários. Os respondentes de baixa renda também demonstraram acessar menos a internet em busca de informação médica em comparação aos de renda média e universitários. Dart ⁽⁸⁾ e Master ⁽⁵⁾ relatam, no entanto, que a maior parte dos seus participantes não debatem as informações pesquisadas online com os seus médicos. Dart ⁽⁸⁾ cita ainda que a variável idade não apresentou interferência significativa em uma maior ou menor busca por informações de saúde. Além disso, alega que a maior parte dos indivíduos, independente do aspecto sócio demográfico, não costumam confiar na internet.

Nesse sentido, os objetivos da presente pesquisa foram: (1) analisar o panorama do uso da internet para saúde por usuários leigos; (2) averiguar a proporção de usuários que discutem com médicos as

informações da internet ou que após passarem em consulta buscam informações **complementares**. Proporções estas ajustadas por idade, escolaridade, renda e gênero.

Métodos

O desenho do estudo caracterizou-se como transversal analítico-descritivo. A coleta e interpretação bruta dos dados foi conduzida entre novembro de 2011 e final de 2013, em conformidade com a Resolução nº 196/96 do Conselho Nacional de Saúde e com a Declaração de Helsinki. A análise estatística e as correlações entre variáveis deste escopo do artigo foram feitas entre dezembro de 2014 e início de 2015. A assinatura do instrumento que dá o consentimento livre e esclarecido foi preenchida on-line pelos participantes, após aprovação pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de São Paulo (protocolo número 0434/10).

Foram considerados elegíveis para o estudo os internautas que se cadastraram para receber os boletins informativos do maior portal de saúde e bem-estar do Brasil e que no período corresponde à coleta de dados respondessem ao inquérito eletrônico disponibilizado para entender os comportamentos de buscas online por pacientes. O portal denominado Minha Vida (www.minhavidacom.br/) foi escolhido por estar em conformidade com os princípios éticos da *Health On the Net Foundation* (código da certificação: HONConduct276487), por possuir mais de 6 milhões de visualizações únicas ao mês e por estimativas de que oito dentre dez internautas brasileiros acessam tal portal, de acordo com dados internos do Minha Vida. O público predominante deste portal são usuários leigos.

O inquérito eletrônico visou abordar temas como: comportamentos à procura de informações de saúde na internet, razões e formas de pesquisa on-line, grau de confiança na informação pesquisada, quantidade de horas gastas na internet, interação com a web antes e depois da consulta médica e perfil sócio econômico dos respondentes. Os principais desfechos analisados neste estudo foram ajustados por idade, sexo, escolaridade e renda. O inquérito foi construído a partir de formulário eletrônico do Google.

Foram incluídos 1828 indivíduos que responderam ao inquérito. Em algumas análises estatísticas foram excluídos indivíduos por erros no banco de dados ($n = 17$).

As informações foram agrupadas em um banco de dados e analisadas por meio de frequência absoluta (n) e relativa (%), acompanhadas por um intervalo de confiança de 95% (IC 95%). O teste qui-quadrado (χ^2), acompanhado pela correção de continuidade Yates, quando adequado, foi usado para comparar as frequências, considerando um nível de significância de $p \leq 0,05$.

Resultados

Dos 1828 respondentes, 90% era do sexo feminino e buscava informações para própria saúde ou de familiares. Além disso, 80% apontou a internet como uma das suas principais fontes de informação em saúde. Contudo, ao dar a possibilidade de mais de uma resposta [para quais eram as principais fontes de informação em saúde], a internet aparece em primeiro lugar com 86% de internautas apontando tal fonte, seguido pela opinião de médicos ou especialistas (74%), informações da televisão ou rádio (50%), livros de saúde (39%), e por último: artigos científicos e revistas ou jornais não especializados (Figura 1).

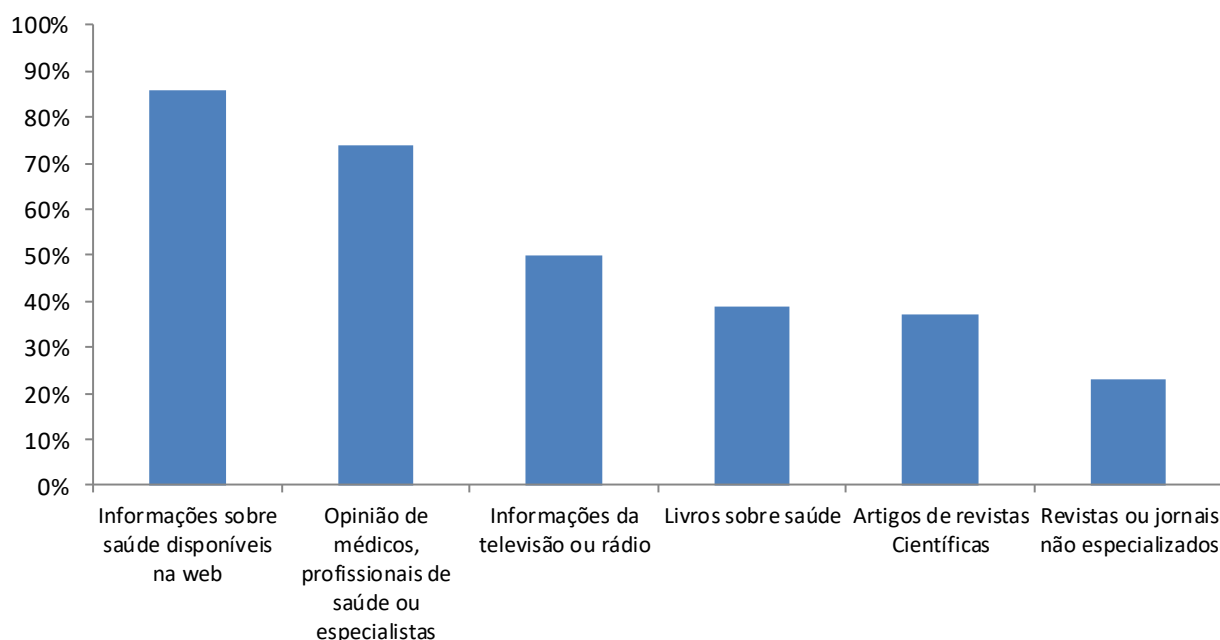


Gráfico 1: Ranking das 6 principais fontes de informação em saúde de internautas leigos.

De forma complementar ao gráfico 1, a Tabela 1 apresenta a confiança atribuída pelos internautas a diferentes fontes de informação. Deve ser destacado que a opinião de médicos, profissionais de saúde ou especialistas possuem as maiores proporções de alta confiança. Entre as fontes de informações com baixa ou muito baixa confiança, as maiores proporções foram observadas para revistas ou jornais impressos de grande circulação e sites gerados por buscadores eletrônicos. Dentre as informações advindas da internet houve uma proporção considerável de internautas que atribuíram alta confiança em informações advindas de sites de sociedades médicas ou outros sites especializados, portais de saúde online de grande acesso e bibliotecas virtuais especializadas ou sites relacionados a universidades.

Tabela 1. Nível de confiança atribuída pelos internautas a diferentes fontes de informações.

Fonte de Informação	Alta	Baixa	Muito baixa
Opinião de médicos, profissionais de saúde ou especialistas.	76%	1%	0%
Livros de saúde.	55%	3%	1%
Artigos de revistas científicas.	52%	3%	2%
Sites de sociedades médicas ou outros sites especializados.	51%	5%	1%
Portais de saúde online de grande acesso.	47%	3%	1%
Bibliotecas virtuais especializadas ou sites relacionados a universidades.	45%	4%	2%
Jornais e revistas on-line de grande circulação.	20%	14%	3%
Televisão ou rádio.	18%	19%	5%
Revistas ou jornais impressos de grande circulação.	16%	22%	7%
Sites gerados por buscadores eletrônicos como Google, Yahoo, Bing.	12%	23%	7%
Blogs de saúde.	10%	21%	5%

Dentre alguns comportamentos marcantes da amostra estudada destacam-se aqui as iniciativas de, após uma pesquisa de saúde online, ir falar com amigos ou familiares sobre as informações adquiridas (70% afirma fazer), tentar mudar o estilo de vida (65%) e falar com o médico (48%). Outras atitudes marcantes são apresentadas na Figura 2.

Entre os internautas do sexo feminino e masculino não foi observado diferença para o uso da internet como uma das principais fontes de informação. Entre as mulheres, 80% afirmaram que usam a internet como uma das principais fontes de informação, sendo apenas 1% maior que a estimativa para os homens (Tabela 2). Além disso, a maior parte das pessoas que usam a internet como uma de suas principais fontes de informação para a saúde tem entre 21 e 50 anos, com escolaridade entre ensino superior completo ou incompleto e com renda familiar entre um e seis salários mínimos.

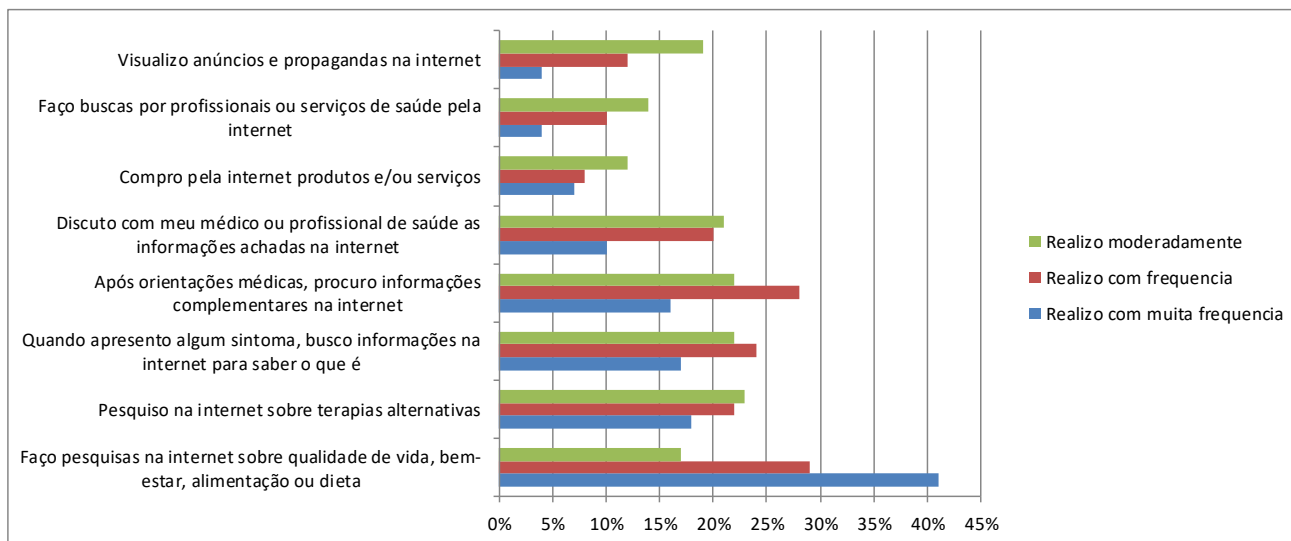


Figura 2: Atitudes e comportamentos frequentes relacionados à saúde realizados pelos internautas.

A proporção de pessoas que não discutem, discutem moderadamente ou discutem frequentemente com o médico as informações da internet é apresentada na Tabela 3. Tal proporção de discussão é maior na faixa etária entre 21 e 50 anos. Na população estudada, os sujeitos com escolaridade entre ensino superior completo ou incompleto e com renda familiar entre um e seis salários mínimos apresentam as maiores proporções para o desfecho de discutir com o médico as informações pesquisadas. Há também uma maior proporção de internautas que discutem moderadamente com o médico as informações sobre a saúde, seguido por aqueles que discutem com frequência e por aqueles que não discutem. Ou seja, não discutir as informações pesquisadas tende a ser um comportamento menos frequente.

De forma inversa ao desfecho da Tabela 3, a Tabela 4 apresenta os resultados para aqueles internautas que após uma consulta médica buscam informações adicionais na internet. A distribuição das proporções é maior na idade entre 21 e 50 anos, entre os internautas com ensino superior completo ou não e com renda familiar entre um e seis salários. Da mesma forma que no parágrafo anterior, há maiores proporções para os indivíduos que fazem isso moderadamente, seguidos por quem faz com frequência e por último, por quem não faz.

Tabela 2: Uso da internet para saúde como uma das principais fontes de informação, separadas por categoria (sim e não) e de acordo com variáveis como: idade, escolaridade, renda e gênero.

	Sim % (IC 95%)	Não % (IC 95%)
SEXO ($\chi^2_{gl=4} = 0.08$; $p = 0.77$)		
Feminino	71.0 (68.8 - 73.0)	18.1 (16.4 - 20.0)
Masculino	8.6 (7.4 - 10.0)	2.3 (1.7 - 3.1)
IDADE (anos) ($\chi^2_{gl=4} = 12.85$; $p = 0.01$)		
Abaixo de 20	8.1 (6.9 - 9.4)	0.9 (0.6 - 1.5)
21 – 35	29.9 (27.9 - 32.1)	7.3 (6.2 - 8.6)
36 – 50	27.1 (25.1 - 29.2)	8.1 (7.0 - 9.5)
51 – 65	13.5 (12.0 - 15.2)	3.6 (2.9 - 4.6)
Acima de 65	0.9 (0.6 - 1.5)	0.4 (0.2 - 0.8)
ESCOLARIDADE ($\chi^2_{gl=3} = 13,45$; $p = 0.004$)		
Até Ensino Médio Incompleto	2.4 (1.8 - 3.2)	0.7 (0.4 - 1.2)
Ensino Médio Completo	25.2 (23.2 - 27.2)	5.7 (4.8 - 6.9)
Ensino Superior Completo ou Incompleto	36.6 (34.4 - 38.9)	8.3 (7.1 - 9.6)
Pós-Graduação Completa ou Incompleta	15.4 (13.8 - 17.1)	5.7 (4.7 - 6.9)
RENDA FAMILIAR* ($\chi^2_{gl=6} = 15.64$; $p < 0.02$)		
Até 1 salário	3.3 (2.5 - 4.2)	1.1 (0.7 - 1.7)
1 a 3 salários	23.0 (21.1 - 25.0)	5.1 (4.2 - 6.2)
3 a 6 salários	24.6 (22.7 - 26.7)	6.4 (5.3 - 7.6)
6 a 10 salários	15.9 (14.2 - 17.6)	3.9 (3.1 - 4.9)
10 a R\$ 20 salários	9.7 (8.4 - 11.1)	2.3 (1.7 - 3.1)
20 a R\$ 30 salários	2.3 (1.7 - 3.1)	1.1 (0.7 - 1.6)
30salários ou mais	0.9 (0.6 - 1.5)	0.7 (0.4 - 1.2)

* Categorizado de acordo com o salário mínimo em 2010 (R\$ 510,00).

Tabela 3: Proporção de pessoas que discutem com o médico as informações da internet, ajustadas por idade, escolaridade e renda familiar.

	ND	DM	DF
	% (IC 95%) n/N	% (IC 95%) n/N	% (IC 95%) n/N
SEXO ($\chi^2_{gl=2} = 4.26$; $p = 0.12$)			
Feminino	26.0 (23.9, 28.2) 419/1613	43.7 (41.3, 46.1) 705/1613	30.3 (28.1, 32.6) 489/1613
Masculino	30.8 (24.8, 37.6) 61/198	45.6 (38.7, 52.4) 90/198	23.7 (18.4, 30.1) 47/198
IDADE (anos) ($\chi^2_{gl=8} = 27.88$; $p = 0.0005$)			
Abaixo de 20	36.2 (29.2, 43.8) 59/163	43.6 (36.2, 51.2) 71/163	23.5 (14.8, 27.1) 33/163
21 – 35	28.9 (25.6, 32.4) 195/675	45.0 (41.3, 48.8) 304/675	26.1 (22.9, 29.5) 176/675
36 – 50	24.8 (21.6, 28.3) 158/638	43.1 (39.3, 47.0) 275/638	32.1 (28.6, 35.6) 205/638
51 – 65	20.3 (16.2, 25.1) 63/311	43.7 (38.3, 49.3) 136/311	36.0 (30.9, 41.5) 112/311
Acima de 65	20.8 (9.3, 40.5) 5/24	37.5 (21.2, 57.3) 9/24	41.7 (24.5, 61.2) 10/24
ESCOLARIDADE ($\chi^2_{gl=6} = 44.65$; $p < 0.0001$)			
Até Ensino Médio Incompleto	33.1 (25.7, 41.5) 44/133	42.6 (34.8, 51.4) 57/133	24.1 (17.6, 32.0) 32/133
Ensino Médio Completo	34.6 (30.5, 38.9) 167/483	44.1 (39.7, 48.6) 213/483	21.3 (17.9, 25.2) 103/483
Ensino Superior Completo ou Incompleto	24.4 (21.5, 27.4) 198/813	43.1 (39.7, 46.5) 350/813	32.6 (29.5, 35.9) 265/813
Pós-Graduação Completa ou Incompleta	18.6 (15.0, 22.8) 71/382	45.8 (40.9, 50.8) 175/382	35.6 (31.0, 40.5) 136/382
RENDA FAMILIAR* ($\chi^2_{gl=12} = 63.73$; $p < 0.0001$)			
Até 1 salário	45.6 (35.1, 56.5) 36/79	32.9 (23.6, 43.9) 26/79	21.5 (13.9, 31.8) 17/79
1 a 3 salários	34.7 (30.6, 38.8) 176/508	39.0 (34.8, 43.3) 198/508	26.4 (22.7, 30.3) 134/508
3 a 6 salários	24.6 (21.2, 28.3) 138/561	48.3 (44.2, 52.4) 271/561	27.1 (23.6, 30.9) 152/561
6 a 10 salários	21.6 (17.6, 26.1) 77/357	43.7 (38.7, 48.9) 156/357	34.7 (30.0, 39.8) 124/357
10 a R\$ 20 salários	16.1 (11.8, 21.6) 35/217	46.1 (39.6, 52.7) 100/217	37.8 (31.6, 44.4) 82/217
20 a R\$ 30 salários	13.3 (6.9, 24.2) 8/60	51.7 (39.3, 63.8) 31/60	35.0 (24.2, 47.6) 21/60
30 salários ou mais	34.5 (19.9, 52.7) 10/29	44.8 (28.4, 62.5) 13/29	20.7 (9.9, 38.4) 6/29

* Categorizado de acordo com o salário mínimo em 2010 (R\$ 510,00)

ND – não discute; DM – discute moderadamente; DF – discute frequentemente.

Tabela 4: Proporção de pessoas que após discutirem com o médico buscam informações complementares na internet, ajustadas por idade, escolaridade e renda familiar.

	NB % (IC 95%)	BM % (IC 95%)	BF % (IC 95%)
IDADE (anos) ($\chi^2_{gl=8} = 15.86$; $p = 0.05$)			
Abaixo de 20	1.3 (0.8 - 1.9)	3.6 (2.8 - 4.5)	3.8 (3.0 - 4.8)
21 – 35	3.3 (2.6 - 4.2)	18.0 (15.2 - 19.8)	16.0 (14.8 - 17.8)
36 – 50	3.2 (2.5 - 4.1)	16.1 (14.4 - 17.8)	16.0 (14.3 - 17.7)
51 – 65	2.0 (1.4 - 2.7)	8.0 (6.8 - 9.3)	7.2 (6.1 - 8.5)
Acima de 65	0.2 (0.1 - 0.5)	0.7 (0.4 - 1.1)	0.4 (0.2 - 0.8)
ESCOLARIDADE ($\chi^2_{gl=6} = 19.42$; $p < 0.004$)			
Até Ensino Médio Incompleto	1.3 (0.9 - 1.9)	3.4 (2.7 - 4.3)	2.6 (1.9 - 3.4)
Ensino Médio Completo	3.3 (2.6 - 4.2)	12.8 (11.3 - 14.4)	10.6 (9.3 - 12.1)
Ensino Superior Completo ou Incompleto	4.0 (3.2 - 5.0)	20.0 (18.3 - 21.9)	20.9 (19.1 - 22.8)
Pós-Graduação Completa ou Incompleta	1.7 (1.2 - 2.4)	10.0 (8.7 - 11.4)	9.4 (8.1 - 10.8)
RENDA FAMILIAR* ($\chi^2_{gl=12} = 35.39$; $p < 0.0004$)			
Até 1 salário	0.6 (0.3 - 1.1)	2.2 (1.6 - 3.0)	1.6 (1.1 - 2.2)
1 a 3 salários	3.8 (3.0 - 4.7)	13.7 (12.2 - 15.3)	10.6 (9.3 - 12.1)
3 a 6 salários	2.4 (1.8 - 3.2)	15.3 (13.7 - 17.0)	13.3 (11.8 - 14.9)
6 a 10 salários	1.9 (1.3 - 2.6)	8.1 (6.9 - 9.4)	9.8 (8.5 - 11.2)
10 a R\$ 20 salários	1.3 (0.8 - 1.9)	4.4 (3.5 - 5.4)	6.4 (5.3 - 7.6)
20 a R\$ 30 salários	0.3 (0.1 - 0.6)	1.6 (1.1 - 2.2)	1.5 (1.0 - 2.1)
30salários ou mais	0.1 (0.0 - 0.4)	1.1 (0.7 - 1.6)	0.4 (0.2 - 0.8)

* Categorizado de acordo com o salário mínimo em 2010 (R\$ 510,00)

NB – não buscam; BM – buscam moderadamente; BF – buscam frequentemente.

Discussão

A resposta afirmativa de 80 a 86% dos entrevistados quando questionados sobre a internet ser uma de suas principais fontes de informação em saúde (Figura 1), denota a magnitude que tal canal de comunicação vem ganhando nos últimos tempos em termos de buscas para saúde. Tal fenômeno já foi descrito em vários artigos como “Dr. Google”⁽⁸⁻¹⁰⁾. Isso mostra que da mesma forma que a população acessa o Google para localizar um endereço, uma loja ou um telefone, ela adentra esses buscadores para pesquisar os mais variados temas de saúde, que vão desde tratamento a prevenção, auto diagnóstico e terapias alternativas⁽⁸⁾.

No entanto, um dado curioso observado nos resultados de nosso estudo é que apesar da população investigada utilizar com alta frequência os buscadores como o Google (resposta dada por 72% da amostra), só 12% dos indivíduos alegam ter alta confiança em tal buscador. Ou seja, apesar de utilizarem muito, desconfiam da qualidade das informações geradas pela ferramenta. Os motivos relacionados a essa constatação podem estar combinados entre alguns fatores, como: praticidade/habitualidade em utilizar o Google no dia a dia para pesquisas corriqueiras, excessiva publicidade agregada e conteúdos misturados com produtos ou propagandas quando é realizada uma busca.

Sobre a análise do grau de confiança nas diferentes fontes, a tradição parece continuar soberana, sendo que a opinião dos médicos, dos profissionais de saúde e de especialistas aparece em primeiro lugar como fonte mais confiável atribuída pelo público por nós investigado (76% da amostragem total atribuiu alta confiança a essa fonte). Em segundo lugar foram apontados os livros (com 55% da amostra atribuindo alta confiança). Nesse ranking de nossa pesquisa, o Google aparece em penúltimo lugar, quase empatado com a confiança atribuída aos blogs de saúde e aos canais de comunicação de grande acesso.

Dart, Gallois e Yellowlees⁽¹¹⁾ também citam a grande importância dada pelos usuários da internet à opinião dos médicos ou especialistas. Nas três comunidades estudadas pelos autores (de baixo poder aquisitivo, classe média e universitários) a recomendação do médico foi considerada a principal fonte de informação em saúde.

Os dados do presente estudo reforçam as constatações de outros autores sobre o elevado uso da internet para fins de saúde. Um número crescente de médicos tem relatado a enorme quantidade de pacientes que costuma debater informações que acessam na internet. Na revisão sistemática de Masters⁽⁵⁾, o autor cita que 89% dos médicos relataram tal episódio – do total de 9 estudos que avaliaram a relação entre os médicos, os pacientes e a internet. Esse fenômeno do enorme uso da internet para fins de saúde pode trazer problemas. Certos autores já deram o termo de ‘cybercondria’⁽¹²⁾ para o uso excessivo desse veículo por pacientes que acabam por manifestar uma preocupação em demasia, levando todo tipo de informação pesquisada online para debater com o seu médico, provocando situações que vão desde a perda da autoridade até questionamento de condutas terapêuticas.

Outros dois fenômenos perigosos associados a esse cenário são a falta de qualidade das informações de saúde veiculadas na internet e a falta de habilidade dos usuários em decodificar uma informação de credibilidade. Aspden e Katz⁽¹³⁾ salientam que boa parte dos usuários acredita no valor da informação da internet, considerando-a como ‘altamente valiosa’ para a saúde. Mas alertam que não são muitos os que dizem já ter lido informação irresponsável ou muito comercial sobre saúde na internet. Isso pode ser preocupante visto que muitas informações da rede são de má qualidade, equivocadas ou com grande conflito de interesse. Em um estudo prévio, alguns autores dessa presente pesquisa já citaram que isso pode ser inclusive uma questão de saúde pública⁽¹⁴⁾.

Sobre as variáveis como escolaridade, renda, idade e comportamento das buscas online seguem abaixo alguns estudos que apresentam dados em sua maioria compatíveis com a nossa pesquisa.

Schwartz et al.⁽¹⁵⁾ avaliaram o uso da internet para saúde em uma amostra composta de 1289 indivíduos de Detroit. Idade, sexo, raça e escolaridade foram variáveis que tiveram significativa correlação com acessibilidade a internet. Dos indivíduos que tinham acesso à internet, 74% haviam pesquisado informações de saúde para eles próprios ou para familiares. Esses dados reforçam o fato de 79 a 90% de nossa amostra buscar informações para própria saúde ou de familiares.

Já sobre a escolaridade e renda, Dart⁽¹¹⁾, por exemplo, ao analisar a variável socioeconômica e sua relação com o uso da internet entre 758 indivíduos australianos com características diferentes (de baixa renda, média renda e universitários), salienta que a internet se mostrou um recurso muito mais importante para a amostra de universitários. Os respondentes de baixa renda também demonstraram acessar menos a internet em busca de informação médica em comparação aos de média renda e universitários. Porém, o mesmo autor aponta sobre a falta de dados e de estudos capazes de correlacionar variáveis socioeconômicas com o uso da internet para saúde.

Algumas considerações de nosso estudo que podem ser destacadas a respeito das variáveis analisadas: idade, escolaridade, gênero e renda seguem abaixo em forma de tópicos. Essa análise é pertinente principalmente aos dados da Tabela 1 deste artigo.

- Em relação a indivíduos mais velhos, pessoas mais novas tendem a considerar com maior frequência a internet como uma de suas principais fontes de informação de saúde.
- Um pequeno acréscimo de renda para as classes menos favorecidas e o ganho de alguns anos escolares no começo da formação escolar parece contribuir para que indivíduos considerem mais a internet como uma de suas principais fontes de informação em saúde. Essa contribuição diminui conforme a renda e a escolaridade vão aumentando substancialmente.
- Não houve diferença significativa na forma em que os homens e as mulheres consideram a internet como fonte de informação em saúde; porém, o número bem superior de respondentes do gênero femininos nos faz refletir sobre a perspectiva das mulheres utilizarem com mais frequência tal recurso de buscas de informações sobre saúde na web.

Outras considerações em relação às buscas online pré e pós consulta médica, encontramos que há uma diferença nessas atitudes de acordo com a variação da idade, da escolaridade e da renda, porém mais estudos são necessários para entender as particularidades desse fenômeno. Além disso, cumpre destacar que apesar do poder amostral os achados do artigo não devem ser generalizados para a população brasileira, visto que há um viés de recorte metodológico na pesquisa. Pois a amostragem do estudo é proveniente de um portal específico de saúde.

Nesse sentido, enquanto sugestões para futuras pesquisas, consideramos pertinente análises capazes de compreender melhor questões como: Quais as singularidades do uso da internet para saúde da população mais velha em relação aos sujeitos mais novos, ou entre gêneros e diferentes classes econômicas? Quais as preferências, dificuldades e preocupações de cada público? Quais os principais pontos em comum? Nessa linha investigativa, são sugeridos estudos em profundidade, longitudinais ou focados especificamente em modelos comparativos de grupos e subgrupos socioeconômicos.

Conclusão

A partir do presente estudo pode-se concluir que a internet é uma fonte de informação em saúde frequentemente utilizada pela população. Apesar do elevado uso de tal ferramenta, a grande maioria da população estudada atribuiu baixa credibilidade aos resultados das buscas online. As fontes de informação de maior confiança apontadas pelos participantes do estudo foram os especialistas (médicos e profissionais de saúde), os livros e as revistas científicas.

As variáveis estudadas (idade, renda, escolaridade e gênero) podem ter interferência significativa na relação interativa entre pacientes, seus médicos e a internet. No entanto, estudos futuros se fazem necessários para compreender melhor os motivos por trás de cada subgrupo ou acerca de cada variável analisada.

Agradecimentos

Nossos sinceros agradecimentos à Capes e à FAPESP (processo 13/50701-5) por apoios financeiros relacionados à pesquisa. Aproveitamos também para agradecer ao portal Minha Vida pela ajuda em viabilizar o estudo. Agradecemos, também, a Dra. Edina Mariko Koga da Silva e a Dra. Vanessa Elias, por orientações prévias relacionadas a outro escopo deste estudo.

Referências

- [1] Escarrabill J, Marti T, Torrente E. Good Morning Doctor Google. *Rev Port Pneumol*. 2011;17(4):177-181.
- [2] Oermann M. Using health web sites for patient education. *Journal of Wound Ostomy and Continence Nursing*. 2003;30(4):217-23.
- [3] Da Silva WM. Navegar é preciso: avaliação de impactos do uso da Internet na relação médico-paciente. São Paulo: Universidade de São Paulo; 2006.
- [4] Rice RE, Katz JE. The internet and health communication: experiences and expectations. 1st edition. California: Sage Publication; 2001.
- [5] Masters K. For what purpose and reasons do doctors use the internet: a systematic review. *International journal of medical informatics*. 2008;77:4-16.
- [6] Gianotti PSP, Pellegrino HP, Wada E. Globalização e serviços médicos: impulsionando o turismo de saúde. *Turydes [internet]*. 2009 [cited 2012 Jun 28]; 2(4): [about 10 p.]. Available from: <http://www.eumed.net/rev/turydes/04/ggw.htm>
- [7] Soares MC. Internet e saúde: possibilidades e limitações. *Revista Textos de La CiberSociedad [internet]*. 2004 [cited 2012 Jun 28]; 4:[about 6p.]. Available from: <http://www.cibersociedad.net/textos/articulo.php?art=51>
- [8] Kingsley K, Galbraith GM, Herring M, Stowers E, Stewart T, Kingsley KV. Why not just Google it? An assessment of information literacy skills in a biomedical science curriculum. *BMC Med Educ*. 2011;25:11-17.
- [9] Kirschner KL, Brashler R, Crigger BJ, Wynia MK, Halvorsen A. Should health care professionals Google patients or family members? *PM R*. 2011;3(4):372-6.
- [10] Waksman R. Google medicine. *Cardiovasc Revasc Med*. 2012;13(1):1-2.
- [11] Dart J, Gallois C, Yellowlees P. Community health information sources – a survey in three disparate communities. *Aust Health Rev*. 2008;32(1):186-196.
- [12] Dart J. The internet as a source of health information in three disparate communities. *Aust Health Rev*. 2008;32(3):559-569.
- [13] Aspden P, Katz JE. Assessments of quality of health care information and referrals to physicians - a nationwide survey. In: Rice RE, Katz JE. *The internet and health communication: experiences and expectations*. 1st edition. California: Sage Publication; 2001.99-106.
- [14] Moretti FA, Oliveira VE, Silva EMK. Acesso a informações de saúde na internet: uma questão de saúde pública?. *Rev. Assoc. Med. Bras*. 2012; (58): 650-658.
- [15] Schwartz KL, Roe T, Northrup J, Meza J, Seifeldin R, Neale AV. Family Medicine Patient's use of the internet for health information. *J Am Board Fam*. 2006;19:39-45.

Autor para Contato

Felipe Azevedo Moretti
Departamento de Informática em Saúde,
UNIFESP. Rua Botucatu, 862 – Ed. José
Leal Prado - térreo. CEP: 04023-062 / Vila
Clementino - São Paulo
Fone: (11) 5576-4347
felipe.moretti@unifesp.br

AVALIAÇÃO DE UMA APLICAÇÃO *OPENEHR* UTILIZANDO *RESTFUL WEB SERVICES*

Vinícius Tohoru Yoshiura MSc.¹, Lariza Laura de Oliveira Ph.D.¹, Júlia Carmona Almeida Chaves¹,
Newton Shydeo Brandão Miyoshi MSc.¹, Flávio Barbosa Ph.D.¹

¹Centro de Informatizações e Análises (CIAware), Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil

Resumo: A padronização dos Registros Eletrônicos em Saúde (RES) tem sido amplamente requerida desde de sua regulamentação pelo Ministério da Saúde. Neste contexto, o modelo de referência *openEHR* foi definido para a padronização dos RES. **Objetivo:** Avaliar a viabilidade de uma aplicação *RESTful* utilizando o *openEHR* (*cwOpenEhrRestApi*). **Métodos:** O tempo de Requisição-Resposta (TRR) do *cwOpenEhrRestApi* foi comparado com uma aplicação que não utiliza *REST* e com um tempo máximo aceitável por um usuário (15 segundos). **Resultados:** Há indicação de que o TRR do *cwOpenEhrRestApi* foi menor do que o tempo máximo aceitável. Além disso, o TRR foi diferente ao de uma aplicação que não utilizou *RESTful*. **Conclusão:** A utilização de *RESTful* com *openEHR* foi considerada viável, uma vez que, embora exista uma diferença estatisticamente significativa do TRR com relação à abordagem sem *RESTful*, o TRR do *cwOpenEhrRestApi* foi significativamente menor que o tempo máximo aceitável por um usuário.

Palavras-chave: Registros Eletrônicos de Saúde; Uso da Informação Científica na Tomada de Decisões em Saúde; Processamento Automatizado de Dados.

Abstract: Standardize Electronic Health Records (EHR) has been widely required since its regulation by the Brazilian Ministry of Health. In this context, *openEHR*'s reference model has been defined to standardize the EHR. **Objective:** Evaluate the feasibility of a *RESTful openEHR* solution (*cwOpenEhrRestApi*). **Methods:** The Request-Response Time (RRT) of *cwOpenEhrRestApi* was compared to an application that does not use *RESTful* and to a maximum acceptable time for a user (15 seconds). **Results:** There is an indication that the RRT of *cwOpenEhrRestApi* was lower than the maximum acceptable time. Furthermore, the time was different to a non-based *RESTful* application. **Conclusion:** The use of *RESTful* with *openEHR* was considered feasible, since, despite the fact that there is a statistically significant difference regarding the non-based *RESTful* RRT, the RRT of *cwOpenEhrRestApi* was significantly lower than the maximum acceptable time for a user.

Keywords: *Electronic Health Records; Use of Scientific Information for Health Decision Making; Automatic Data Processing.*

Introdução

Interoperabilidade é definida pela HIMSS (*Healthcare Information and Management Systems Society*) como sendo a habilidade de trocar, interpretar e compartilhar dados entre sistemas diferentes. Neste sentido, o Brasil definiu a regulamentação do uso de padrões de interoperabilidade para registros eletrônicos em saúde (RES) por meio da portaria nº 2.073 de 31 de agosto de 2011 do Ministério da Saúde¹. Essa diretriz estabelece que os RES provenientes de diferentes fontes (provedores de saúde, serviços de saúde etc.) deverão ser integrados para facilitar a comunicação, recuperação e transferência de informações em saúde e, conseqüentemente, melhorar a qualidade do cuidado em saúde^{2,3}. Neste contexto, ganha destaque o modelo de referência *openEHR*, que deverá ser utilizado para a definição

dos RES e que, provavelmente, deverá ser a base para sistemas de informação em saúde no contexto brasileiro.

O alto desempenho de processamento das transações de sistemas que envolvem *openEHR* é crítico^{2,3}. Sistemas de informação com baixo desempenho geram insatisfação por parte dos profissionais de saúde e pacientes e, conseqüentemente, comprometem a qualidade do cuidado⁴. Por outro lado, sistemas com alto desempenho podem melhorar a eficiência no trabalho e aumentam o índice de aceitação do sistema pelos profissionais de saúde⁵.

A estimativa do tempo de requisição-resposta (TRR) é um fator básico para validar a performance de um sistema⁶. No caso das aplicações web, o TRR também é capaz de avaliar a qualidade de um sistema sob a perspectiva do usuário final⁷. Se o TRR é inadequado, os usuários finais tendem a perder o interesse pela aplicação web⁸. Adicionalmente, quanto maior o TRR, maior a insatisfação dos usuários com o sistema e menor a produtividade⁷. Alguns estudos indicam também que o TRR máximo tolerável pelos usuários de um sistema web é de 15 segundos^{7,9,10}.

Neste contexto, o presente artigo tem como objetivo descrever um estudo de caso para avaliar o tempo de requisição-resposta de uma aplicação baseada em *Representational State Transfer* (RESTful) para armazenamento, recuperação e consulta de dados em saúde baseados no padrão *openEHR* (cwOpenEhrRestApi). Deseja-se testar as seguintes hipóteses: o TRR da aplicação cwOpenEhrRestApi é menor que 15 segundos; e o TRR da cwOpenEhrRestApi é próximo do TRR de uma aplicação web que não utiliza a arquitetura REST.

A próxima seção apresenta aspectos teóricos sobre o modelo de referência *openEHR*. A seguir, são apresentados aspectos conceituais da arquitetura RESTful. Posteriormente, discorre-se sobre persistência utilizando *Hibernate* e *Java Persistence API (JPA)*. Na próxima seção são descritos os métodos deste estudo, como as ferramentas para desenvolvimento do aplicativo, execução dos testes e para realizar a análise estatística. Os principais resultados são apresentados e discutidos na seção seguinte. Finalmente, na última seção descreve-se as conclusões deste estudo.

Modelo de Referência *openEHR*

O modelo de referência *openEHR* separa a informação do conteúdo, uma vez que este é dinâmico (p. ex. definição do conceito de pressão intraocular) enquanto que a informação é estática (p. ex. conceito lógico de quantidade) e não se altera com o tempo¹¹. Adicionalmente, trata-se de uma representação de conhecimentos clínicos via padrões de metadados denominados arquétipos (p. ex. gravidez, temperatura corporal etc.) e *templates* (p. ex. sumário de alta obstétrica)¹².

Atualmente, existem diversos repositórios internacionais, online e gratuitos para desenvolvimento e compartilhamento de arquétipos e *templates*, sendo o *Clinical Knowledge Manager (CKM)* o principal deles¹³. A estrutura dos conceitos clínicos de um arquétipo é escrita na linguagem ADL (*Archetype Definition Language*) e utiliza um modelo de referência para definir seus dados (p. ex. texto, data e quantidade).

Tipicamente, um arquétipo pode ser criado para atender uma necessidade clínica, compartilhado dentro de um CKM, reutilizado por diversos sistemas, revisado para atender novas necessidades, especializado para refinar seu uso e versionado caso existam mudanças significativas¹³.

Um *template* é utilizado para dar origem a mensagens, formulários ou relatórios e é um arquivo que sustenta vários arquétipos agrupados em uma composição. Resumidamente, a composição será um grande arquétipo personalizado e abrigado em um *template*¹³.

Depois que um *template* é definido, ele é processado para produzir um arquivo capaz de realizar sua operacionalização. Trata-se de uma estrutura de dados hierárquica denominada *operational template* (OPT) expressa no formato *Extensible Markup Language* (XML).

Uma composição também pode ser entendida como um documento que possui todos os dados preenchidos relacionados a um *template* ou a um OPT (p. ex. formulário clínico preenchido)¹⁴. Esta composição pode estar no formato XML (*Raw*), ou em *Flat/Strucuted JavaScript Object Notation* (JSON).

Representational State Transfer

RESTful (*Representational State Transfer*) é um estilo arquitetural que permite a comunicação de clientes/serviços e servidores de maneira única¹⁵. O RESTful representa os recursos de um servidor por meio de *Uniform Resource Locators* (URIs) e, geralmente, implementa o protocolo *Hypertext Transfer Protocol* (HTTP). Os recursos possuem representações (formatos) como o XML, JSON, texto simples, etc. Além disso, esses recursos são enviados/recebidos em uma requisição/resposta HTTP e podem ser acessados via métodos HTTP (GET, PUT, POST, DELETE etc.) para executar as operações *Create, Read, Update e Delete* (CRUD). Cada método HTTP corresponde a uma ação CRUD^{15,16}. As representações são enviadas/recebidas no corpo de uma requisição/resposta HTTP. Os códigos de status HTTP (200 OK, 400 Bad Request, 404 Not Found etc.) são utilizados para indicar o estado de determinada requisição¹⁶.

Hibernate e Java Persistence API

Hibernate é um *framework* para realizar o mapeamento objeto relacional (ORM - *Object Relational Mapping*) em Java. É responsável pelo controle do ciclo de vida e a persistência dos objetos Java e tem por objetivo criar um mapeamento entre o modelo de dados relacional e o modelo orientado a objetos. Adicionalmente, implementa as operações de inserção, atualização, remoção e consulta de objetos de acordo com a especificação *Java Persistence API* (JPA), camada que descreve uma interface comum para *frameworks* ORM¹⁷.

O Hibernate realiza o mapeamento por meio de anotações nas classes Java. A anotação permite inserir metadados personalizados em atributos, classes e métodos em Java¹⁸. Por exemplo, uma classe com a anotação *Entity*, também chamada de entidade, contém todas as informações de uma tabela em um banco de dados relacional.

Métodos

A seguir serão descritos os métodos utilizados neste estudo. A subseção Desenvolvimento apresenta o desenvolvimento do *cwOpenEhrRestApi*, cujo desempenho foi analisado, e da aplicação que não utiliza RESTful. Já a próxima subseção, descreve os testes de desempenho abordados e como foram avaliados estatisticamente.

Desenvolvimento

No desenvolvimento do *cwOpenEhrRestApi* e da aplicação que não utiliza RESTful foram utilizados: linguagem Java versão 1.7.0_80; Vraprot4, *framework* que segue o padrão MVC (*Model-View-Controller*); sistema gerenciador de banco de dados PostgreSQL versão 9.3; Hibernate versão 4.3.10; servidor Apache Tomcat versão 7.0.; e a plataforma de desenvolvimento de software Eclipse Luna versão 4.4. A implementação de RESTful foi baseada na documentação disponibilizada pela plataforma EhrScape, sessão “*API Explorer*” da Marandi©¹⁹.

A plataforma EhrScape é um *framework* baseado em *openEHR* que provê um arcabouço RESTful para o desenvolvimento de aplicações por meio das *Application Programming Interface* (APIs), baseadas nas especificações mais atualizadas do *openEHR*, permitindo ao desenvolvedor focar apenas na implementação. As APIs fornecem detalhes de como os dados são representados e armazenados.

Para o *upload* de uma composição, foram feitas requisições HTTP por meio do método POST (ver POST /composition na documentação da Marandi©), em que as composições no formato “*Flat JSON*” foram enviadas no corpo das requisições e, posteriormente, foram persistidas no banco de dados por meio de um controlador no servidor. Com relação às operações transacionais com o banco de dados, as seguintes entidades foram envolvidas: *Composition*, *CompositionMaster*, *Contribution*, *Template*,

EventContext (documenta as informações de contexto de um evento de saúde), EHR, AuditTrails e AuditTrailsAttributes (Figura 1). Para cada persistência, busca-se as entidades EHR e Template relacionadas com a Composition, que já devem estar persistidas no banco, e as entidades CompositionMaster, Contribution, EventContext, AuditTrails e AuditTrailsAttributes são persistidas juntamente com a própria Composition.

As entidades AuditTrails e AuditTrailsAttributes são entidades responsáveis pela auditoria da persistência dos dados. Desse modo, toda transação efetuada com o banco de dados terá o seu registro armazenado pelos seguintes campos: tipo de transação feita (criação, atualização, ou exclusão de dados); descrição da transação; usuário responsável pela transação; e a entidade que sofreu a transação. Isso permite que relatórios sobre criação, atualização e “exclusão” de dados possam ser gerados garantindo a integridade do sistema. Além disso, a auditoria é um serviço do sistema que está sempre executando, nenhum usuário tem a permissão de desativar esse recurso, tornando-a um mecanismo que garante a integridade dos dados.

Testes de Desempenho

Os testes de desempenho foram realizados utilizando o *framework* de testes TestNG versão 6.9.4. Os testes foram feitos localmente, em uma máquina com processador Intel Core i7 1.73GHz, com 6 GB de memória RAM, disco rígido de 500 GB e sistema operacional Windows 7 Home Premium.

Para a criação da composição, foi utilizado como base o template “eReferral”, disponível no CKM do *openEHR*. A composição foi gerada no formato “Flat JSON” com tamanho 144 kilobytes, sendo que todos os campos foram preenchidos com valores padrão “0”. Vale ressaltar que a composição já deve estar criada em um arquivo antes da execução dos testes.

O cálculo do tempo total de TRR no *cwOpenEhrRestApi* leva em consideração o tempo da requisição para o servidor (local), o tempo de processamento das transações no controlador do servidor e o tempo de resposta da requisição (Figura 2). Já na aplicação que não utiliza RESTful, o cálculo do tempo total leva em consideração apenas as operações com o banco de dados (Figura 3).

Foram coletados os tempos de requisição-resposta (em segundos) de 100 amostras considerando o upload de uma composição *openEHR* utilizando o aplicativo *cwOpenEhrRestApi* e uma abordagem que não utiliza RESTful, isto é, realiza o upload diretamente no banco de dados.

Com relação aos testes estatísticos, utilizou-se a ferramenta estatística R versão 3.2.4, e a variável quantitativa contínua adotada foi o tempo de requisição-resposta (em segundos), descrita em média, mediana e desvio padrão. A normalidade foi avaliada pelo teste de Shapiro-Wilk, por se tratar de apenas uma variável independente (TRR), enquanto que os testes de hipóteses foram realizados por meio do teste não paramétrico de Wilcoxon para uma única amostra e para amostras pareadas, com nível de significância 5%.

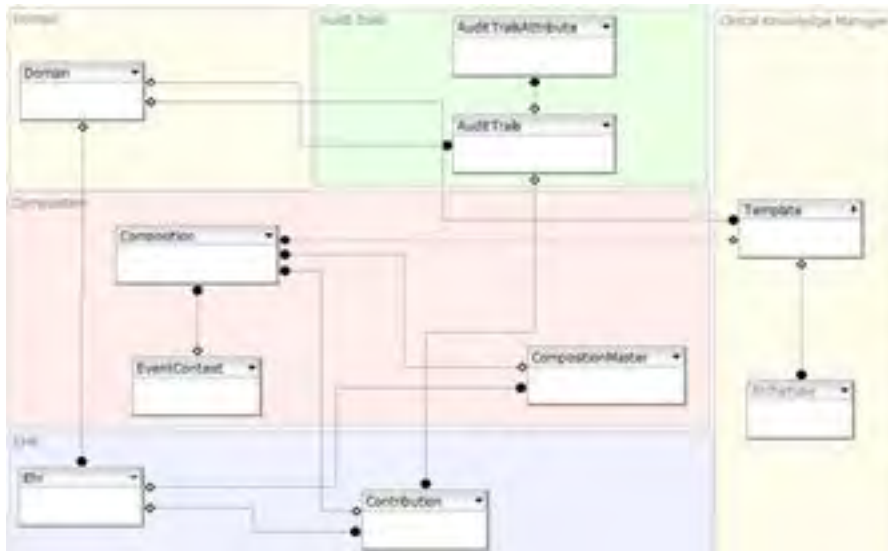


Figura 1: Modelo de dados com as entidades envolvidas nas transações com o banco de dados.

Resultados e Discussão

Foram coletados o TRR para persistência da composição de 100 amostras pelo aplicativo cwOpenEhrRestApi e pela abordagem sem utilização do RESTful. Para cada abordagem, foram geradas 400 trilhas de auditoria e 2300 atributos das trilhas de auditoria.

A média do TRR para a abordagem que não utiliza a arquitetura RESTful foi de 3,91 segundos com desvio padrão de 0,21 e mediana 3,88, enquanto que a média do TRR do aplicativo cwOpenEhrRestApi foi de 4,11 com desvio padrão de 0,35 e mediana 4,01. Já na diferença entre as duas abordagens, a média foi de -0,21 segundos com desvio padrão de 0,33 e mediana -0,16.

Na Figura 4 observou-se que existe apenas um valor atípico por abordagem. Trata-se da primeira conexão com o banco de dados, em que uma instância do *Hibernate* é criada e, portanto, o tempo é maior¹⁷.

De acordo com o teste de normalidade de Shapiro-Wilk, verificou-se que os dados das duas abordagens não seguem uma distribuição normal. Desta forma, posteriormente, realizou-se o teste não paramétrico de Wilcoxon para uma única amostra (considerando o tempo máximo aceitável de 15 segundos) e para amostras pareadas (considerando o tempo de resposta da abordagem sem utilização do RESTful e do aplicativo cwOpenEhrRestApi).

Os resultados do teste mostraram que, para um nível de significância de 5%, tem-se evidências de que o TRR do aplicativo cwOpenEhrRestApi é menor que o tempo máximo aceitável por um usuário de 15 segundos (IC 95% - 4,01;4,13), ou seja, rejeita-se a primeira hipótese nula. Também se tem evidências de que o TRR da abordagem sem utilização da arquitetura RESTful é menor que o tempo máximo aceitável (IC 95% - 3,84;3,92). Os valores destes testes foram iguais a zero, visto que não houve nenhuma amostra com tempo maior que o tempo máximo aceitável. Dessa maneira, a utilização da arquitetura RESTful em operações transacionais com banco de dados se mostrou efetiva, assim como outros estudos que utilizaram aplicações baseadas com *Integrating the Health Care Enterprise* (IHE)⁵ e que realizaram comparação de RESTful com *Simple Object Access Protocol* (SOAP)^{20,21,22}.

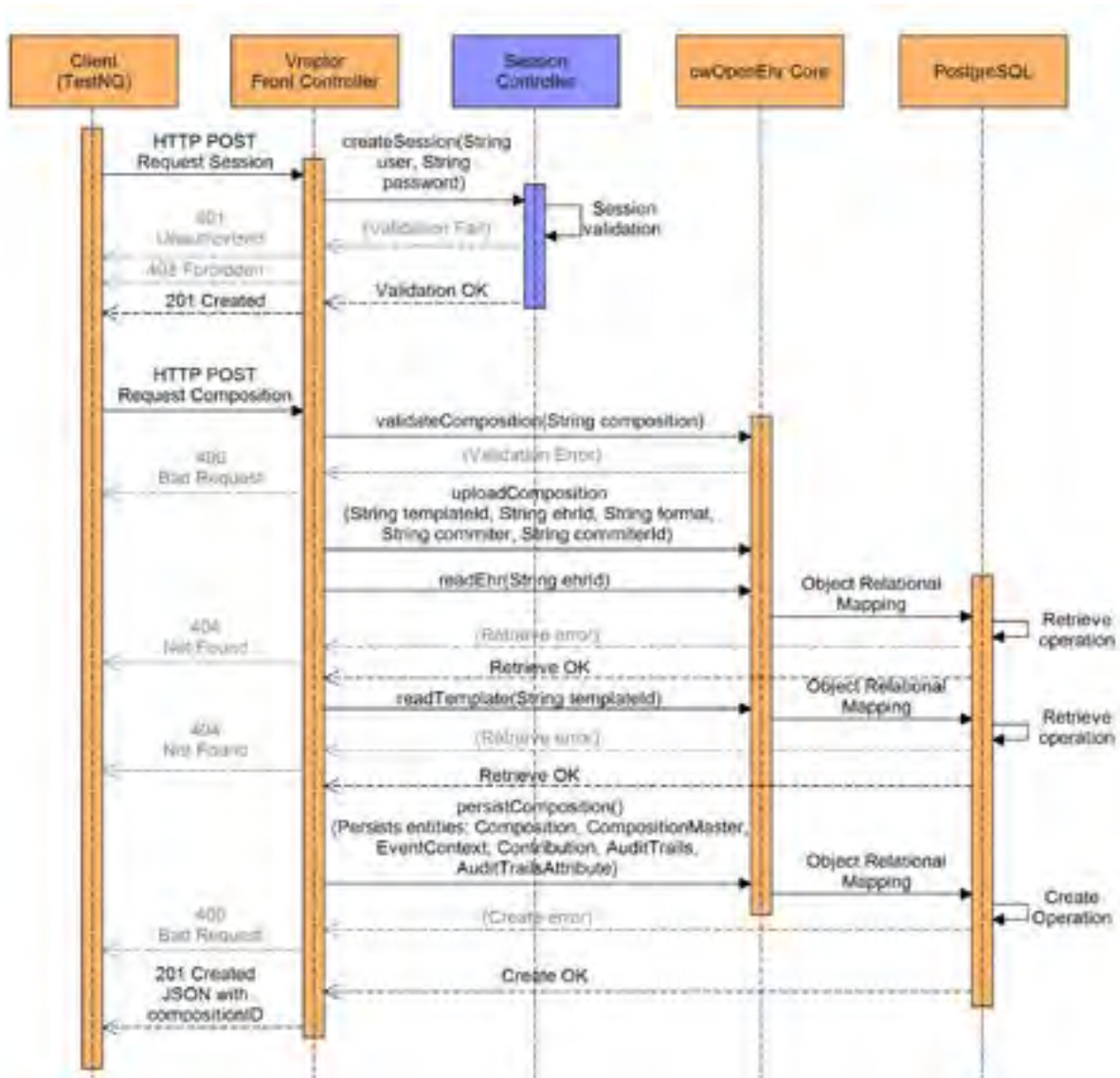


Figura 2: Diagrama de sequência para persistência de uma composição *openEHR* pelo aplicativo *cwOpenEhrRestApi*.

Além disso, após os testes estatísticos, considerando as diferenças das médias entre o tempo de persistência da abordagem sem utilização de RESTful e do *cwOpenEhrRestapi*, conclui-se que não se rejeita a segunda hipótese nula, isto é, a diferença entre as médias é diferente de zero (Tabela 1). O valor negativo para o intervalo de confiança mostra que, em média, o TRR do aplicativo foi maior que o da abordagem sem RESTful, e que a probabilidade de se encontrar a diferença entre as duas abordagens em uma amostra de tamanho 100 no intervalo $(-0,27;-0,11)$ é de 95%. Essa diferença representa o tempo que o *cwOpenEhrRestApi* apresenta a mais que a abordagem sem utilização do RESTful, isto é, o tempo da: requisição para o servidor (local); criação de uma sessão; geração do Json de resposta; e resposta da requisição.

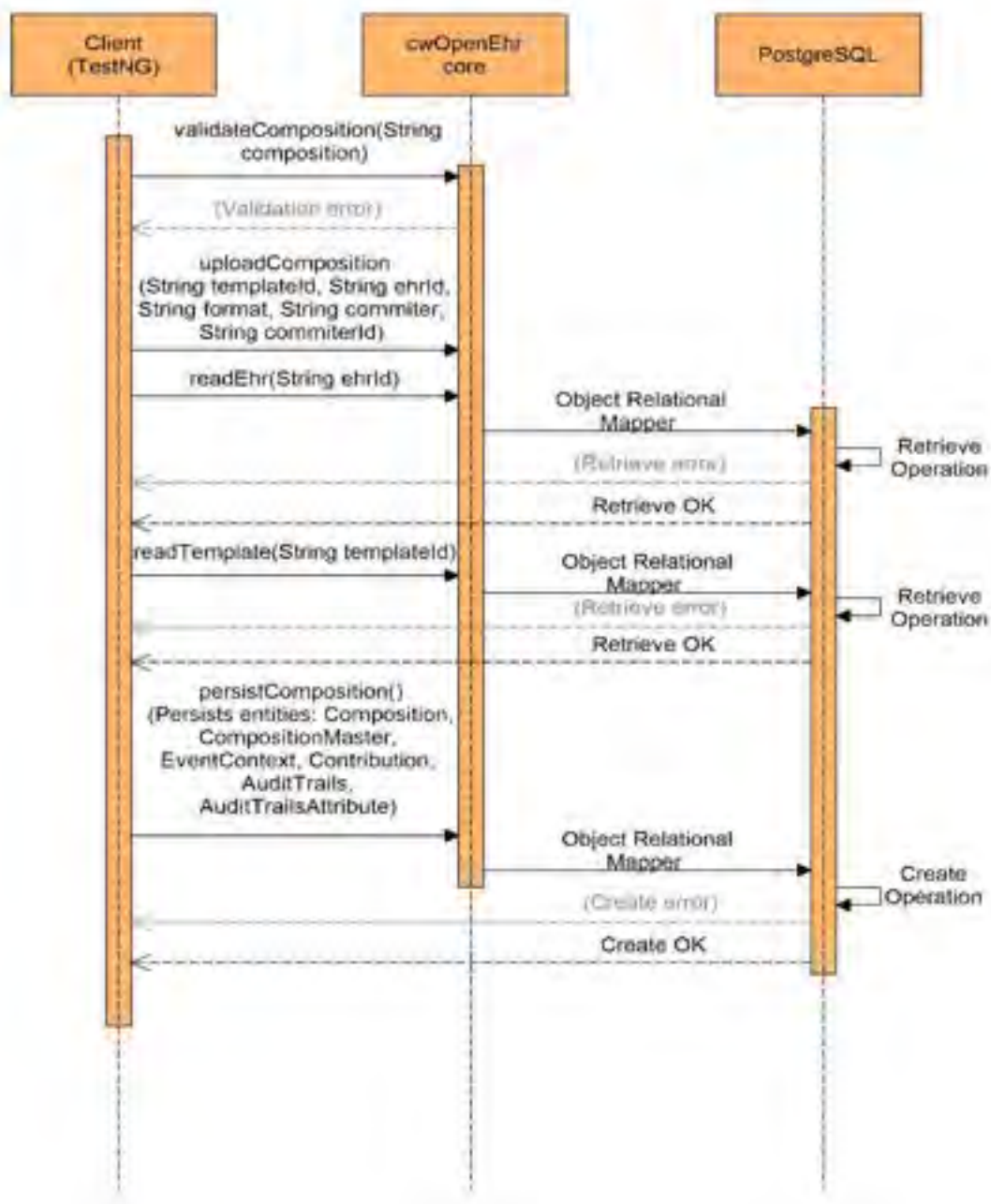


Figura 3: Diagrama de seqüência para persistência de uma composição *openEHR* pela abordagem sem utilização de *Representational State Transfer* (RESTful).

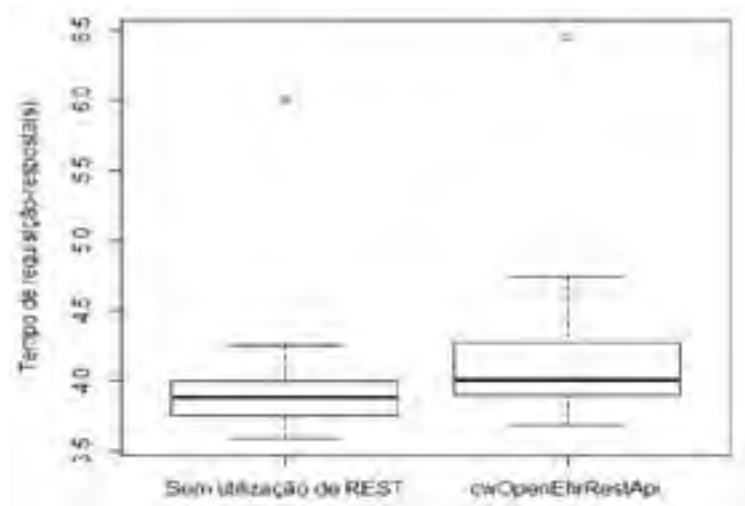


Figura 4: Boxplot para o tempo de requisição-resposta (em segundos) em relação à abordagem sem utilização da arquitetura *Representational State Transfer* (RESTful) e ao cwOpenEhrRestApi.

Tabela 1: Resultados dos testes estatísticos para o tempo de requisição-resposta (em segundos) da aplicação cwOpenEhrRestApi e da diferença entre a aplicação e a abordagem sem utilização de *Representational State Transfer* (RESTful).

Abordagem	Teste de Wilcoxon (valor p)	Teste de Wilcoxon Pareado (valor p)	Intervalo de confiança 95%
cwOpenEhrRestApi	V=0 (2,2e-16)	-	(4,01;4,13)
Diferença	-	V= 991(1,344e-07)	(-0,27;-0,11)

Conclusão

O presente estudo buscou avaliar a viabilidade de uma solução *openEHR* baseada em RESTful. Neste sentido realizou-se o teste de duas hipóteses: o TRR da aplicação cwOpenEhrRestApi é menor que 15 segundos; e o TRR da cwOpenEhrRestApi é próximo do TRR de uma aplicação web que não utiliza a arquitetura RESTful. Após os testes estatísticos, chegou-se a conclusão de que, utilizando um nível de significância de 5%, a primeira hipótese nula foi rejeitada (IC 95% 4,01;4,13) enquanto que a segunda não foi rejeitada (IC 95% -0,27;-0,11). Embora o TTR da cwOpenEhrRestAPI seja maior que a segunda, ainda assim é muito menor que o TTR máximo tolerável e as vantagens de se utilizar uma arquitetura RESTful se justificam em relação a segunda hipótese.

Espera-se que este trabalho tenha contribuído para realização de outros estudos similares utilizando aplicações baseadas no modelo de referência *openEHR*, principalmente após a portaria nº 2.073 de 31 de agosto de 2011 do Ministério da Saúde.

Como trabalhos futuros, sugere-se a avaliação de outros testes de desempenho (teste de carga e stress, gargalos, escalabilidade etc.), a avaliação de desempenho em relação à outras abordagens, como SOAP; utilização de outras composições *openEHR*, e execução de testes em um servidor remoto.

Finalmente, a auditoria deve ser obrigatória na persistência dos dados porque é fundamental para o processo de empoderamento do paciente pois este mecanismo lhe permitirá monitorar e, eventualmente restringir o acesso àqueles que manipulam os seus registros de saúde.

Agradecimentos

Os autores deste trabalho agradecem o apoio financeiro do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico (CNPq) por meio do Programa de Formação de Recursos Humanos em Áreas Estratégicas (RHAÉ).

Referências

- [1] Brasil. Ministério da Saúde. Portaria no 2.073, de 31 de agosto de 2011 [Internet]. [Citado em 2016 abr. 07]. Disponível em: http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2073_31_08_2011.html
- [2] Lasierra N, Alesanco A, Garcia J. Designing an architecture for monitoring patients at home: ontologies and web services for clinical and technical management integration, IEEE J. Biomed. Health Informatics. 2011; 18 (3): 896–906.
- [3] Barra DCC, Sasso GTMD. Padrões de dados, terminologias e sistemas de classificação para o cuidado em saúde e enfermagem. Rev. bras. enferm. 2011; 64(6): 1141-1149.
- [4] Anderson RT, Camacho FT, Balkrishnan R. Willing to wait?: the influence of patient wait time on satisfaction with primary care. BMC Health Serv. Res. 2007; 28 (7): 31.
- [5] Yang CY, Liu CT. Performance assessment and tuning for exchange of clinical documents cross healthcare enterprises. Computer Standards & Interfaces. 2015; 47 (1): 52-61.
- [6] Angadi SH, Ayachit NH, Patil PR. Response time estimation: a study of hospital information management system. Proceedings of International Symposium on Computing, Communication, and Control; 2009 Jan 23-24; Mumbai, India. New York: Advancing Computing as a Science & Profession, 2009.
- [7] Nah FFH. A study on tolerable waiting time: how long are web users willing to wait? Behav. Inform. Technol. 2004; 23(3) 153–163.
- [8] Kao CH, Lin CC, Chen JN. Performance testing framework for rest-based web applications. 13th International Conference on Quality Software. 2013 Jul 29-30; Najing, China.
- [9] Donald AH, Donald S. Download delay, tolerable wait time, and online learning. In: L.R. Patricia, et al., editors. Encyclopedia of Distance Learning. 2^a edition. Hershey, PA: IGI Global; 2009, p. 736–740.
- [10] Galitz WO. The Essential Guide to User Interface Design an Introduction to GUI Design Principles and Techniques. 3^a edition. New Jersey: Wiley Publishing; 2007.
- [11] Ronchi DCM, Spigolon DN, Garcia D, Cicogna PESL, Bulegon H, Moro CMC. Desafios no desenvolvimento de prontuários eletrônicos baseados em arquétipos: avaliação fisioterapêutica funcional. Fisioter. mov. 2012 ; 25(3): 497-506.
- [12] Ferreira AAT, Reis ZSN, Frade S, Gaspar JS, Hadad S, Correia RJC, et al. Proposição de um sumário de alta obstétrico visando à troca de informações, em padrão *OpenEHR*, para continuidade do cuidado materno-infantil. Medicina (Ribeirao Preto. Online). 2014; 47: 59-66.
- [13] da Silva GBM, Correia RJC. As bases do *openEHR*. 1st edition. Porto, Portugal: VirtualCare; 2015.
- [14] Leslie H. Introduction to Archetypes and Archetypes classes [internet]. [atualizado em 2012 dez. 17; citado em 2016 abr. 18]. Disponível em: <https://openehr.atlassian.net/wiki/display/healthmod/Introduction+to+Archetypes+and+Archetype+classes>
- [15] Li L, Chou W. Design and describe REST API without violating REST: A Petri net based approach. 9th Int. Conf. Web. Serv. 2011 Jul 4-9; Washington, DC, USA.
- [16] Sundvall E, Nyström M, Karlsson D, Eneling M, Chen R, Öрман H. Applying representational state transfer (REST) architecture to archetype-based electronic health record systems. BMC Medical Informatics and Decision Making. 2013; 13(1): 57.

- [17] Schaefer C, Ho C, Harrop R. Pro Spring. 4ª edition. New York: Appress; 2014.
- [18] Córdoba-Sánchez I, de Lara J. Ann: A domain-specific language for the effective design and validation of Java annotations. Computer Languages, Systems & Structures. 2016: 1-27.
- [19] EhrScape, API Explorer [Internet] [citado em 2016 abr. 18]. Marandi ©; 2014. Disponível em: <https://www.ehrscape.com/api-explorer.html>
- [20] AlShahwan F, Moessner K. Providing SOAP web services and RESTful web services from mobile hosts. Fifth International Conference on Internet and Web Applications and Services. 2010 Mai 9-15; Barcelona, Espanha.
- [21] Dudhe A, Sherekar SS. Performance Analysis of SOAP and RESTful MobileWeb Services. 2nd National Conference on “Recent Trends in Information Security”. 2014 Jan. Nagpur, Índia.
- [22] Moro TD, Dorneles CF, Rebonatto MT. Web services WS-* versus Web Services REST. REIC. 2011; 11(1): 36-51.

Contato

Flávio Barbosa
Centro de Informatizações e Análises
(CIAware), Av. Dra. Nadir Aguiar, 1805 -
Jardim Jamil Seme Cury, 14057-475, Ribeirão
Preto, São Paulo, Brasil.
E-mail: flavio@ciaware.com.br
Telefone: +55(16) 3315-9918

AVALIAÇÃO BIOESTATÍSTICA DA AFERIÇÃO DE PRESSÃO ARTERIAL NO SIMULADOR HUMANO

EVALUATING BIOSTATISTICS MEASUREMENT OF BLOOD PRESSURE IN HUMAN SIMULATOR

EVALUACIÓN DE BIOESTADÍSTICAS MEDICIÓN DE LA PRESIÓN ARTERIAL EM HUMANOS SIMULATOR

Heitor Hermes de Carvalho Rodrigues^{1,2}, Janimere Soares da Silva¹,
Aristides Sampaio Cavalcante Neto¹, Vicente Machado Neto² e Miguel Antônio Sovierzoski²

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Roraima (IFRR), Boa Vista, Brasil

²Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica (PPGEB), Curitiba, Brasil

²Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Curitiba, Brasil

Resumo: Objetivo: Este estudo aborda as aferições da pressão arterial (PA) realizadas por sete alunos do Curso Técnico em Enfermagem do IFRR por meio da técnica de ausculta dos sons de Korotkoff integrado ao simulador humano de alta fidelidade, *SimMan*®. **Método:** No *SimMan*® programou-se três níveis de PAs (hipotensão, normal e hipertensão) como referência, sendo realizada no laboratório de simulação de Unidade de Terapia Intensiva (UTI) do IFRR em dois dias, revezando de forma aleatória os voluntários da pesquisa para não haver fadiga, totalizando cinco mensurações para cada um dos três níveis de PA. **Resultados:** Os dados foram analisados pelo software *Minitab*®, onde o estudo apresenta diferenças entre o valor mensurado com o valor programado do *SimMan*®. **Conclusão:** Exemplifica o *SimMan*® como premissa de ser uma ferramenta didática e inovadora tanto para pesquisas em Engenharia Biomédica quanto para o desenvolvimento de habilidades em aferir a PA antes de praticar em um paciente humano.

Palavras-chave: Treinamento por Simulação; Bioestatística; Pressão Arterial.

Abstract: Objective: This study addresses the measurements of blood pressure (BP) performed by seven students of the IFRR Technical Nursing Course through the auscultation technique of Korotkoff integrated to the high fidelity human simulator, *SimMan*®. **Method:** The *SimMan*® was set with three levels of BP (hypotension, normal blood pressure and hypertension) as references. This research was done in the Simulation Laboratory of the IFRR Intensive Care Unit (ICU) in two days when the volunteers took turns randomly not to get fatigued and the measurements totaled five for each of the three BP levels. **Results:** The data were analyzed in the *Minitab*® software, where the study shows differences between the measured values and the values set in the *SimMan*®. **Conclusion:** It exemplifies the *SimMan*® as a premise to be an innovative teaching tool for both research in Biomedical Engineering and skills development for measuring the BP before performing in a human patient.

Keywords: Simulation Training; Biostatistics; Arterial Pressure.

Resumen: Objetivo: Este estudio se ocupa de la presión arterial (PA) realizado por siete estudiantes de la carrera técnica en IFRR de enfermería através de la técnica de auscultación de los sonidos de Korotkoff integrado simulador humano de alta fidelidad, *SimMan*®. **Método:** *SimMan*® programado tres niveles de PA (hipotensión, normal y alta presión sanguínea) como referencia, que se realiza en el laboratorio de simulación Unidad de Cuidados Intensivos (UCI) del IFRR en dos días, turnándose para investigar al azar voluntarios sin fatiga, por un total de cinco mediciones para cada uno de los tres niveles de PA. **Resultados:** Se analizaron los datos mediante el software *Minitab*®, en el que

el estudio muestra diferencias entre el valor medido con el valor conjunto de SimMan®. Conclusión: Es un ejemplo de los SimMan® la premisa de ser una herramienta didáctica e innovadora tanto para la investigación en Ingeniería Biomédica como para desarrollar habilidades en la evaluación de la AP antes de practicar en un paciente humano.

Descriptor: *Entrenamiento Simulado; Bioestadística; Presión Arterial.*

Introdução

A Unidade de Terapia Intensiva (UTI) é uma das unidades do hospital em que os pacientes necessitam de cuidados e atenção a todo o momento. Uma equipe especializada de profissionais de diversas áreas está pronta para dar suporte e tratamento adequado aos pacientes que se encontram em estado crítico¹.

O laboratório de simulação de UTI do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Roraima (IFRR) – Campus Boa Vista Centro, desenvolve e aperfeiçoa atividades de simulação realística de procedimentos realizados em uma UTI voltadas aos alunos do Curso Técnico em Enfermagem (CTEnf). Dentre os recursos tecnológicos existentes no laboratório, apresentado na Figura 1, se dispõe o *SimMan®* do fabricante Laerdal, um simulador humano de alta fidelidade, composto por diversas soluções integradas envolvendo recursos de engenharia biomédica e informática.

O simulador é caracterizado por um conjunto de soluções tecnológicas integradas e aplicadas no ensino, podendo ser configurado para a criação de cenários, permitindo aos alunos realizar os procedimentos, consolidando os conhecimentos teóricos adquiridos em sala de aula^{2,3}.

As características encontradas no *SimMan®* apresentam anatomia e algumas funcionalidades semelhantes à fisiologia humana como: sons pulmonares, sons cardíacos, pressão arterial (PA), entre outras. Além disso, essas características podem ser configuráveis em cenários e controlados por computador⁴.



Figura 1: Laboratório de simulação de UTI – IFRR Campus Boa Vista Centro, com um *SimMan®*.

Dentre os cenários disponíveis do *SimMan*®, este trabalho aborda a PA. A pressão arterial sistólica (PAS) e diastólica (PAD) corresponde, respectivamente, ao início ou maior e fim ou menor pressão presente no paciente ao utilizar um esfigmomanômetro para este fim, onde os sons tornam-se audíveis através do posicionamento do estetoscópio na artéria braquial localizado anatomicamente na porção medial da fossa antecubital⁵.

Para uma aferição adequada da PA torna-se necessário basear-se em observar determinadas condições que se relacionam o paciente e ao ambiente no qual se realiza o procedimento⁶.

A técnica empregada para mensurar a PA é a ausculta dos sons de Korotkoff utilizando esfigmomanômetro manual e estetoscópio biauricular como apresenta a Figura 2.

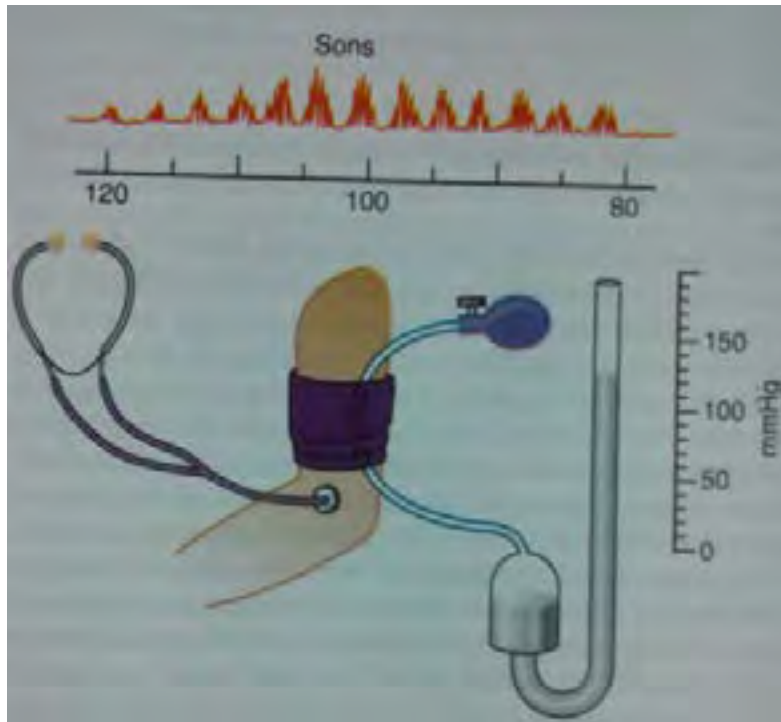


Figura 2: Medida de PA com método auscultatório dos sons de Korotkoff utilizando esfigmomanômetro manual em conjunto com estetoscópio biauricular. Fonte: Guyton⁵.

Mantendo-se uma velocidade de deflação de aproximadamente 2 a 4 mmHg/segundo no manômetro do esfigmomanômetro, pode-se identificar a pressão sistólica e diastólica, sendo este último termo, corresponde a cessão dos sons de Korotkoff⁵.

Este artigo aborda uma metodologia utilizando um recurso tecnológico de engenharia biomédica, *SimMan*®, para simular três níveis de PA em voluntários do último módulo do CTEnf do IFRR e analisar os dados por meio do software *Minitab*®, cujo objetivo é averiguar a habilidade em auscultar os sons de Korotkoff, se o valor programado no *SimMan*® corresponde a aferição de PA pelos voluntários utilizando um único esfigmomanômetro e estetoscópio de uso pessoal.

Métodos

O projeto foi aprovado por Comitê de Ética em Pesquisas (CEP) com Seres Humanos conforme a resolução 466/2012 do Ministério da Saúde (MS) na Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) por meio da plataforma Brasil cujo parecer é o número 1.544.404. Foi explicado o respectivo trabalho aos alunos do CTEnf, onde assinaram o TCLE (Termo de Consentimento Livre e

Esclarecido). O CEP recomendou-se a utilização de um TCLE para cada grupo: Grupo Experimental e Grupo Controle.

As inclusões destes voluntários na pesquisa foram: Estar regularmente matriculado no Curso Técnico em Enfermagem do IFRR - Campus Boa Vista Centro no módulo IV (último módulo); Ter cursado e/ou estar cursando as disciplinas: Assistência ao Paciente Assistência ao Paciente Crítico II e Assistência de Enfermagem em situações de urgência e emergência. E como critérios de exclusão da pesquisa os voluntários que apresentem ou desenvolvam algum impedimento de participar do projeto, tais como doenças contagiosas ou incapacitantes.

Um total de dezoitos alunos do módulo IV estavam presentes na explicação da pesquisa, concordaram em participar assinando o TCLE tornando-se voluntários. A divisão dos grupos controle e experimental foi aleatório. O grupo controle está relacionado a utilizar técnicas tradicionais de ensino, ou seja, mensuração de PA entre pares. Este trabalho explora somente o grupo experimental devido o foco estar relacionado ao *SimMan*®. A Figura 3 apresenta a metodologia empregada nesta pesquisa.

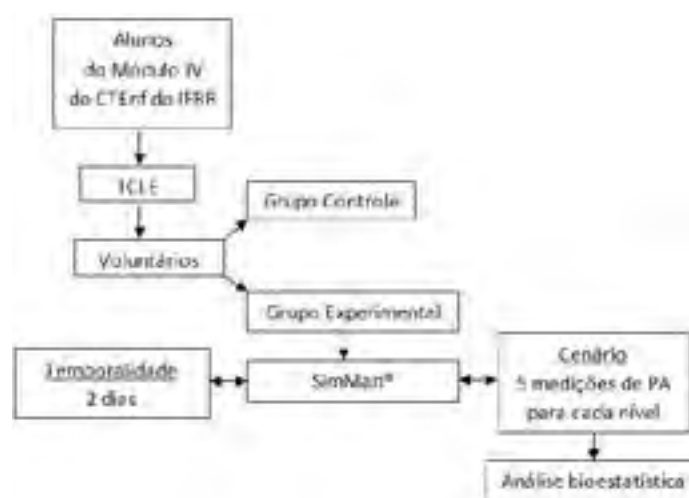


Figura 3: Metodologia empregada na pesquisa de aferição de PA.

O cenário proposto para a aferição da PA apresenta situações de hipotensão, normal e hipertensão. Foi explicado o objetivo e a periodicidade da pesquisa, porém apenas sete voluntários estavam presentes nos dois dias do experimento.

Cada voluntário realizou-se cinco mensurações na PA de modo aleatório para cada nível em um tempo de cinco minutos. Passado o respectivo período, há troca entre os voluntários presentes para não haver fadiga, totalizando no máximo quinze medições de PA por voluntário.

A pesquisa utiliza um único esfigmomanômetro da marca PREMIUM, tem-se certificado de verificação pelo Instituto de Pesos e Medidas do Paraná (IPEM-PR), resultando segurança e validação durante a mensuração da PA pelos voluntários.

A metodologia empregada baseou-se nas VI Diretrizes Brasileiras de Hipertensão Arterial indicando os níveis de PAs demonstrado na Tabela 1⁷. Desta forma programou-se os valores de PA no *SimMan*®, como referência, no laboratório de simulação de UTI do IFRR.

Tabela 1: Nível e valores da PA programada no *SimMan*® observando as recomendações das VI Diretrizes Brasileiras de Hipertensão Arterial⁷.

Nível de PA	PA Sistólica (mmHg) (PAS)	PA Diastólica (mmHg) (PAD)
-------------	---------------------------	----------------------------

Hipotensão	90 (Hipo_S)	40 (Hipo_D)
Normal	120 (Normal_S)	80 (Normal_D)
Hipertensão	186 (Hiper_S)	116 (Hiper_D)

A programação no *SimMan*® é realizada em um software específico do fabricante, por meio de um notebook, conforme apresenta a Figura 4.

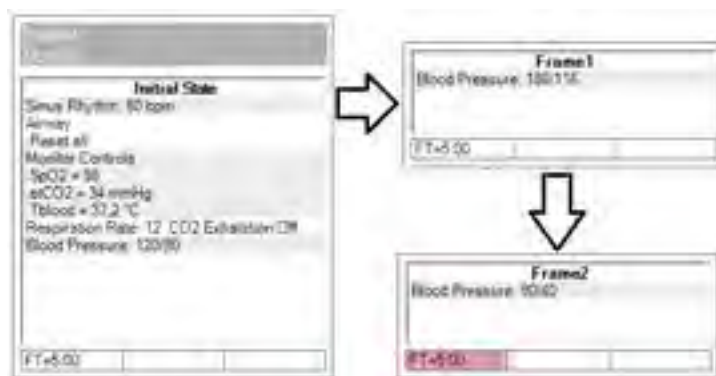


Figura 4: Programação em diagrama de blocos para configurar o nível da PA do *SimMan*®.

A Figura 4 apresenta as atividades de simulação a serem executadas de forma sequencial, uma vez que a programação do *SimMan*® é constituída por diagrama de blocos. Ou seja, a programação de uma simulação de PA nos três níveis propostos, encontra-se demonstrada nos frames: *initial state*, *frame1* e *frame2*, conforme os sinais fisiológicos de PA.

As programações dos *frames* para as respectivas simulações dos sinais fisiológicos de PA da Figura 4 são explanadas da seguinte forma:

- O *frame initial state* da Figura 1 programa os sinais vitais normalizados - $SPO_2 = 98\%$; temperatura corporal = $37,2\text{ }^\circ\text{C}$; frequência respiratória (awRR) = 12 respirações/min e pressão arterial = 120/80 mmHg. Este *frame* é executado por cinco minutos (FT=5:00), passando para o cenário do *frame1*;
- O *frame1* programa uma PA alta (186/116 mmHg) com cinco minutos de duração (FT=5:00), ou seja, uma hipertensão. As demais configurações dos parâmetros fisiológicos são mantidas. Somente a configuração da PA foi alterada;
- O *frame2* programa uma PA baixa (hipotensão - 90/40 mmHg) com tempo de cinco minutos (FT=5:00) na programação. Permanecendo com os mesmos sinais vitais do *initial state* e *frame1*, com exceção da PA. Ao término do tempo total de quinze minutos, reinicia o procedimento executando o *frame initial state*.

Os resultados provindos dos voluntários ao usar o recurso tecnológico são analisados pelo software *Minitab*®, se o valor programado da PA corresponde à respectiva medição realizada pelos voluntários, o t de *Student* e Análise de variância (ANOVA), com 95 % no intervalo de confiança, são propícios para esta finalidade.

O ANOVA permite otimizar o processo na habilidade de ausculta dos sons de Korotkoff em detectar dentro de um grupo distinguir qual(is) voluntário(s) para cada PA correspondente necessita de treinamento ou não.

Com os valores obtidos da PA, o *t* de *Student* é uma distribuição para estimar os parâmetros estatísticos com uma margem de segurança de 95 % a partir de amostras finitas. Nesta distribuição é possível comparar dois tratamentos diferentes utilizando o teste bilateral, considerando duas hipóteses^{8,9}:

- $H_0 : \mu_1 = \mu_2$
- $H_a : \mu_1 \neq \mu_2$

Onde:

H_0 : Hipótese Nula, onde a média dos valores de PA do *SimMan*® são iguais as medições realizado pelos voluntários utilizando o esfigmomanômetro com o estetoscópio. Em outras palavras, se o P-valor for maior que 0,05 não rejeita-se H_0 , indicando que não há necessidade de treinamento.

H_a : Hipótese Alternativa, onde a média dos valores de PA do *SimMan*® são diferentes das medições realizadas pelos voluntários utilizando o esfigmomanômetro e o estetoscópio). Em outras palavras, se o P-valor for menor que 0,05 rejeita-se H_0 , indicando a necessidade de treinamento.

μ_1 : Média das PAs do *SimMan*®.

μ_2 : Média das PAs do esfigmomanômetro aferido pelo aluno.

Resultados

A Figura 5 apresenta uma voluntária aferindo a pressão arterial do *SimMan*® no laboratório de simulação de UTI do IFRR conforme a metodologia da Figura 3.



Figura 5: Aluna realizando a ausculta dos sons de Korotkoff no laboratório de simulação de UTI – IFRR Campus Boa Vista Centro.

Estava planejado os voluntários mensurar um total de cento e cinco PAs no *SimMan*®, porém foram realizadas noventa medições como apresenta a Figura 6.

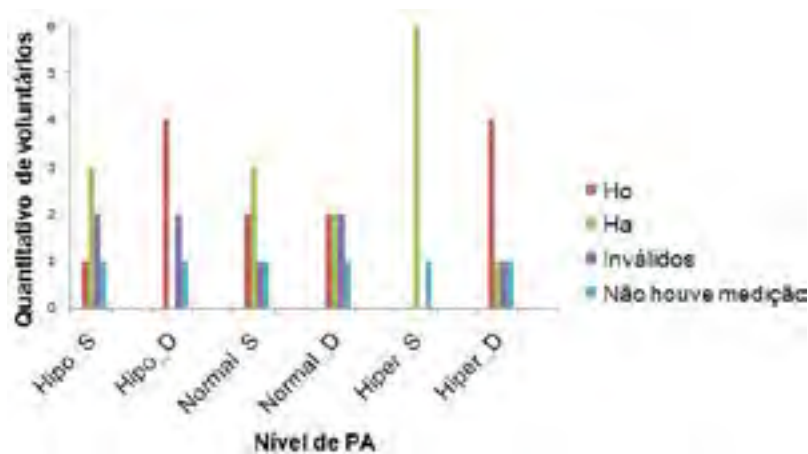


Figura 6: Quantitativo de voluntários x níveis de PAs com suas respectivas hipóteses.

Na Figura 6, três voluntários mensuraram somente dez PAs por motivos não informados, por sua vez há uma pendência de trinta PAs indicada com a coluna (cor azul) como “não houve medição”.

Os valores da Tabela 2 foram obtidos por meio do ANOVA no software *Minitab*® para cada nível de PA seja para sistólica (S) e diastólica (D).

Tabela 2: Dados extraídos por meio do ANOVA do Software *Minitab*®: P-valor, nível de PA e os respectivos voluntários.

P-valor	Nível de PA	Voluntários
0,002	Hipo_S	Voluntário2
0,006	Hipo_D	Voluntária7
0,427	Normal_S	-----
0,001	Normal_D	Voluntário1
0,003	Hiper_S	Voluntário1, Voluntário2
0,040	Hiper_D	Voluntário2

Discussão

O processo de simulação proporciona aos voluntários entrar em contato com quadros clínicos verdadeiros, em tempo real, desenvolvendo habilidades e aperfeiçoando técnicas nas medições de PA, aprimorando sua formação cognitiva¹⁰.

O simulador apresenta uma metodologia atrativa e motivadora para o CTEnf do IFRR, ao permitir o uso de técnicas e desenvolvimento de habilidades que serão utilizadas em sua vida profissional, como por exemplo, utilização do esfigmomanômetro e estetoscópio de uso pessoal para a ausculta dos sons de Korotkoff antes mesmo de realizar no paciente real^{5,10}.

Os valores de PA foram estabelecidos conforme a VI diretrizes de hipertensão arterial, onde menciona que os esfigmomanômetros devem estar calibrados, uma vez que o profissional da área da saúde pode-se aferir um valor que não condiz com a condição real do paciente⁷. Como, por exemplo,

diagnosticar o paciente como hipertenso seja por vários fatores: aparelho descalibrado, profissional não tem habilidade na ausculta dos sons de Korotkoff, ambiente impróprio e ruidoso dentre outros⁷.

Como padrão-ouro nas medições de pressão arterial no *SimMan*® utilizou-se um único esfigmomanômetro verificado pelo Instituto de Pesos e Medidas do Paraná (IPEM-PR), conforme a portaria do Instituto Nacional de Metrologia (INMETRO) n° 153, de 12 de agosto de 2005.

O uso do simulador humano *SimMan*® além de promover uma segurança ao futuro profissional, também desenvolve a capacidade de resolução de problemas de forma autônoma, diante da exigência do mercado de trabalho por profissionais mais qualificados, prontos a atuar em situações complexas e de caráter ético¹¹.

Ao mesmo tempo desperta técnicas pertinentes à futura profissão do técnico em enfermagem, estimula o trabalho em equipe, a motivação e a confiança através de um cenário de simulação realística demonstrando possíveis casos que podem ser vivenciados pelo profissional, no caso foram os três níveis existentes de PA¹².

O manuseio do *SimMan*® durante as aulas práticas, também diminui os riscos por parte dos voluntários, de cometer erros durante a realização dos procedimentos em um paciente humano por falta de experiência¹³.

Os cenários desenvolvidos com o simulador combinam teoria e prática no contexto de ensino-aprendizagem, formalizando uma mudança do paradigma no ensino do Curso Técnico em Enfermagem, comparando aos modelos tradicionais. Portanto, se fez necessária a verificação deste recurso tecnológico para comprovar se o valor programado corresponde à respectiva medição pelos voluntários.

Com base nos valores de P-valor provindos do software *Minitab*® com o t de *Student* em 95 % no intervalo de confiança gerou-se a Figura 6 no Microsoft Excel® para fins de comparar as hipóteses estabelecidas.

A Figura 6 totaliza o quantitativo de voluntários que apresentam hipóteses nula (H_0), hipótese alternativa (H_a), inválidos e que não houve medição, com um nível de significância de 0,05 com base nos valores individuais do P-valor resultante do software *Minitab*® nos três níveis de PA, conforme a Tabela 1.

Ademais, a Figura 6 gera os pontos estratégicos a serem melhorados pelos voluntários, especificamente são: Hipotensão, Normal e Hipertensão na pressão sistólica. O significado do termo “inválidos” é devido aos valores inseridos no *Minitab*®, pois não apresentam variância ocasionando a impossibilidade de realizar cálculos estatísticos.

O ANOVA foi utilizado para detectar qual voluntário, como apresentado na Tabela 2, está fora dos 95 % do intervalo de confiança necessitando de treinamento naquela PA mapeada. Pois a aferição do voluntário distanciou-se do valor de referência programada no *SimMan*®, desta forma tem-se como proposta de utilizar esta ferramenta como avaliação formativa para o respectivo voluntário em questão e ao mesmo tempo o voluntário pode-se repetir inúmeras vezes o procedimento até a completa desenvoltura da habilidade requerida.

A hipertensão sistólica (Hiper_S) apresenta isoladamente uma diferença significativa entre os voluntários e o valor programado do *SimMan*® conforme a Figura 6. Em outras palavras, todos os voluntários devem aprimorar ou ter treinamento o quanto antes na Hipertensão (pressão sistólica), por ventura não realizar a medida incorreta em seres humanos.

A Tabela 2 especifica pelo menos um voluntário apresenta uma média diferente no respectivo nível de PA, dentre os voluntários na mesma categoria quando o P-valor for menor que 0,05. Destaca-se que o único P-valor maior que 0,05 é a pressão normal diastólica indicando que todos os voluntários não necessita de treinamentos para esta PA em questão.

Os voluntários 1, 2 e 7 precisam de um treinamento no respectivo nível de PA conforme a Tabela 2, principalmente o voluntário 2, pois destacou-se em todos os níveis de PA.

Conclusão

Diversos autores, ao tratar sobre o tema simulação, afirmam que esse método é utilizado por décadas na educação em saúde, em universidades de todo o mundo^{2,3}. Essas leituras nos permitem afirmar que as atividades propostas pelo CTEnf acompanham o que há de mais moderno no processo ensino-aprendizagem em Instituições de Ensino.

A metodologia empregada utilizando um simulador humano com a bioestatística pode-se tornar um projeto piloto para diagnosticar as habilidades do aluno do CTEnf em auscultar os sons de Korotkoff, destacando qual o nível de PA deve ser aperfeiçoado ou recapitulado, antes de inserir-se no mercado de trabalho.

Casos de hipertensão especificamente na pressão sistólica apresentada pela Figura 6 destacaram-se quase todos os voluntários, evidenciando melhorias tanto pelos alunos quanto a serem realizadas pelo CTEnf com novas estratégias de ensino para o desenvolvimento de habilidades em ausculta dos sons de Korotkoff.

Essa metodologia detecta o aluno que necessita de mais treinamento no respectivo nível de PA em questão, desta forma em trabalhos futuros é possível acompanhar a evolução das habilidades em ausculta dos sons de Korotkoff em um curto prazo de tempo.

O *SimMan*® é um recurso tecnológico utilizado na complementação do desenvolvimento técnico-científico dos alunos, além de contribuir no ensino, pesquisa e extensão com metodologias aplicadas à aprendizagem. Exemplifica o *SimMan*® como premissa de ser uma ferramenta didática e inovadora tanto para pesquisas em Engenharia Biomédica quanto para o desenvolvimento de habilidades antes de aferir a PA em um paciente humano.

Agradecimentos

A Coordenação do Curso Técnico em Enfermagem do IFRR – Campus Boa Vista Centro por ter cedido o laboratório de UTI para a realização deste estudo.

Assim como a participação dos alunos voluntários para a experiência de simulação.

Ao professor de língua portuguesa Msc José Vilson Martins Filho do IFRR – Campus Amajari pela dedicação na revisão deste trabalho acadêmico.

Referências

- [1] Brasil. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 07, de 24 de fevereiro de 2010. Dispõe sobre os requisitos mínimos para funcionamento de Unidades de Terapia Intensiva. Brasília, 2010.
- [2] Nunes FLS, Costa RMEM, Machado LS, Moraes RM. Realidade Virtual para saúde no Brasil: conceitos, desafios e oportunidades. Revista Brasileira de Engenharia Biomédica, v. 27, n 4, pp. 243-258, 2011. DOI 10.4322/rbeb.2011.020.
- [3] Dourado ASS. A utilização do ensino baseado em simulação na educação continuada de médicos [dissertação]. UFRJ; 2014.
- [4] Quilici AP, Abrão KC, Timerman S, Gutierrez F. Simulação Clínica: Do conceito à aplicabilidade. Atheneu, São Paulo; 2012.
- [5] Guyton AC, Hall JE. Tratado de fisiologia médica. Elsevier; 2006.
- [6] Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. Estratégias para o cuidado da pessoa com doença crônica: hipertensão arterial sistêmica, Ministério da Saúde, Secretaria de Atenção à Saúde, Departamento de Atenção Básica. Ministério da Saúde, 2013.

- [7] Sociedade Brasileira de Cardiologia / Sociedade Brasileira de Hipertensão / Sociedade Brasileira de Nefrologia. VI Diretrizes Brasileiras de Hipertensão. Arq Bras Cardiol; vol. 95(1 supl.1): págs. 1-51, 2010.
- [8] Guimarães, PRB. Métodos quantitativos estatísticos. IESDE BRASIL S.A., 2008.
- [9] Albertazzi A, Sousa A. Fundamentos de Metrologia Científica e Industrial. Manole, 2008.
- [10] Santos, MC. Estudo da avaliação no disparador de aprendizagem Simulação Laboratório Morfofuncional/Faculdade de Enfermagem/ UFPel [dissertação]. UFPel; 2010.
- [11] Martins JCA, Mazzo A, Mendes IAC, Rodrigues MA. A simulação no Ensino de Enfermagem. p. 189 n 10, Série Monográfica. Educação e Investigação em Saúde. Escola Superior de Enfermagem de Coimbra; 2014.
- [12] Teixeira INDO, Félix JVC. Simulação como estratégia de ensino em enfermagem: revisão de literatura. Interface-Comunicação Saúde Educação; 2011.
- [13] Baptista RCN, Martins JCA, Pereira MFCR, Mazzo A. Satisfação dos estudantes com as experiências clínicas simuladas: validação de escala de avaliação. Revista Latino-Americana de Enfermagem. set.-out. 2014; 22(5):709-15. DOI: 10.1590/0104-1169.3295.2471.

Contato

Heitor Hermes de Carvalho Rodrigues.
IFRR–Campus Boa Vista Centro; Av. Glaycon
de Paiva, 2496. Pricumã. CEP: 69.303-340. Boa
Vista-RR. heitor@ifrr.edu.br.

FILTRAGEM SEMÂNTICA DE CONTEXTO APLICADA EM MONITORAMENTO DE SINAIS VITAIS

Guilherme Melo e Maranhão¹ e Renato de Freitas Bulcão Neto¹

¹Instituto de Informática (INF) / Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiânia, Brasil

Resumo: Este artigo propõe um mecanismo de filtragem baseado na semântica de contexto ontológico, que apóia a disseminação de contexto segundo uma comunicação *publish-subscribe*. A filtragem semântica é descrita como um serviço oferecido pelo sistema gerenciador de contexto *Hermes*; cenários de monitoramento de sinais vitais com dados reais foram definidos com auxílio de uma equipe de Enfermagem de um hospital universitário e usados para validação e avaliação de desempenho do serviço de filtragem orquestrado com outros serviços do sistema *Hermes*. Os resultados comprovam a eficácia da solução tanto do ponto de vista funcional quanto em relação ao tempo de resposta para a emissão de alarmes inferidos em função de anormalidades em sinais vitais. Conclui-se que a filtragem semântica, como apoio à inferência e à disseminação de contexto, é uma novidade na literatura, aliada à alta expressividade na especificação de filtros para atender diversas demandas de aplicações assinantes.

Palavras-chave: Sistemas de Informação em Saúde, Monitorização Fisiológica, Semântica

Abstract: *This paper presents a filtering mechanism based on the semantics of context modeled by ontologies and a publish-subscribe-based context distribution. The semantic filtering is described as a service provided by the Hermes context management system; scenarios of vital signs monitoring with real-world data were created by a Nursing staff from a university hospital and also used for the validation and a performance evaluation of the filtering mechanism orchestrated with other Hermes services. The simulation results demonstrate the adequacy of the filtering service in terms of functional validation and response time to the production of inferred alarms based on abnormalities of vital signs measurements. We conclude that the semantic filtering support for context inference and dissemination is the main contribution, besides the high expressiveness of filters specification to attend heterogeneous demands of subscribing applications.*

Keywords: *Health Information Systems, Monitoring, Physiologic, Vital Signs, Semantics.*

Introdução

A Computação Sensível a Contexto estuda mecanismos para fornecimento e utilização de informações de contexto, a fim de oferecer serviços e/ou informações relevantes a usuários e outras aplicações na realização de uma tarefa¹. Contexto é qualquer informação (ex.: identidade, localização ou temperatura) que caracteriza a situação de uma entidade (ex.: pessoa, lugar ou objeto) considerada relevante em uma interação usuário-aplicação.

Com o uso de informações de contexto, uma aplicação pode oferecer serviços adaptados aos interesses de usuários e às características do ambiente, como por exemplo alertar uma equipe médica com informações sobre o estado clínico de pacientes em resposta a anormalidades identificadas no monitoramento dos sinais vitais.

Para que informações de contexto sejam transmitidas a aplicações, os projetos de desenvolvimento de sistemas sensíveis a contexto seguem um ciclo de vida de contexto²: aquisição, modelagem, inferência e disseminação de contexto.

Considere o cenário de monitoramento de sinais vitais humanos para ilustrar o ciclo de vida de contexto. Dados primitivos de contexto de um paciente são adquiridos por meio de sensores físicos, como por exemplo medidas de saturação de oxigênio obtidas via oxímetro de pulso. Esses dados são posteriormente representados segundo a técnica de modelagem adotada pelo sistema, como linguagens de marcação, esquemas relacionais ou ontologias³⁻⁴.

Na etapa seguinte, as informações de contexto modeladas são submetidas a processos de inferência (ou interpretação) para que novos fatos sejam produzidos. Isto é, dados primitivos de contexto associados ao perfil de um paciente e a outras informações parametrizadas podem ser usadas por um sistema sensível a contexto para deduzir alguma anormalidade. Esse sistema deduziria, por exemplo, que um paciente com medidas de saturação de oxigênio inferiores a 95% encontra-se em estado de hipoxemia⁵.

A última etapa do ciclo de vida de contexto é a distribuição (ou disseminação) dessas informações interpretadas para aquelas aplicações que manifestaram interesse, por exemplo, em anormalidades no estado de saúde de pacientes monitorados em uma UTI.

Dentre os desafios reportados quanto ao estabelecimento do ciclo de vida de contexto, no escopo deste artigo, destacam-se aqueles voltados às etapas de modelagem e disseminação². A primeira etapa deve fornecer mecanismos de modelagem expressivos, formais e extensíveis de maneira a representar domínios contextuais complexos, resultantes da distinção semântica entre informações, como por exemplo medidas de sinais vitais e anormalidades associadas, perfis de pacientes e de profissionais de saúde, dentre outras. Essa modelagem também deve favorecer a inferência de situações novas a partir de fatos adquiridos de um ambiente de interação, como por exemplo a dedução do estado de saúde de um paciente baseada em leituras de seus sinais vitais.

Já a etapa de disseminação de contexto deve incorporar mecanismos que possibilitem a aplicações (e outras entidades interessadas) especificarem, com alto grau de detalhamento, os eventos de que desejam ser notificadas, como detalhes do estado de saúde de um paciente. A essa capacidade de parametrização das informações de contexto que devem ser disseminadas, dá-se o nome de filtragem de contexto.

Este trabalho propõe uma nova abordagem de filtragem para apoio à disseminação de contexto, filtragem esta associada à modelagem e à interpretação da semântica de informações de contexto. Neste trabalho, as etapas de modelagem, interpretação e disseminação estão implementadas em um Sistema de Gerenciamento de Contexto chamado *Hermes*⁶⁻⁷⁻⁸. A etapa de modelagem em *Hermes* é apoiada por ontologias³ tanto na representação de informações adquiridas de sensores quanto na de informações do domínio de aplicação. A interpretação em *Hermes* utiliza mecanismos de inferência baseados em ontologias e em regras de lógica de primeira ordem. Por fim, a disseminação de contexto apóia-se em um *middleware* de comunicação *publish-subscribe*, em que provedores (ex.: sensor) publicam informações, e assinantes (ex.: aplicação) são notificados dada a ocorrência de tais informações.

Métodos

O desenvolvimento do Sistema *Hermes* está em conformidade com requisitos e princípios de projeto de software considerados essenciais na literatura¹⁻², com o objetivo de apoiar o ciclo de vida de contexto. Em suma, esses requisitos e princípios de projeto incluem:

- modelagem de informações de contexto baseada em ontologias e regras, cujas características de expressividade, extensibilidade, formalismo e suporte a inferência estão alinhadas aos desafios² da etapa de modelagem do ciclo de vida de contexto;
- serviço de representação de contexto de baixo nível, em geral, obtido de sensores físicos;
- serviço de agregação de informações de vários provedores de contexto;
- serviço de inferência e filtragem de informações de contexto;
- serviço de armazenamento de contexto de baixo nível, agregado e inferido; e
- serviço de comunicação distribuída entre os serviços citados e destes com aplicações de usuário;

- independência de domínio de aplicação, tanto quanto à modelagem de informações de contexto quanto aos serviços supracitados.

Em todos esses serviços do Sistema *Hermes* de apoio à modelagem, raciocínio e disseminação de contexto são usados padrões da Web Semântica¹⁰, que consiste em uma extensão da Web atual cujas informações têm semântica explícita, formal e compartilhada entre sistemas de software. Dentre os padrões da Web Semântica adotados no Sistema *Hermes* encontram-se:

- o modelo de triplas (sujeito, predicado, objeto) do padrão RDF (*Resource Description Framework*);
- a linguagem OWL (*Ontology Web Language*) para construção de ontologias com alta expressividade para a modelagem de conceitos de um domínio de aplicação;
- a linguagem SWRL (*Semantic Web Rule Language*) que agrega regras a descrições ontológicas em OWL; e
- a linguagem SPARQL (*SPARQL Protocol And RDF Query Language*), padrão para consulta sobre modelos de triplas RDF.

Devido às características identificadas de aquisição e disseminação das informações de contexto, a forma de transmissão escolhida no Sistema *Hermes* dá-se via *middleware* de comunicação com suporte ao paradigma *publish/subscribe*. Nesse paradigma são definidos tópicos para os quais provedores de contexto publicam informações e assinantes de contexto são notificados quando tais tópicos são acionados. A Figura 1 ilustra o mecanismo geral de filtragem semântica para disseminação de contexto proposto.

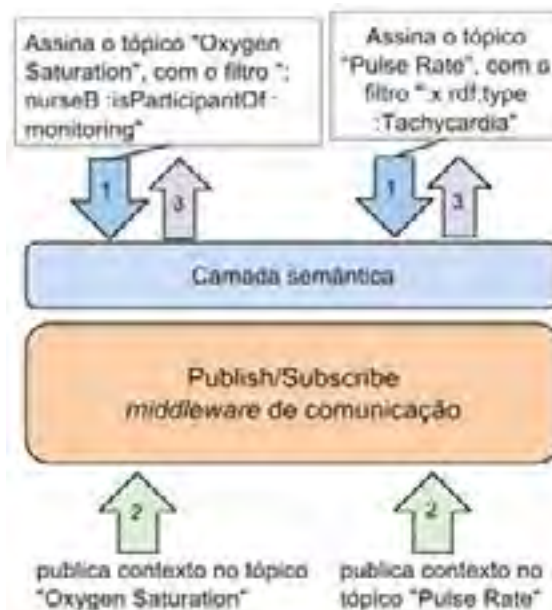


Figura 1: Mecanismo de filtragem semântica para disseminação de contexto.

No passo 1 da Figura 1, uma mesma aplicação assina tópicos para os sinais vitais saturação de oxigênio e frequência de pulso, respectivamente. A primeira assinatura filtra todos os monitoramentos de saturação de oxigênio de pacientes dos quais uma dada enfermeira é responsável. Já a segunda assinatura filtra todas as medidas de frequência de pulso que indicarem taquicardia.

O primeiro assinante será notificado (passo 3) assim que um provedor de contexto (ex.: oxímetro de pulso) publicar medidas de saturação de oxigênio (passo 2) de pacientes dos quais aquela enfermeira é responsável. Nenhum tipo de raciocínio é necessário, já que se conhece que pacientes devem ser monitorados e quem está responsável por cada um deles.

Por outro lado, essa mesma aplicação só será notificada (passo 3) pela segunda assinatura caso o estado de taquicardia seja detectado. Neste caso, é necessário que seja aplicado um mecanismo de raciocínio

sobre as medidas de frequência de pulso coletadas dos pacientes (passo 2), de forma a que seja avaliado se essas descrevem o estado de taquicardia de um paciente, isto é, se superiores a 100 bpm cada⁵.

A Figura 2 a seguir ilustra a arquitetura do Sistema *Hermes*, composta de três camadas: a camada das aplicações de usuário, que são consumidoras de informações de contexto; a camada da infraestrutura de serviços fornecidos pelo *Hermes*; e a camada de aquisição de contexto, composta de sensores e quaisquer provedores de informações de contexto. Uma descrição dos serviços oferecidos por *Hermes* é apresentada a seguir e maiores detalhes podem ser encontrados⁶⁻⁷⁻⁸:

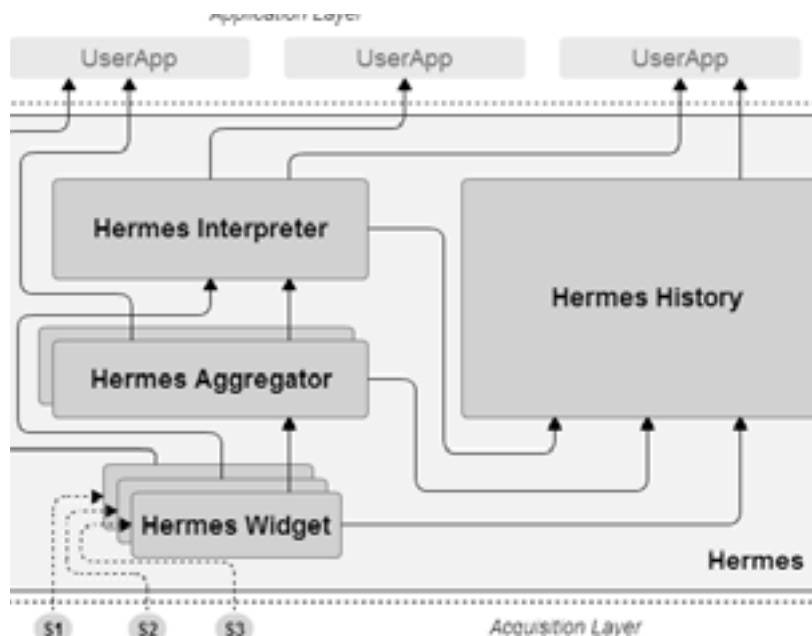


Figura 2: Arquitetura do Sistema Gerenciador de Contexto *Hermes*⁶⁻⁸.

- *Hermes Widget* (HW): provê o serviço de representação⁸ de contexto de baixo nível, em geral, obtido de sensores físicos;
- *Hermes Aggregator* (HA): realiza o serviço de agregação de informações de múltiplos *widgets* de contexto;
- *Hermes History* (HH): gerencia o armazenamento de contexto coletado de *widgets* de contexto, de agregadores de contexto e de informações de contexto inferidas pelo serviço *Hermes Interpreter*;
- *Hermes Interpreter* (HI): no contexto deste trabalho é o serviço mais importante, pois é responsável pela interpretação⁷ e filtragem de informações de contexto publicadas no Sistema *Hermes*.

A camada de serviços do *Hermes* é independente de domínio de aplicação em função do projeto modular de sua arquitetura, das divisões de responsabilidades entre cada serviço e, principalmente, do uso de ontologias como mecanismo de representação das informações de contexto, já que separam a lógica de programação do conhecimento do domínio de aplicação.

O primeiro domínio de aplicação em que os serviços do *Hermes* têm sido validados é o de monitoramento de sinais vitais humanos em UTI. Casos de testes, elaborados em conjunto com especialistas em Enfermagem, descrevem cenários para validar as características exigidas para os serviços do Sistema *Hermes*. Essa etapa também avaliou o serviço *Hermes Interpreter* (HI) com relação ao seu desempenho frente à inclusão de assinantes na infraestrutura, visando identificar a sua capacidade para atender as exigências da literatura médica quanto ao tempo de resposta para notificação de alarmes.

Para modelar as informações de contexto desse domínio de aplicação foi utilizado o modelo MSVH¹⁰ (Monitoramento de Sinais Vitais Humanos), composto de ontologias OWL para representar medidas de sinais vitais (frequência de pulso, frequência respiratória, saturação de oxigênio, pressão arterial e temperatura) com atributos e entidades relacionados, como parâmetros de normalidade,

data e hora da coleta, perfis dos pacientes e dos profissionais que os assistem, dentre outros. O modelo MSVH inclui também 80 regras SWRL, que descrevem estados de um paciente segundo aferições independentes de seus sinais vitais⁵⁻¹¹⁻¹², o que permite inferir a situação de um paciente e produzir alarmes relativos ao seu estado de saúde.

No cenário ilustrado na Figura 3, solicitações rotineiras de enfermeiros foram codificadas em aplicações, que assinam tópicos de interesse que envolvem, dentre outros, consultas a medições de sinais vitais de pacientes, que são representados no modelo MSVH em HWs específicos para cada tipo de sinal vital. Foram assim implementados 5 HWs, que atuam como publicadores de contexto em tópicos assinados por aplicações.

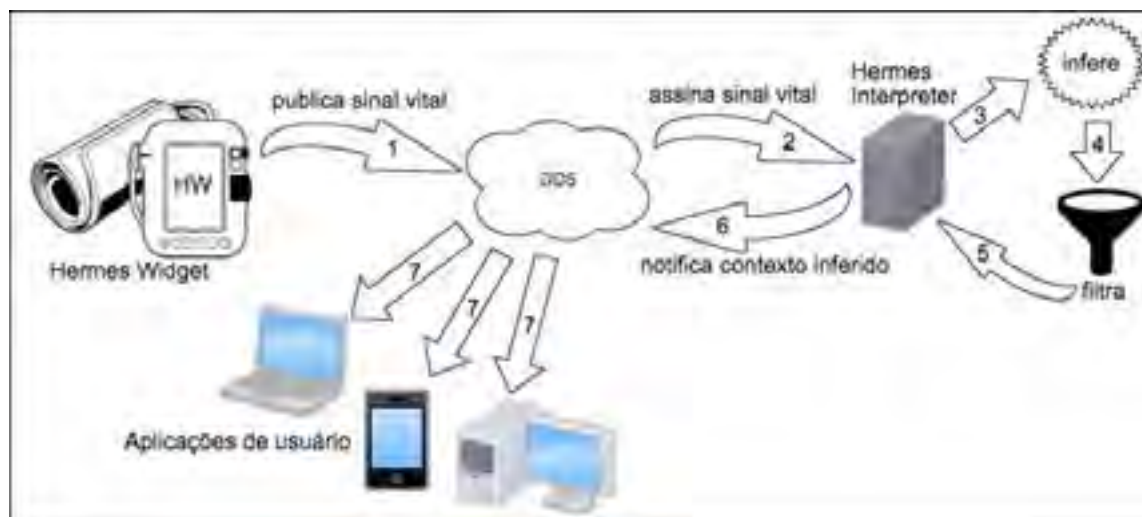


Figura 3: Cenário de validação do Sistema Gerenciador de Contexto *Hermes*.

Em suma, as interações ilustradas na Figura 3 são assim descritas: no passo 1, cada HW, específico para cada sinal vital, está associado aos sensores conectados ao paciente, representa por meio do modelo ontológico MSVH esses dados coletados e os publica na rede de distribuição de dados do *Hermes* (DDS na figura); no passo 2, o HI, que anteriormente havia assinado pelos tópicos associados aos sinais vitais, é notificado da publicação de um novo sinal vital; no passo 3, o HI realiza inferências sobre os sinais vitais coletados para descobrir novos fatos associados aos mesmos, conforme a ontologia e as regras do modelo MSVH; nos passos 4 e 5, o HI verifica se algum filtro de eventos especificado por uma aplicação-assinante para aquele sinal vital foi atendido; no passo 6, para cada filtro atendido, o HI notifica esse evento na rede DDS do *Hermes* para que as aplicações assinantes (passo 7), com as quais os enfermeiros interagem, sejam notificadas.

Embora os experimentos tenham sido realizados em um ambiente simulado, sem o uso de sensores físicos, as medidas dos sinais vitais utilizados são medidas reais, provenientes da base de dados pública MIMIC¹³ (*Multiparameter Intelligent Monitoring in Intensive Care*), que contém registros históricos de pacientes internados em UTI e enfermarias.

Os procedimentos adotados nos experimentos baseiam-se em entrevistas e reuniões presenciais com uma equipe de Enfermagem do Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Goiás. Com esse apoio, foram definidos cenários de validação dos serviços de filtragem e inferência do HI com diferentes relações enfermeiro-paciente.

O estudo de caso simulou um monitoramento de 14 pacientes assistidos por 3 enfermeiros, ao longo de 6 horas, assim distribuídos: os “EnfermeiroA” e “EnfermeiroB” assistem 5 pacientes cada, e o “EnfermeiroC”, 4 pacientes. Com base nas reuniões com a equipe de Saúde, os parâmetros utilizados

para cada filtro criado no HI incluem a identificação do paciente e do enfermeiro responsável, a data e a hora do monitoramento e a medida do sinal vital ou anormalidade associada.

A Tabela 1 descreve os tópicos assinados (e respectivos filtros) de cada instância da aplicação que simula as demandas de enfermeiros. As assinaturas dos tópicos mencionados na Tabela 1 resultaram no registro de consultas na linguagem SPARQL pelo HI. A cada nova solicitação de filtro, HI gera essa consulta e a inclui na fila de consultas por tópicos.

Tabela 1: Filtros especificados na simulação.

Aplicação	Tópico (sinal vital)	Configuração dos filtros
1	Frequência de pulso	Enfermeiro responsável: EnfermeiroA Anormalidade: bradicardia ou taquicardia
1	Saturação de oxigênio	Enfermeiro responsável: EnfermeiroA Valor de saturação de oxigênio < 90%
1	Pressão arterial	Enfermeiro responsável: EnfermeiroA Anormalidade: hipotensão, hipertensão sistólica isolada, hipertensão estágios 1, 2 ou 3
2	Frequência respiratória	Enfermeiro responsável: EnfermeiroB Anormalidade: bradipnéia, apnéia ou taquipnéia
2	Frequência de pulso	Enfermeiro responsável: EnfermeiroB Anormalidade: bradicardia ou taquicardia
2	Saturação de oxigênio	Enfermeiro responsável: EnfermeiroB Valor de saturação de oxigênio < 90%
3	Pressão arterial	Enfermeiro responsável: EnfermeiroC Valor de pressão média < 70 mmHg
3	Pressão arterial	Enfermeiro responsável: EnfermeiroC Valor de pressão média > 105 mmHg
3	Frequência de pulso	Enfermeiro responsável: EnfermeiroC Valor de frequência de pulso < 60 bpm
3	Frequência de pulso	Enfermeiro responsável: EnfermeiroC Valor de frequência de pulso > 100 bpm
3	Temperatura corpórea	Enfermeiro responsável: EnfermeiroC Anormalidade: febre alta

Resultados

O passo seguinte da simulação compreendeu a publicação dos sinais vitais da base de dados MIMIC pelos HWs. Os dados dos sinais vitais foram registrados em documentos no formato RDF, que transcreviam o modelo ontológico MSVH. Um exemplo de RDF resumido para frequência de pulso é exibido a seguir. Por esse resumo, destaca-se a medida coletada de 53 bpm do paciente identificado por *person033n* (anonimizado na base de dados MIMIC) e que o monitoramento é feito pelo “EnfermeiroA”. Essa informação é descrita com marcações semânticas compreensíveis para o HI, o que possibilita que realize a inferência de novos fatos, como por exemplo o fato desse paciente estar com bradicardia¹¹ (frequência de pulso < 60 bpm), e que um alarme para esse estado de saúde seja emitido, segundo as regras para frequência de pulso descritas no modelo MSVH.

```
msvh:mPulseRate01 a      msvh:MonitoringPulseRate ;
                    activity:hasParticipant  msvh:personEnfermeiroA ,
                                              msvh:person033n ;
                    tEvent:startDateTime    msvh:dateTimeEventMedida ;
                    msvh:hasMonitoringPulseRate  msvh:radialPulseRate01 .

msvh:FreqPulso0 a      msvh:VSO _ 0000030 ;
                    msvh:isMeasurementPulseRate  msvh:radialPulseRate01 ;
                    msvh:unitPulseRate    "bpm"^^xsd:string ;
                    msvh:valuePulseRate  "53"^^xsd:int .
```

Com base nessa descrição, a seguinte informação é gerada no contexto da aplicação do “EnfermeiroA”, representando a emissão de um alarme:

```
**** FILTRO ATENDIDO ****
Sinal Vital VSO _ 0000030 do paciente 033n _ VSO _ 0000030 recebido às
    Sat Mar 14 12:47:59 BRT 2015
Sinal Vital medido (valuePulseRate) -> 53 bpm
Tipo: VSO _ 0000030
Tipo: BradycardiaAlarm
```

Assim como fora feito para o sinal de frequência de pulso, o mesmo fora feito com os outros sinais vitais, de tal forma que o HI chegasse à conclusão de que um dado paciente se encontrasse em diferentes estados de saúde, segundo os dados utilizados na base de dados MIMIC e as regras do modelo MSVH.

Em ambientes em que múltiplos enfermeiros necessitam interagir com múltiplos pacientes, a possibilidade de parametrizar os alarmes a níveis bem específicos do ponto de vista dos sinais vitais, combinando outras informações da ontologia (ex.: enfermeiro responsável, leito, período de monitoramento), tudo notificado em dispositivos particulares dos enfermeiros, pode inibir a ocorrência da fadiga de alarme, problema tão recorrente em UTI e enfermarias.

Outro cenário validado foi a capacidade de inferência de contexto do HI após a alteração de modelo ontológico, sem que seja necessária a interrupção da execução do Sistema *Hermes*, nem a repetição das assinaturas de contexto por parte das aplicações de enfermeiros.

Foram realizadas duas alterações na ontologia. A primeira foi sugerida pela equipe de Enfermagem, que solicitou a inclusão da propriedade pressão arterial média para o sinal vital pressão arterial. A segunda alteração foi a substituição da propriedade que nomeia o paciente sendo monitorado, uma

vez que esta se encontra presente em todos os filtros anteriormente criados para os assinantes, conforme a Tabela 1. Essa mudança não foi sugerida pela equipe de Enfermagem, mas foi realizada para que se pudesse comprovar a manutenibilidade e a extensibilidade de HI quanto a alterações no modelo ontológico de contexto.

Assim, sem que se interrompesse a execução de *Hermes*, procedeu-se com as duas alterações na ontologia. O HI foi configurado de maneira que fosse notificado da alteração do domínio ontológico e assim, automaticamente, refez todos os filtros de assinantes criados para se adequarem às novas propriedades semânticas.

Após as etapas de inferência e filtragem, a seguinte resposta foi publicada ao assinante “Enfermeiro C”, comprovando a capacidade do HI de notificar corretamente as informações de contexto, mesmo após a alteração da ontologia:

**** FILTRO ATENDIDO ****

Sinal Vital VSO _ 0000005 do paciente 226n _ VSO _ 0000005 recebido às
Sat Mar 14 14:10:53 BRT 2015

Sinal Vital medido (valueSystolicBloodPressure) -> 155 mmHg

Sinal Vital medido (valueDiastolicBloodPressure) -> 84 mmHg

Tipo: VSO _ 0000005

Essa característica do Sistema *Hermes* confere flexibilidade e dinamicidade ao monitoramento de sinais vitais. Considerando a alta volatilidade de requisitos em sistemas computacionais juntamente com a alta demanda de assistência a pacientes, em que dependendo do ambiente é inviável a interrupção do monitoramento para atualização de sistema, esta característica se torna muito útil.

Outro resultado alcançado com a pesquisa foi a análise de desempenho do HI quanto às tarefas de inferência e filtragem de contexto em diversos cenários, diferenciados pelas complexidades dos filtros assinados pelos enfermeiros. Dependendo dos parâmetros escolhidos, os filtros poderiam ter tempo de inferência e execução diferentes, o que poderia acarretar em atraso para notificar assinantes. Neste trabalho foi utilizado como aceitável para notificação de alarmes de monitoramento de sinais vitais em UTI¹⁴ o intervalo de 19 segundos.

Neste experimento, foram avaliadas três categorias de filtros projetadas e implementadas no HI para atender a diferentes necessidades de aplicações de usuário: filtros sem inferência (FSI), filtros com inferência sem classes disjuntas (FCI) e filtros com inferência com classes disjuntas (FCID). Para todos os sinais vitais testados, calcularam-se tempos médios e desvios padrão da inferência e da filtragem para um número crescente de filtros (30, 300 e 3000), com o objetivo de representar cenários com diferentes demandas e próximas da realidade em UTI.

Os filtros FSI são compostos por parâmetros simples, como medidas de sinal vital ou nome do enfermeiro. Essas informações, por já estarem no contexto notificado pelo HW, o HI não necessita realizar inferência para obtê-las. Outro fator que agiliza o tempo de resposta é o pequeno tamanho do modelo RDF consultado pelo filtro, pois não contém informações inferidas. Para as notificações do tópico frequência de pulso, utilizando filtro FSI, a relação quantidade de assinantes e tempo é exibida na Tabela 2. Já os filtros FCI são compostos por parâmetros que demandam a etapa de inferência, pois os fatos contextuais publicados por HW ainda não contém tais dados, como é o caso do parâmetro de anormalidade apnéia para frequência respiratória. Assim, esses filtros são executados sob um modelo de triplas RDF consideravelmente maior do que os dos FSI, o que acarreta em tempos superiores, como mostra a Tabela 2. Também na Tabela 2 fica explícito que os filtros FCID resultaram em maiores tempos de inferência e filtragem, bem como se observa um comportamento linear na execução destes filtros, analisados por meio do tópico pressão arterial.

Tabela 2: Tempo médio de inferência para cada combinação de tipo de filtro e quantidade de filtros por tópico.

Tipo de filtro	30 filtros por tópico	300 filtros por tópico	3000 filtros por tópico
FSI	122,95ms	953,11ms	9,6s
FCI	233,95ms	1,5s	15,87s
FCID	279,26ms	2s	20,2s

Discussão

O aumento médio do tempo de processamento, comparado ao experimento com FCI, é justificado pelo fato do processador de consultas SPARQL ser exigido a percorrer todo o modelo RDF inferido até identificar todos os padrões de grafo compatíveis com cada cláusula UNION⁹. A cláusula UNION é inserida no filtro para possibilitar a consulta de classes disjuntas da ontologia que, para essa validação, são as anormalidades possíveis para pressão arterial: hipotensão e hipertensão sistólica isolada, estágio 1, estágio 2 ou estágio 3.

Os experimentos demonstraram também que somente a execução do HI com 3000 filtros para o tópico pressão arterial não atendeu ao requisito de tempo máximo aceitável para notificação de alarmes de pacientes em UTI e enfermarias, pois essa configuração teve tempo médio de 20,21s, ultrapassando os 19s estabelecidos na literatura¹⁴. Entretanto, segundo a opinião dos próprios profissionais de Saúde, esta configuração com 3000 filtros não corresponde, na prática, a um cenário realístico de monitoramento em UTI e enfermarias.

Conclusão

Este artigo apresentou uma nova abordagem para filtragem de informações de contexto cuja semântica é obtida por meio de ontologias. O mecanismo de filtragem semântica opera em conjunto com um serviço de inferência para reduzir a quantidade de informações a serem disseminadas para aplicações.

Os serviços de filtragem e inferência de contexto estão implementados em um sistema gerenciador de contexto chamado *Hermes*, em especial no componente *Hermes Interpreter*. Ambos serviços foram validados e avaliados em um cenário simulado de monitoramento de sinais vitais com o auxílio de profissionais de Enfermagem com experiência em UTI.

Os resultados comprovaram a adequação funcional e a eficácia da solução quanto ao tempo de resposta para a emissão de alarmes inferidos segundo anormalidades em sinais vitais.

Ao considerar requisitos e princípios de projeto considerados consensuais na literatura, percebe-se que a filtragem de contexto, com ou sem suporte semântico, é pouco explorada. Em geral, há pesquisas que fazem uso do paradigma *publish-subscribe*, porém poucas¹⁵⁻¹⁶ complementam o monitoramento e a detecção de eventos com um mecanismo de filtragem. Entretanto, esses mecanismos carecem de um mecanismo de especificação de filtros que atenda a interesses diversos de aplicações assinantes de eventos, como no estudo de caso apresentado.

Agradecimentos

Os autores agradecem a todos aqueles que têm contribuído com o desenvolvimento e a avaliação dos serviços oferecidos pelo Sistema *Hermes*, incluindo o *Hermes Interpreter*, em especial à profa. Dra. Virgínia Visconde Brasil e membros de sua equipe da Faculdade de Enfermagem da Universidade Federal de Goiás.

Referências

- [1] Dey AK, Abowd GD, Salber DA. A conceptual framework and a toolkit for supporting the rapid prototyping of context-aware applications. *Human-Computer Interaction*. 2001; 16(2-4):97–166.
- [2] Perera C, Zaslavsky A, Christen P, Georgakopoulos D. Context-aware computing for the Internet of Things: A survey. *IEEE Communications Surveys Tutorials*. 2014; 16(1):414–454.
- [3] Gruber T. A translation approach to portable ontologies. *Knowledge Acquisition*. 1993; 5(2):199–220.
- [4] Silva RR, Malucelli A, Cubas, MR. Em direção à Ontologia CIPESC®. *Journal of Health Informatics*. 2009; 1(1):22–26.
- [5] Potter PA, Perry AG, Hall AA, Stockert PA. *Fundamentos de Enfermagem*. 8a ed. Rio de Janeiro: Elsevier; 2013.
- [6] Veiga E.F., Maranhão G.M., Bulcão Neto R.F. (2014) “Apoio ao desenvolvimento de aplicações de tempo real sensíveis a contexto semântico”. In: *Anais do XX Simpósio Brasileiro de Sistemas Multimídia e Web*, João Pessoa, Brasil.
- [7] Maranhão G.M., Sene Júnior I.G., Bulcão Neto R.F. (2014) “Anatomy of a semantic context interpreter with real-time events notification support”. In: *Anais do XX Simpósio Brasileiro de Sistemas Multimídia e Web*, João Pessoa, Brasil.
- [8] Veiga EF, Maranhão GM, Bulcão Neto RF. Development and scalability evaluation of an ontology-based context representation service. *IEEE Latin America Transactions*. 2016; 14(3):1380–1387.
- [9] World Wide Web Consortium. Semantic Web Activity. 2016 Set. Disponível em: <http://www.w3.org/standards/semanticweb/>.
- [10] Bastos A.B., Sene Júnior I.G., Bulcão Neto R.F. (2014) „Modeling and inference based on the semantics of monitoring of human vital signs“. In: *Anais do XX Simpósio Brasileiro de Sistemas Multimídia e Web*, João Pessoa, Brasil.
- [11] De Cardiologia SB, De Hipertensão SB, De Nefrologia SB. VI Diretrizes Brasileiras de Hipertensão. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*. 2010; 5(1):1–51.
- [12] Porto CC, Porto AL. *Semiologia médica*. 7a ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2014.
- [13] Goldberger A, Amaral L, Glass L, Hausdorff J, Ivanov P, Mark R, et al. PhysioToolkit and PhysioNet: Components of a new research resource for complex physiologic signals. *Circulation Electronic Pages*. 2000; 23(6):215–220.
- [14] Matthias G, Boaz AM, Dwayne RW. Improving alarm performance in the medical intensive care unit using delays and clinical context. *Anesthesia & Analgesia*. 2009; 108(5):1546–1552.
- [15] Teymourian K., Streibel O., Paschke A., Alnemr R., Meinel C. (2009) „Towards semantic event-driven systems“. In: *Proceedings of the 3rd International Conference on New Technologies, Mobility and Security*, Cairo, Egypt.
- [16] Guermah H., Fissaa T., Hafiddi H., Nassar M., Kriouile A. (2013) „Context modeling and reasoning for building context aware services“. In: *Proceedings of the International Conference on Computer Systems and Applications*, Fes and Ifrane, Morocco.

Contato

Renato de Freitas Bulcão Neto
Instituto de Informática (INF)
Alameda Palmeiras, Quadra D
Câmpus Samambaia
Universidade Federal de Goiás (UFG)
CEP 74690-900 - Goiânia - GO
Fone: (62) 3521-1181
renato@inf.ufg.br
renato.bulcao.inf@gmail.com

AVALIAÇÃO DE UM WEBSITE SOBRE EXERCÍCIOS RESPIRATÓRIOS NO PÓS-OPERATÓRIO

Francisco Dimitre Rodrigo Pereira Santos¹; Simony Fabíola Lopes Nunes²; Livia Maia Pascoal³;
Pedro Martins Lima Neto⁴; Rodrigo Pimentel Viana⁵

¹Mestre em Ciências da Saúde, pela Universidade Federal do Tocantins-UFT. Docente do Instituto de Ensino Superior do Sul do Maranhão-IESMA/UNISULMA, Imperatriz-MA, Brasil.

²Mestre em Enfermagem pela Universidade Federal de Santa Catarina-UFSC. Docente da Universidade Federal do Maranhão-UFMA/CCSST, Imperatriz-MA, Brasil.

³Doutorado em Enfermagem pela Universidade Federal do Ceará-UFC. Docente da Universidade Federal do Maranhão-UFMA/CCSST, Imperatriz-MA, Brasil.

⁴Mestrando em Saúde e Ambiente pela Universidade Federal do Maranhão-UFMA. Docente da Universidade Federal do Maranhão-UFMA/CCSST, Imperatriz-MA, Brasil.

⁵Enfermeiro pela Universidade Federal do Maranhão-UFMA/CCSST, Imperatriz-MA, Brasil.

Resumo: Objetivo: Descrever o processo de avaliação da usabilidade do *website* Respirar, que contém informações sobre exercícios respiratórios no pós-operatório. **Método:** Trata-se de um estudo experimental, descritivo, sobre o desenvolvimento e avaliação da usabilidade de um website. A avaliação foi realizada por cinco profissionais da saúde, utilizando o questionário *System Usability Scale*. **Resultados:** O website obteve o *System Usability Scale Score* 85,5, sendo classificado com o nível de usabilidade “melhor alcançável”; os avaliadores fizeram ainda sugestões e apontaram alguns erros encontrados, para melhorar a usabilidade geral do site, estas serão implantadas e após isso, o *site* será disponibilizado publicamente na rede. **Conclusão:** Percebe-se que não houve problemas na avaliação, uma vez que os avaliadores compreenderam a finalidade do estudo, bem como o uso do questionário *System Usability Scale* e todas as sugestões foram de grande valia para o aprimoramento do *site* e serão aplicadas tornando o mesmo apto para uso.

Palavras-chave: Informática Médica; Exercícios Respiratórios; Internet; Sistemas de Informação em Saúde.

Abstract: Objective: To describe the process of evaluating the usability of Breathing website, which contains information about breathing exercises postoperatively. **Method:** This is an experimental, descriptive study on the development and evaluation of the usability of a website. The evaluation was carried out by five health professionals using the System Usability Scale questionnaire. **Results:** The website got the System Usability Scale Score 85.5, being rated the usability level “best achievable”; the evaluators also made suggestions and pointed out some errors found, to improve the overall usability of the site, they will be implemented and after that, the site will be publicly available on the network.

Conclusion: It is noticed that there were no problems in the evaluation, since the evaluators understood the purpose of the study, and the use of System Usability Scale questionnaire; all suggestions were of great value for improving the website and will be applied making it fit for use.

Keywords: Medical informatics; Breathing exercises; Internet; Information systems in health

Introdução

A tecnologia, a inovação tecnológica e sua aplicação no processo de pesquisa vêm ganhando espaço na área da saúde nos últimos anos, o que possibilitou um novo modo de pensar e fazer saúde.

O aumento do fluxo de informações possibilita o crescimento necessário à implementação de novas técnicas e o aprimoramento de outras já existentes, transformando a maneira como a informação é utilizada e adquirida tanto pelos profissionais quanto a comunidade⁽¹⁾. Os profissionais da equipe de saúde são colocados em contato direto com essas novas tecnologias e impulsionados a aprendê-las e implementar o uso delas em sua profissão, de modo a melhorar a qualidade da assistência fornecida aos pacientes⁽²⁾; abrangendo todos os níveis de atenção à saúde desde os mais simples até os mais complexos como é o caso do pós-operatório.

O período pós-operatório (PPO) transcorre com vários riscos para o paciente, pois o mesmo se encontra em um estado de fragilidade devido ao procedimento cirúrgico e a ação dos fármacos anestésicos; dentre os principais riscos, destacam-se as complicações relacionadas ao sistema respiratório⁽³⁾.

Associado à ação residual dos anestésicos, o sistema respiratório é influenciado pelo tipo de cirurgia, que algumas vezes afeta a mecânica respiratória pela ruptura de fibras musculares importantes neste processo; associando estes fatores à dor sentida pelo paciente nesse estágio de recuperação do PPO há uma alteração nos níveis e capacidades pulmonares, gerando hipoventilação, o que prejudica ainda mais a recuperação do paciente. Entretanto, as complicações do pós-operatório podem ser resolvidas com técnicas de exercícios respiratórios (ER) de fácil aplicação e compreensão por parte do paciente, possibilitando melhora no estado de saúde e recuperação do mesmo⁽⁴⁾.

Um dos meios que os familiares e pacientes de pós-operatório utilizam para buscar maiores informações sobre o procedimento realizado é a internet; este meio tem facilitado a divulgação de informação científica em todas as áreas do conhecimento, especialmente na área da saúde, tendo isto acontecido de diversas maneiras; podemos citar o avanço na quantidade de referenciais teóricos e bibliografias na construção de pesquisa científica, devido à publicação e disponibilização de periódicos na rede, a possibilidade de aquisição de materiais e equipamentos por menores preços, grupos de discussão em redes sociais, videoconferências, além de muitas outras⁽⁵⁾.

A internet oferece informações em saúde que complementam as orientações fornecidas pelos profissionais de saúde; o que auxilia o paciente a ter mais conhecimento sobre seu estado de saúde, no entanto há riscos, devido informações sem respaldo científico e inexatas, além de propaganda enganosa de produtos⁽⁶⁾.

Considerando que o Brasil ocupa o quinto lugar em busca de informações na internet sobre assuntos relacionados à saúde, é importante avaliar que, embora esta ferramenta facilite o acesso dos pacientes e profissionais às informações sobre saúde, ainda é grande o número de sites que fornecem dados errôneos, visto que, os portais nem sempre possuem uma equipe capacitada para apresentar as informações, e na maioria das vezes estas são baseadas em experiências sem respaldo científico⁽⁷⁾.

Devido a esta facilidade, o uso da internet como ferramenta para a aquisição de informações cresceu intensamente nos últimos anos, se tornando a ferramenta de escolha para muitas pessoas na realização desta tarefa; o aparecimento de sites com informações em saúde possibilitou avanços no autocuidado, porém ao mesmo tempo pode causar problemas graves, devido à existência de informações errôneas ou incompletas na rede. Neste sentido, é necessário à implementação de atitudes por parte dos administradores destes sites para garantir a qualidade e embasamento das informações expostas ao público.

Vale ressaltar que as informações referentes à saúde e seus afins, dispostas no ambiente virtual, sejam submetidas a um processo de verificação da qualidade, usando-se instrumentos desenvolvidos para este fim, com vistas a diminuir os riscos do uso inadequado das informações, e mesmo a extinção de informações inexatas ou equivocadas⁽⁸⁾.

Especialmente sobre exercícios respiratórios no pós-operatório pouco se tem encontrado na literatura nacional. Pensando nessa lacuna e no potencial da informática para educação em saúde, foi elaborado o *website* Respirar, para garantir que este pudesse ser um ambiente com informações confiáveis, podendo ser usado tanto pelos profissionais de saúde, comunidade acadêmica, familiares e pacientes em PPO, e demais pessoas interessadas no assunto.

Ressalvamos a importância que os sites com informações de saúde têm, quando respaldados e construídos com bases científicas, podem ser utilizados tanto pelos profissionais de saúde para aprimoramento dos conhecimentos teóricos e tomada de decisões, como pela comunidade ampliando a promoção e educação em saúde. Assim, o objetivo deste estudo é descrever o processo de avaliação da usabilidade do *website* Respirar, que contém informações sobre exercícios respiratórios no pós-operatório.

Método

Trata-se de um estudo experimental, descritivo, relacionado à avaliação quanto à usabilidade de um *website* sobre exercícios respiratórios no pós-operatório de cirurgias torácicas e abdominais alta. O estudo experimental é o tipo de pesquisa onde o pesquisador tem controle sobre o produto e/ou amostra que está sendo estudado e, procuram relatar e registrar experiências e observações de programas e/ou tratamentos nunca colocados em prática, possibilitando o intercâmbio de ideias⁽⁹⁾. Optou-se por esse desenho metodológico, pois os pesquisadores possuem controle sobre o *website* (produto) e o mesmo nunca foi colocado ao acesso da população alvo. Esta investigação foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Maranhão-CEP/UFMA, com o número do parecer 629.315.

O website “Respirar: um site sobre exercícios respiratórios no pós-operatório” foi desenvolvido inicialmente utilizando um referencial teórico de exercícios respiratórios, e posteriormente realizado a modelagem da interface, seguida das etapas de criação das páginas do website e das mídias (textos, imagens e vídeos). Depois de finalizadas estas etapas o website foi desenvolvido no seguinte URL: <http://resprar.wix.com/respirar>.

Para avaliação do estudo, a amostra foi por conveniência, sendo convidados profissionais com os seguintes critérios: ter pelo menos pós-graduação lato sensu, experiência em exercícios respiratórios, atuação em pós-operatório de cirurgias torácicas e abdominais, dentre eles: médicos, fisioterapeutas, enfermeiros e profissionais da informática. No total, 11 profissionais foram convidados, oito aceitaram proceder à avaliação do website, porém somente cinco realizaram a avaliação. Cada avaliador recebeu via e-mail o instrumento de avaliação, o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – TCLE e o link do website, e tiveram o prazo de dez dias para reenviar os questionários preenchidos e o TCLE assinado.

Considerou-se nesse estudo, usabilidade, um termo utilizado para definir a qualidade da interação usuário-interface⁽¹⁰⁾, e qualidade associada a cinco princípios, sendo: facilidade de aprendizado; facilidade de lembrar como realizar uma tarefa após algum tempo; rapidez no desenvolvimento da tarefa; baixa taxa de erros; e, satisfação subjetiva⁽¹¹⁾.

Como instrumento de avaliação da usabilidade do sistema, foi utilizado o questionário *System Usability Scale* (SUS)⁽¹²⁾. O SUS é um questionário composto por dez afirmações relativas à usabilidade do objeto avaliado, seja um site, sistema ou aplicativo; as afirmações ímpares (1, 3, 5, 7 e 9) indicam os pontos positivos da usabilidade, enquanto as afirmações pares (2, 4, 6, 8 e 10) indicam problemas na usabilidade relativamente contrários aos pontos indicados nos itens ímpares.

O conteúdo do questionário avalia o interesse em continuar a usar o site (itens 1 e 2), a facilidade na navegação e uso (itens 3 e 4), a consistência das informações e integração entre elas no site (itens 5 e 6), a facilidade e comodidade do uso (itens 7 e 8) e por fim a segurança passada pelo site ao usuário e necessidade de uso de materiais de apoio (itens 9 e 10).

O questionário SUS produz um único valor que corresponde à usabilidade geral do sistema analisado, neste caso do website. Para calcular o score total de usabilidade, primeiro são somadas as contribuições de cada item que podem variar de 0 a 4; assim, para os itens 1, 3, 5, 7 e 9, o valor da contribuição é a posição na escala -1, e para os itens 2, 4, 6, 8, e 10 a contribuição é igual a 5 menos

a posição na escala. Depois de somadas as contribuições individuais, multiplica-se este valor por 2,5 para obter a pontuação geral do SUS. Os valores do SUS *Score* variam de 0 a 100, em que de 0 a 25 é considerado o pior alcançável, de 25 a 39 como ruim, de 39 a 52 como aceitável, de 52 a 74 como bom, de 74 a 85 como excelente e de 85 a 100 como o melhor alcançável⁽¹³⁻¹⁴⁾.

Resultados

A avaliação realizada pelos cinco profissionais da saúde mostrou resultados positivos, não obtendo nenhuma avaliação abaixo da classificação “bom”, seguindo as classificações propostas pela escala de usabilidade SUS *Scores*⁽¹³⁾. As avaliações individuais dos participantes estão expostas na Tabela 1, bem como o SUS *Score* das respectivas.

Tabela 1: Resultado das avaliações de usabilidade do website “Respirar”.

Avaliador	Soma total das contribuições individuais	SUS Score	Classificação da usabilidade
1	24	60,0	Bom
2	39	97,5	Melhor alcançável
3	39	97,5	Melhor alcançável
4	31	77,5	Excelente
5	38	95,0	Melhor alcançável
Média Geral	34,2	85,5	Melhor alcançável

A soma das contribuições de todos os itens do SUS, atribuídas pela avaliadora 1 foi igual a 24 pontos, multiplicando este valor por 2,5 obtemos o SUS *Score* referente a esta avaliação individual, gerando o valor de 60; este valor representa a nota da usabilidade geral do site, de acordo com a avaliadora 1, o que classifica o mesmo com uma usabilidade “boa”. Já a segunda e terceira avaliações resultaram um total de 39 pontos cada, referentes ao SUS *Score* de 97,5, colocando o site na classificação de usabilidade “melhor alcançável”, sendo as melhores avaliações que o site recebeu. A quarta avaliação atribuiu um total de 31 pontos, resultando no SUS *Score* de 77,5 relativo a uma usabilidade “excelente”, e a última avaliação gerou um total de 38 pontos e SUS *Score* de 95, classificando a usabilidade do site como “melhor alcançável”. Desta forma o site obteve três classificações de usabilidade “melhor alcançável”, uma como “excelente” e uma como “boa”.

O valor total de usabilidade do website é referente à média de todos os SUS *Scores*, resultando em um total de 85,5, com desvio padrão de 6,6 para mais ou para menos, o que, respeitando-se o propósito pela escala de usabilidade SUS *Scores*⁽¹³⁾, é considerado como a pontuação “melhor alcançável”, indicando que o website alcançou seu objetivo, apresentando uma interface fácil de ser utilizada e entendida.

Além da atribuição dos valores à usabilidade do site, caso julgassem necessário os avaliadores também puderam fazer comentários acerca do site como um todo; dentre os comentários feitos, a maioria se pautou em sugestões para melhoria da usabilidade e para correção de pequenos problemas, porém também houve pontuações sobre os aspectos positivos, principalmente em relação ao uso dos vídeos e informações presentes no site, como relatado:

“Os vídeos são bem educativos e valorizam bastante o site”. (Avaliador 2)

“Acho que o site apresenta informações pertinentes sobre seu objeto de estudo [...]”. (Avaliador 4)

As sugestões são sempre válidas, pois auxiliam na organização e complementação do site, neste as principais sugestões recebidas serão acatadas e estas serão feitas antes de disponibilizar o mesmo na internet. Como identificado no fragmento abaixo:

“O website não deixa claro seu público-alvo [...] a linguagem do mesmo não está direcionada”. (Avaliador 1)

Para solucionar o problema será indicado na página inicial que o público-alvo são os profissionais da área da saúde que trabalham com pacientes no PO e também a sociedade acadêmica, além de ser revisada a linguagem como um todo.

“Acho que a disposição das informações poderia ter maior destaque. Ao abrir o site e ler as informações, tive sempre a impressão de ler uma folha de papel virtual [...]”. (Avaliador 4)

A escolha desse layout de página foi intencional, pensando na clareza e simplicidade, além da consistência entre as páginas; será analisada a necessidade de adaptação do layout.

“Os autores são citados em algumas afirmações, mas não há referência, logo, caso o leitor queira procurar a referência fica impossibilitado”. (Avaliadora 1)

Todas as citações possuem um link para a página com o trabalho original, onde o leitor pode aprofundar a leitura, porém esta funcionalidade não está exposta em nenhum lugar no website; será criada uma página específica com todas as referências bibliográficas usadas, e materiais úteis para leitura complementar.

Por fim um erro estrutural foi relatado, no qual uma imagem ilustrativa se sobrepôs ao texto, impossibilitando a leitura, porém este erro foi relatado apenas por uma avaliadora, podendo ter sido causado por fatores externos ao site, desse modo será investigado a causa, e caso seja um problema realmente na construção do site, é facilmente corrigido com uma mudança de posicionamento da imagem na página.

Discussão

Os achados neste estudo condizem com outras pesquisas recentes⁽¹⁵⁻¹⁷⁾, que criaram websites e aplicativos para smartphones com informações em saúde e utilizaram o sistema de avaliação da usabilidade. Apesar de ser um instrumento simples, o questionário SUS possibilita uma avaliação geral da usabilidade de determinado produto, fornecendo resultados de fácil interpretação, justificando sua larga implementação em estudos de avaliação⁽¹⁴⁾.

Em pesquisa⁽¹⁶⁾ realizada sobre desenvolvimento e avaliação de aplicativo para enfermeiros auditores), foi utilizada metodologia semelhante à presente pesquisa, obtendo um resultado próximo a este; as autoras criaram e avaliaram um sistema web e aplicativo móvel para auditoria de contas hospitalares. Ao avaliarem a usabilidade do sistema utilizando o questionário SUS, encontraram os valores de SUS Score de em média 90 ± 5 para o aplicativo em disposto móvel e 97 ± 5 para o sistema web, classificando ambos os produtos com uma usabilidade “melhor alcançável”.

Por ser uma área que está em expansão, ainda são poucas as pesquisas na área, portanto são reduzidos os estudos que avaliam a usabilidade dos sites antes de serem publicados. A confiabilidade do SUS vem sendo demonstrada na literatura, sendo um dos instrumentos mais utilizados para proceder avaliações de usabilidade⁽¹³⁾.

Outros estudos^(1, 18, 19) foram conduzidos em relação à criação e avaliação de websites com informações em saúde, contudo, utilizando metodologias de avaliação diferentes da usada neste estudo; apesar disso, todos se basearam na necessidade de ambientes virtuais na internet com informações seguras e confiáveis, para isso utilizaram a pesquisa científica e recomendações de instituições que trabalham para dar qualificação e propriedade aos sites com informações em saúde, como a *Health On The Net Foundation* (HON) e o *Health Information Technology Institute* (HITI).

Destacamos a necessidade do processo de avaliação de sites de saúde, principalmente realizada por profissionais e/ou especialistas na área de estudo do site, prevenindo o aumento de informações errôneas disponibilizadas na internet, e assegurando a confiabilidade para os usuários leigos⁽⁶⁾. Cabe ressaltar que o *website* aqui apresentado, só será liberado publicamente na rede depois de aplicadas as mudanças sugeridas pelos avaliadores.

A área da saúde tem gerado cada vez mais um grande volume de informações, forçando os profissionais a estarem sempre buscando atualização de seus conhecimentos e prática. Nesse sentido, a informação é a essência da profissão, de modo que os profissionais da saúde necessitam dela para realizar os processos de cuidado, gerenciamento e avaliação, tarefas realizadas durante o dia a dia do trabalho, desse modo, quanto mais informação de qualidade estes profissionais tiverem, melhor será sua tomada de decisão e conseqüentemente o ato profissional⁽¹⁾.

Como ponto forte do presente estudo, destaca-se a escolha do questionário SUS, pelo seu método simples e eficaz na avaliação da usabilidade de um sistema. Além disso, proporciona um *feedback* das principais dificuldades encontradas pelos usuários em um curto intervalo de tempo. Aponta-se como limitação deste estudo, o número pequeno da amostra, no que se refere a análise estatística e suporte dos achados.

Conclusão

Após a avaliação realizada pelos profissionais, notou-se que o website é um ambiente com uma usabilidade “melhor alcançável”, possuindo uma interface fácil de ser usada, e entendida. Somado a isto, as avaliações e percepções realizadas pelos avaliadores sugerem que o mesmo é uma fonte confiável de informação em saúde, por ser embasado em literatura científica.-

Algumas alterações foram sugeridas, estando o website, depois de aplicadas as sugestões, apto a ser liberado publicamente na rede. Contudo, novos estudos são necessários tendo como foco a avaliação da plataforma digital de aprendizado pelos próprios pacientes, familiares e outros profissionais.

Referências

- [1] Lins TH, Verissimo RCSS, Marin HF. Concepção dos enfermeiros sobre o conteúdo do website sala de recuperação pós-anestésica. Rev Bras Enferm. 2010; 63(1): 22–25.

- [2] Koerich MHAL, Vieira RHG, Silva DE, Erdmann AL, Meirelles BHS. Produção tecnológica brasileira na área de enfermagem: avanços e desafios. *Rev Gaú Enferm.* 2011; 32(4): 736–743.
- [3] Dias CM, Plácido TR, Ferreira MFB, Guimarães FS, Menezes SLS. Inspirometria de incentivo e breath stacking: repercussões sobre a capacidade inspiratória em indivíduos submetidos à cirurgia abdominal. *Rev Bras Fisioter.* 2008; 12(2): 94–99.
- [4] Trevisan ME, Soares JC, Rondinel TZ. Efeitos de duas técnicas de incentivo respiratório na mobilidade toracoabdominal após cirurgia abdominal alta. *Fisio Pesq.* 2010; 17(4): 322–326.
- [5] Silva LVER, Júnior JFM, Mion O. Avaliação das informações sobre rinite alérgica em sites brasileiros na rede mundial de computadores (Internet). *Rev Bras Otor.* 2005; 71(5): 590–597.
- [6] Mendonça APB. Critérios de avaliação de qualidade para sites de saúde: uma proposta. [Dissertação] – Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca. Rio de Janeiro, 2013.
- [7] Oliveira F, Bertollo EMG, Pavarino EC. A Internet como fonte de Informação em Saúde. *Jouf Heal Infor.* 2013; 5(3): 98-102.
- [8] Moraes IHS, Gómez MNG. Informação e informática em saúde: caleidoscópio contemporâneo da saúde. *Ciêns Saúde Colet.* 2007; 12(3): 553-565.
- [9] Bastos RR, Vieira MDT. Estatística na pesquisa em saúde. In: NETO, J. A. C. (Organizador). *Metodologia da Pesquisa Científica: da graduação à pós-graduação.* Curitiba: CRV. 2012. 175-204.
- [10] Bevan N. Usability is quality of use. Anzai & Ogawa (eds) *Proc. 6th International Conference on Human Computer Interaction*, 1995.
- [11] Nielsen J. *Usability Engineering.* Boston - USA: Academic Press, p. 362, 1993.
- [12] Brooke J. *SUS - A quick and dirty usability scale.* 1996.
- [13] Bangor A, Kortum P, Miller J. Determining What Individual SUS Scores Mean: Adding an Adjective Rating Scale. *Jour Usab Stud.* 2009; 4(3): 114-123.
- [14] Bangor A, Kortum P, Miller J. An empirical evaluation of the system usability scale. *Inter J Human-Com Inter.* 2008; 24(6): 574-594.
- [15] Grindrod KA, Li M, Gates A. Evaluating user perceptions of mobile medication management applications with older adults: a usability study. *JMIR mHealth and uHealth.* 2014; 2(1): 1-16.
- [16] Grossi LM, Pisa IT, Marin HF. Oncoaudit: desenvolvimento e avaliação de aplicativo para enfermeiros auditores. *Acta Paul Enferm.* 2014; 27(2): 179-185.
- [17] Kalz M, Lenssen N, Felzen M, Rossaint R, Tabuenca B, Specht M, Skorning M. Smartphone apps for cardiopulmonary resuscitation training and real incident support: a mixed-methods evaluation study. *Jour Medical Inter Res.* 2014; 16(3): e89.
- [18] Lins TH, Marin HF. Avaliação de website sobre assistência de enfermagem na sala de recuperação pós-anestésica. *Acta Paul Enferm.* 2012; 25(1): 109-115.
- [19] Zem-Mascarenhas, SH. Apenenf: Ambiente Web de Apoio ao Ensino de Enfermagem. In: *Anais do IX Congresso Brasileiro de Informática em Saúde.* Ribeirão Preto - SP, 2004.

Contato

Francisco Dimitre Rodrigo Pereira Santos
 Professor do Instituto de Ensino Superior do
 Sul do Maranhão-IESMA/UNISULMA.
 R. São Pedro, N.11, Jardim Cristo Rei,
 Imperatriz - MA, CEP: 65907-070
 Telefone: (99) 2101-0202
 E-mail: franciscodimitre@hotmail.com

DISPOSITIVO DE CONVERSÃO DE TEXTO EM VOZ PARA DEFICIENTES VISUAIS

Rodrigo R. V. Goulart, Cintia O. Monticelli, Ronaldo E. S. Rodrigues,
Eduardo G. Velho e Regina de Oliveira Heidrich

Instituto de Ciências Exatas e Tecnológicas / Universidade Feevale
Novo Hamburgo, Rio Grande do Sul, Brasil

Resumo: Objetivo: este trabalho apresenta o estudo no desenvolvimento de um dispositivo que contribua com a autonomia de deficientes visuais na leitura de livros e documentos comuns. O produto deve atender as escolas públicas brasileiras com eficiência e baixo custo. Métodos: o aparelho implementa o processo de OCR (*Optical Character Recognition*) e converte seu conteúdo textual em voz, sem o emprego de um computador desktop, desempenhando a tarefa de forma autônoma. Resultados: são apresentados uma descrição do dispositivo, as dificuldades técnicas na sua implementação, e um comparativo com outras propostas em pesquisa e produtos no mercado. Conclusão: o aparelho implementa o processo de OCR com uma performance próxima a dos produtos comerciais, mas com um custo estimado menor.

Palavras-chave: Transtornos da Visão (D014786), Software (D012984), Equipamentos e Provisões (D004864).

Abstract: Objective: this paper presents a study on the development of a device that aims the autonomy of visually impaired in reading books and common documents. The product must assist public schools in Brazil with efficiency and low cost. Methods: The device implements OCR (*Optical Character Recognition*) and text to speech processing without a desktop computer, and perform this operation autonomously. Results: this article describes the proposed device, the technical difficulties in its implementation, and the state of art point of view of research and market. Conclusion: the device implements the OCR process with a similar performance to the commercial products, but with a smaller estimated cost.

Keywords: Vision Disorders, Software, Equipment and Supplies.

Introdução

Pessoas com algum tipo de deficiência visual são uma parcela significativa da população brasileira. No Brasil há cerca de 24,5 milhões de pessoas com alguma deficiência, dentre as quais a visual é uma das mais comuns⁽¹⁾. O desenvolvimento de mecanismos que auxiliem os cidadãos com problemas de visão pode influenciar de forma positiva a sua evolução e participação na sociedade. Para isso, soluções tecnológicas devem ser, além de adequadas as necessidades dos deficientes, acessíveis financeiramente.

O Núcleo de Educação Inclusiva: Decreto nº 3.298/99, enquadra as pessoas com deficiências nas categorias: Deficiência Física, Auditiva, Visual, Mental ou Múltipla. Entre os tipos de deficiência, a visual é a que atinge a maior parcela da população, em torno de 48%, ou seja, cerca de 11 milhões pessoas. Dentre as pessoas com deficiência visual temos as classificadas com baixa visão e cegas. Pessoas com baixa visão são aquelas que, mesmo usando óculos comuns, lentes de contato ou implantes de lentes intraoculares, não conseguem ter uma visão nítida. Além disso, podem ter sensibilidade ao contraste, percepção das cores e intolerância à luminosidade, dependendo da patologia causadora da perda visual. O cego, por sua vez, vive em um mundo diferente do mundo vidente, pois está desprovido de visão, luz e cor. O cego é incapaz de ver, e as informações recebidas pelos outros sentidos assumem maior importância⁽¹⁾.

Conforme Julião et al.⁽²⁾ a visão é responsável por fornecer informações para a organização sensorial e compreensão do mundo ao redor, dando significado aos objetos, conceitos e ideias. Portanto, a perda da capacidade visual implica na limitação das informações e conhecimentos que favorecem o desenvolvimento motor, perceptivo e emocional, causando adversidades de natureza individual e coletiva, que afetam a qualidade de vida, as restrições ocupacionais e a autoestima. A leitura é um dos principais meios de acesso a informação. Contudo, a pequena quantidade de livros disponível e a falta de mecanismos de acessibilidade que auxiliem pessoas com deficiência visual exclui o acesso a estas informações. Conforme o Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação⁽³⁾, em 2016 foram distribuídos cerca de 128 milhões de livros a mais de 121 mil escolas, beneficiando 34,5 milhões de alunos em todo o Brasil, todos esses, livros didáticos para videntes.

O Comitê de Ajudas Técnicas (CAT) afirma que as tecnologias assistivas visam “autonomia, independência, qualidade de vida e inclusão social”⁽¹⁾, e são de fundamental importância na vida daqueles com necessidades especiais. No meio acadêmico e comercial há várias propostas de dispositivos para auxílio a leitura de documentos por deficientes visuais. A conversão de textos em Braille⁽⁴⁾, a identificação de textos em imagens capturadas no contexto em que se encontra o deficiente⁽⁵⁾, e a leitura de livros com o emprego de smartphones⁽⁶⁾ são alguns exemplos da pesquisa científica nesse cenário.

Nesse contexto, este trabalho apresenta um estudo a respeito do desenvolvimento de um dispositivo que tem em vista a autonomia do deficiente visual na leitura de livros. Diferente da síntese de voz para a acessibilidade no uso de computadores e softwares, esta proposta tem como objetivo a síntese em voz do texto contido em um livro, de forma que seja adequada e acessível economicamente. Como resultado, se espera ampliar as oportunidades de aprendizado e atuação profissional com a redução das limitações impostas na leitura de livros.

Este artigo descreve o dispositivo proposto, as dificuldades técnicas na sua implementação, em especial a extração de textos a partir de imagens de documentos, e o estado da arte do ponto de vista de pesquisa e mercado.

Métodos

O objetivo deste trabalho é a proposta de um aparelho, chamado Vocalizer F2, que auxilie o deficiente visual na leitura de livros e documentos comuns. O aparelho captura imagens do livro, com tamanho máximo A3, e converte seu conteúdo textual em voz. O dispositivo deve minimizar os problemas enfrentados na captura da imagem, não necessitar do auxílio de um computador para o seu funcionamento, além de ser simples o bastante para reduzir os custos e desempenhar a tarefa de forma autônoma e satisfatória.

O processamento das imagens capturadas segue os princípios comuns encontrados nas etapas de softwares para OCR⁽⁷⁾. O reconhecimento ótico de caracteres (OCR – *Optical Character Recognition*) é o processo de conversão de um arquivo digital que contém a imagem de um texto em um documento contendo o texto correspondente em um formato ASCII ou UNICODE. Os textos extraídos a partir desse processo podem servir a diversas aplicações, como a catalogação automática de textos, a compactação de informações e a conversão de textos em voz⁽⁸⁾. De forma geral, o reconhecimento de textos em imagens passa pelas etapas de pré-processamento, processamento e pós-processamento. Para que o processo de captura da imagem beneficie o processamento do OCR a resolução da imagem não deve ultrapassar um limite mínimo. Softwares comerciais necessitam de, pelo menos, de 200 a 300 dpi, além de tamanho de fonte de caracteres de pelo menos 10 pontos ou mais⁽⁹⁾. Sendo assim, o protótipo desenvolvido necessitará da captura da imagem nestas mesmas condições.

A captura de imagens com a finalidade de extração de textos usualmente é feita por intermédio de scanners ou aparelhos dedicados a este fim. Contudo, a captura de imagens por intermédio de

dispositivos móveis, como smartphones e câmeras, também é outro meio para esta captura. Exemplos destes dispositivos são apresentados na Seção Discussão deste trabalho.

Esta pesquisa propõe um dispositivo que digitaliza páginas de livros a partir do posicionamento destas sobre uma superfície de vidro lisa e transparente (Figura 1: Livro suspenso em superfície de vidro). O livro é posicionado com o texto voltado para baixo e sua dobra é encaixada no cume da superfície de vidro. O objetivo de posicionar o livro desta forma é minimizar, ou em alguns casos eliminar, a curvatura do texto próxima a dobra. Ao mesmo tempo, o encaixe estabelece uma referência simples de como posicionar o livro.

Abaixo da superfície de vidro há um compartimento fechado contendo duas câmeras e quatro lâmpadas (Figura 2). Cada câmera está voltada, paralelamente, para uma das superfícies de vidro de forma a capturar a imagem da página que estiver posicionada sobre o dispositivo.

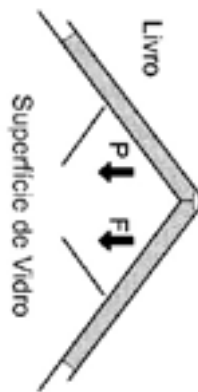
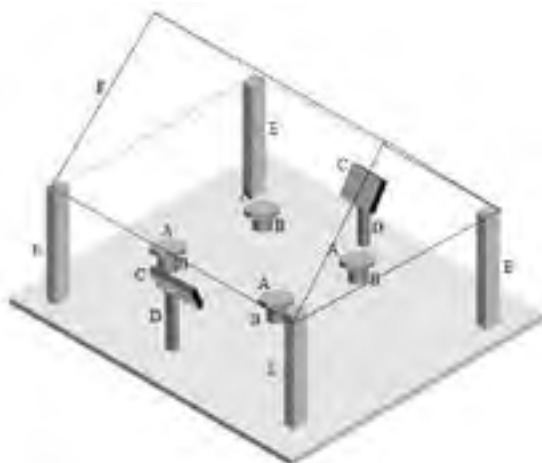


Figura 1: Livro suspenso em superfície de vidro

As fontes luminosas são quatro lâmpadas LED, duas 6500K (9W) e duas 3000K (7W), o que garante uma riqueza de comprimentos de onda. As câmeras são posicionadas de maneira que as imagens das fontes luminosas fiquem fora de seu campo de visão.



A	Lente convergente
B	Lâmpada
C	Câmera
D	Suporte para câmera
E	Suporte para a estrutura
F	Suporte com superfície de vidro

Figura 2: Posicionamento de câmeras e lâmpadas

Para melhor compreensão do leitor, a Figura 3 apresenta uma imagem do conjunto utilizado para os testes. Cabe dizer que suas dimensões estão maximizadas em relação às possíveis dimensões do produto final, sendo que isto se fez necessário para o desenvolvimento dos testes. Também o design

final, que contemple a ergonomia do produto, está em fase de desenvolvimento, o que acarretará na mudança de sua aparência, porém não sua funcionalidade.



Figura 3: Imagem do conjunto utilizado nos testes.

Uma lâmpada individualmente não distribui sua luminosidade uniformemente em todas as direções. Sendo assim, o objetivo é fazer com que a luminosidade, na sua maior parte, incida na superfície onde está o texto. Isso é possível com o emprego de um sistema lâmpadas LED com lente convergente (Figura 4: Formação do tronco de cone de luz.), que estabelece a incidência da luz, um tronco de cone de luz, na região de interesse. O posicionamento das fontes de luz foi determinado de maneira que se garantiu um iluminamento com grande uniformidade na região da captura de imagem. A quantidade de fontes luminosas (quatro) garantiu um iluminamento ao redor 1700 lux na região. As laterais foram fechadas com superfícies pintadas com tinta preta fosca. Assim radiações externas não incidem na região de captura e reflexões indesejadas são inibidas.

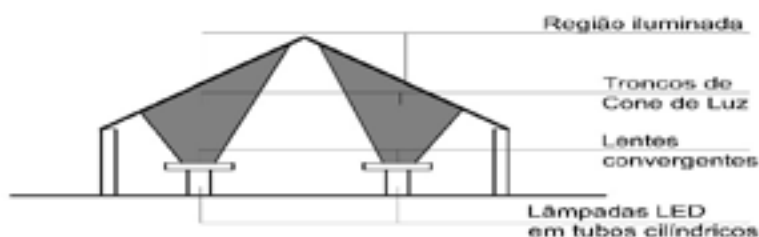


Figura 4: Formação do tronco de cone de luz.

O protótipo do Vocalizer F2 tem utilizado em seus testes um smartphone com sistema operacional Android, versão 4.4.4, e uma câmera de 13 megapixels. Os testes do protótipo foram feitos com um smartphone para identificar as características de posicionamento de todos componentes citados na Figura 2: Posicionamento de câmeras e lâmpadas. No entanto, o objetivo final é empregar duas câmeras

e um dispositivo Raspberry Pi⁽¹⁰⁾ com sistema operacional Android. A partir do posicionamento de um livro sobre o dispositivo apenas botão é acionado para dar início ao processo de OCR.

As imagens capturadas passam então pelas etapas de pré-processamento, processamento, pós-processamento. Para cada uma destas etapas foram testadas diferentes configurações e técnicas com a finalidade de identificar os melhores resultados em diferentes condições (apresentadas na Seção Resultados).

O pré-processamento tem como objetivo eliminar áreas na imagem com ruídos, como manchas ou sombras, suavizando a textura do fundo do texto (*background*) e aumentando o contraste entre o fundo e áreas que contém textos⁽¹¹⁾. Como pré-processamento foram utilizados dois tipos de filtros: suavização e limiarização. O processo de suavizar a imagem tem como objetivo minimizar o efeito de ruídos (e.g. caracteres com algum tipo de erosão na sua impressão). O aumento do contraste é obtido com o processo de limiarização, que consiste em determinar um limiar para diferenciar os pixels dos caracteres daqueles encontrados no fundo da imagem⁽¹²⁾.

Para a etapa de processamento foram testados os OCRs Tesseract⁽¹³⁾ e ABBYY⁽¹⁴⁾. O objetivo da escolha é comparar performance de um software comercial com um não comercial, e assim ponderar a relação custo e benefício. Além disso, diferenciou-se o conceito de processo de OCR e software de OCR. O processo de OCR compreende a obtenção da imagem por meio de um dispositivo de captura, a aplicação do pré-processamento nesta imagem (se necessário), o reconhecimento óptico de caracteres (OCR) propriamente dito, o pós-processamento no texto reconhecido (se necessário) e o armazenamento do texto reconhecido por todo o processo. Desta forma, o processo de OCR é constituído de um hardware com a capacidade de capturar imagens (mesmo que seja um celular). Por outro lado, softwares de OCR fazem o processamento da imagem (incluindo ou não o pré e pós-processamento), mas não a sua captura. Exemplos de softwares de OCR são o ABBYY e o Tesseract, citados anteriormente, pois são apenas a solução de software. Não há hardware para a captura de imagens associado a estas soluções.

O pós-processamento é aplicado no texto reconhecido pelo OCR. Este é composto por expressões regulares com o objetivo de remover ruído textual (e.g. manchas convertidas em sequências de caracteres ou sinais de pontuação) e pelo corretor ortográfico gratuito Aspell⁽¹⁵⁾, que corrige palavras não reconhecidas corretamente pelo software de OCR na etapa de processamento.

Por fim, uma vez que o texto é extraído e armazenado em um arquivo UNICODE, ele é então vocalizado ao usuário por intermédio de uma API de conversão de texto em voz, disponível no sistema operacional Android utilizado em todas as etapas do processo de OCR⁽¹⁶⁾.

Resultados

A performance do processo de OCR proposto neste trabalho foi comparada com a de outros processos pré-existentes.

Um *dataset* de testes foi elaborado com páginas digitalizadas de livros e seus respectivos textos em arquivos UNICODE, chamado *ground truth*⁽¹⁷⁾. Para determinar a performance de um processo de OCR uma imagem do *dataset* é fornecida como entrada e o texto extraído é comparado com *ground truth*. A quantidade de caracteres corretamente identificada pelo processo em teste determina então sua assertividade.

O erro é determinado pela equação: onde e representa o percentual de erro, n representa a quantidade absoluta de erros e T a quantidade total de caracteres presente no *ground truth*. Um erro ocorre quando um dado caractere não é igual ao respectivo caractere existente no *ground truth*. Quanto menor a porcentagem de erro, mais eficiente é o reconhecimento de caracteres de um processo de OCR.

O processo proposto foi comparado com duas versões do software de OCR ABBYY, um desktop e outra que pode ser incluída por desenvolvedores de software em seus produtos, chamada ABBYY

engine. Além disso, o processo de OCR BookReader⁽¹⁸⁾ também foi incluído na comparação. Este processo é um produto comercial disponível em algumas escolas da rede pública no Brasil. Necessita um computador para sua utilização, utiliza na etapa de processamento o software ABBYY e inclui scanner comum e com botões para acionar a conversão de texto em voz.

Contudo, os testes com software ABBYY não representam um processo de OCR, sendo assim as imagens obtidas através dos processos de captura de imagem do Vocalizer F2 e do BookReader foram utilizadas como parâmetro para este OCR. Desta forma, as seguintes configurações de processos de OCR foram avaliadas:

1. Vocalizer F2 com ABBYY *engine*,
2. Vocalizer F2 com Tesseract e pré-processamento,
3. Vocalizer F2 com Tesseract, pré-processamento e pós-processamento,
4. BookReader,
5. ABBYY com imagem obtida através do processo de captura do BookReader,
6. ABBYY com imagem obtida através do processo de captura do protótipo Vocalizer F2.

As imagens utilizadas para a avaliação foram retiradas de dois livros editados na língua portuguesa. O primeiro é um livro didático de ciências para o ensino fundamental⁽¹⁹⁾ que se caracteriza pela grande variação de tamanhos e tipos de fontes, diagramação e texturas no fundo além de incluir imagens. O objetivo desta escolha é avaliar como o processo de OCR trata, por exemplo, a segmentação do texto, texto com fonte artística e texto existente em imagens (como em gráficos e mapas). O segundo livro é uma biografia de Tolstói⁽²⁰⁾, caracterizando exemplos de texto corrido, mais de uma fonte em uma mesma página e o texto contendo palavras em outra língua diferente do português em meio ao texto. Foram capturadas imagens de páginas do início e do meio destes livros. O objetivo destas escolhas é avaliar se há a influência da curvatura das páginas junto a dobra do livro durante o processo de captura e posterior processamento, como há nos problemas clássicos de captura de textos para digitalização de bibliotecas os quais são tradicionalmente feitos com câmera posicionada perpendicularmente e acima do livro aberto⁽²¹⁾.

Uma imagem de cada página escolhida foi capturada através do processo de captura de imagem dos processos de Vocalizer F2 e BookReader. Duas páginas do livro de ciências e duas do livro com texto corrido. Isto resultou em um par de imagens de cada página, uma obtida através do protótipo Vocalizer F2 e outra do BookReader. Para obter o *ground truth* destas páginas, o OCR Tesseract foi aplicado nestas páginas e texto extraído foi revisado manualmente para que possíveis erros de reconhecimento fossem corrigidos.

A performance dos processos de OCR foi avaliada com as imagens nos formatos TIFF e JPEG. O Vocalizer F2 captura imagens no formato JPEG e, para que exista uma versão desta imagem em TIFF, a imagem foi convertida para o respectivo formato. O mesmo ocorreu com as imagens obtidas através do BookReader. Porém, estas imagens foram convertidas para JPEG, visto que o BookReader captura imagens em TIFF. A Tabela 1: Descrição do dataset descreve o *dataset*.

Depois de obter todos os dados de performance dos processos de OCR com o *dataset*, as informações foram tabuladas manualmente. O melhor resultado (médio) obtido com o emprego do processo proposto é de 5,8% de erro para textos de ciências e 2,95% para textos do tipo corrido, sem pós-processamento. O processo de OCR com imagens capturadas pelo Vocalizer F2, mas processadas com o OCR ABBYY *engine*, obtiveram resultados muito ruins, com 5,17% para textos de ciências e 31,27% para textos corridos. Os melhores resultados no âmbito geral foram obtidos com os softwares comerciais, mas não com o produto especializado na conversão de texto em voz (BookVoice). O processo com imagens capturadas pelo scanner BookReader e o OCR ABBYY desktop obtiveram 1,05% e 0,4% para textos de ciências e textos corridos, respectivamente. A Tabela 2, no item 4, resume os resultados.

Tabela 1: Descrição do dataset

Livro	Tolstói, A Biografia ⁽²⁰⁾	Tolstói, A Biografia ⁽²⁰⁾	Ciências Novo Pensar ⁽¹⁹⁾	Ciências Novo Pensar ⁽¹⁹⁾
Página	32	325	203	261
Palavras	397	380	340	444
Resolução	300PPI (BookReader), 72PPI (Vocalizer F2)	300PPI (BookReader), 72PPI (Vocalizer F2)	300PPI (BookReader), 72PPI (Vocalizer F2)	300PPI (BookReader), 72PPI (Vocalizer F2)
Dimensões	2552 x 3509 (BookReader), 2322 x 4128 (Vocalizer F2)	2552 x 3509 (BookReader), 2322 x 4128 (Vocalizer F2)	2552 x 3509 (BookReader), 2322 x 4128 (Vocalizer F2)	2552 x 3509 (BookReader), 2322 x 4128 (Vocalizer F2)
Tamanho	35MB (BookReader TIFF), 2,0MB (Vocalizer F2 JPEG), 28MB (Vocalizer F2 TIFF [convertida])	26MB (BookReader TIFF), 2,0MB (Vocalizer F2 JPEG), 28MB (Vocalizer F2 TIFF [convertida])	26MB (BookReader TIFF), 2,4MB (Vocalizer F2 JPEG), 28MB (Vocalizer F2 TIFF [convertida])	26MB (BookReader TIFF), 2,3MB (Vocalizer F2 JPEG), 28MB (Vocalizer F2 TIFF [convertida])
Origem	BookReader (TIFF) e Vocalizer F2 (JPEG)	BookReader (TIFF) e Vocalizer F2 (JPEG)	BookReader (TIFF) e Vocalizer F2 (JPEG)	BookReader (TIFF) e Vocalizer F2 (JPEG)
Características	Texto corrido	Texto corrido	Título, imagem com legenda, tópicos numerados e fonte artística	Título, texto corrido e tópicos

Discussão

A leitura de livros impressos por deficientes visuais, utilizando dispositivos eletrônicos, não é uma novidade. As escolas inclusivas públicas brasileiras têm à disposição um scanner de voz, o BookReader⁽¹⁸⁾. O equipamento é composto por um scanner, um computador e um software de OCR e conversão de texto em voz. O produto comercializado não inclui o computador. O scanner é adaptado ao deficiente visual, incluindo botões para funcionalidades básicas. Dentre as limitações desse aparelho pode-se citar a necessidade de um computador com capacidade de processamento e sistema operacional compatíveis com o produto, e a leitura de livros em formato padrão A4.

No mercado são encontrados outros equipamentos capazes de capturar a imagem de texto e transformá-la em voz. Como por exemplo: Sara PC⁽²²⁾, Scanner Aladdin⁽²³⁾ e BookDrive pro⁽²⁴⁾. Todos necessitam de um computador para o seu funcionamento e podem ser considerados de alto custo financeiro para escolas públicas brasileiras (com valores entre 3000 e 15000 dólares).

Em termos de pesquisa são encontradas propostas na utilização de smartphones ou plataformas com microcontroladores e sensores, com o objetivo de capturar e processar imagens de documentos, convertendo texto em voz ou Braille.

Neto e Fonseca⁽⁶⁾ propõem um aplicativo que faz o processo de conversão de texto em voz através da captura de imagens, textos impressos em folhas avulsas, com um smartphone. São comparadas as performances de três frameworks de OCR: Tesseract, ABBYY e Leadtools⁽²⁵⁾. Um dataset foi produzido com 30 imagens de documentos com textos em diferentes formatos, tamanhos e cores de fontes, alinhamentos de imagens, formas de exposição a luz durante a captura, além de sombras sobre o documento. Os resultados demonstram que a taxa de erro média do Tesseract, ABBYY e Leadtools foram 23,45%, 18,76% e 18,81%, respectivamente.

Os softwares comerciais obtiveram melhores resultados, mas pelo fato do Tesseract ser um projeto de código aberto e gratuito, foram propostas otimizações que levaram a aumentar a performance do OCR para 17,83%.

Os resultados obtidos como o Vocalizer F2 demonstram uma taxa de erro abaixo de 6%. Os testes com produtos comerciais obtiveram resultados melhores, contudo eles não propõem uma solução direcionada a leitura de livros, o que inclui problemas com a deformação da imagem capturada e conseqüentemente do texto junto a dobra do livro, dificultando o reconhecimento dos caracteres. Além disso, a necessidade de adquirir um computador para o seu funcionamento, além do alto custo financeiro, torna a proposta do Vocalizer F2 uma solução acessível a uma parcela maior da população.

Tabela 2: Resultados

Origem	Livro	Página	Formato	Pré-processamento	Pós-processamento	OCR	Performance (erro %)
BookReader	Ciências Novo Pensar ⁽¹⁹⁾	261	TIFF	Nenhum	Nenhum	ABBYY desktop	0,8
BookReader	Ciências Novo Pensar ⁽¹⁹⁾	203	TIFF	Nenhum	Nenhum	ABBYY desktop	1,3
BookReader	Tolstói, A Biografia ⁽²⁰⁾	32	TIFF	Nenhum	Nenhum	ABBYY desktop	0,2
BookReader	Tolstói, A Biografia ⁽²⁰⁾	325	TIFF	Nenhum	Nenhum	ABBYY desktop	0,6
BookReader	Ciências Novo Pensar ⁽¹⁹⁾	203	TIFF	Nenhum	Nenhum	ABBYY engine	1,5
BookReader	Ciências Novo Pensar ⁽¹⁹⁾	261	TIFF	Nenhum	Nenhum	ABBYY engine	7,4
BookReader	Tolstói, A Biografia ⁽²⁰⁾	32	TIFF	Nenhum	Nenhum	ABBYY engine	0,5
BookReader	Tolstói, A Biografia ⁽²⁰⁾	325	TIFF	Nenhum	Nenhum	ABBYY engine	1
BookReader	Ciências Novo Pensar ⁽¹⁹⁾	261	TIFF	Nenhum	Nenhum	BookVoice	1,5

BookReader	Ciências Novo Pensar ⁽¹⁹⁾	203	TIFF	Nenhum	Nenhum	BookVoice	2,8
BookReader	Tolstói, A Biografia ⁽²⁰⁾	325	TIFF	Nenhum	Nenhum	BookVoice	0,4
BookReader	Tolstói, A Biografia ⁽²⁰⁾	32	TIFF	Nenhum	Nenhum	BookVoice	0,5
Vocalizer F2	Ciências Novo Pensar ⁽¹⁹⁾	203	JPEG	Nenhum	Nenhum	ABBYY engine	2,2
Vocalizer F2	Ciências Novo Pensar ⁽¹⁹⁾	203	TIFF	Nenhum	Nenhum	ABBYY engine	2,2
Vocalizer F2	Ciências Novo Pensar ⁽¹⁹⁾	261	JPEG	Nenhum	Nenhum	ABBYY engine	8,1
Vocalizer F2	Ciências Novo Pensar ⁽¹⁹⁾	261	TIFF	Nenhum	Nenhum	ABBYY engine	8,2
Vocalizer F2	Tolstói, A Biografia ⁽²⁰⁾	32	JPEG	Nenhum	Nenhum	ABBYY engine	18,2
Vocalizer F2	Tolstói, A Biografia ⁽²⁰⁾	32	TIFF	Nenhum	Nenhum	ABBYY engine	18,2
Vocalizer F2	Tolstói, A Biografia ⁽²⁰⁾	325	JPEG	Nenhum	Nenhum	ABBYY engine	43,1
Vocalizer F2	Tolstói, A Biografia ⁽²⁰⁾	325	TIFF	Nenhum	Nenhum	ABBYY engine	45,6
Vocalizer F2	Ciências Novo Pensar ⁽¹⁹⁾	261	JPEG	Limiarização e suavização	Correção ortográfica	Tesseract	3,3
Vocalizer F2	Ciências Novo Pensar ⁽¹⁹⁾	203	JPEG	Limiarização e suavização	Correção ortográfica	Tesseract	9,7
Vocalizer F2	Ciências Novo Pensar ⁽¹⁹⁾	261	JPEG	Limiarização e suavização	Nenhum	Tesseract	3,1
Vocalizer F2	Ciências Novo Pensar ⁽¹⁹⁾	203	JPEG	Limiarização e suavização	Nenhum	Tesseract	8,5
Vocalizer F2	Ciências Novo Pensar ⁽¹⁹⁾	261	JPEG	Limiarização e suavização	Remoção de ruído	Tesseract	9,6
Vocalizer F2	Ciências Novo Pensar ⁽¹⁹⁾	203	JPEG	Limiarização e suavização	Remoção de ruído	Tesseract	16,2

Vocalizer F2	Tolstói, A Biografia ⁽²⁰⁾	32	JPEG	Limiarização e suavização	Correção ortográfica	Tesseract	3,6
Vocalizer F2	Tolstói, A Biografia ⁽²⁰⁾	325	JPEG	Limiarização e suavização	Correção ortográfica	Tesseract	7,5
Vocalizer F2	Tolstói, A Biografia ⁽²⁰⁾	32	JPEG	Limiarização e suavização	Nenhum	Tesseract	2,4
Vocalizer F2	Tolstói, A Biografia ⁽²⁰⁾	325	JPEG	Limiarização e suavização	Nenhum	Tesseract	3,5
Vocalizer F2	Tolstói, A Biografia ⁽²⁰⁾	32	JPEG	Limiarização e suavização	Remoção de ruído	Tesseract	4,4
Vocalizer F2	Tolstói, A Biografia ⁽²⁰⁾	325	JPEG	Limiarização e suavização	Remoção de ruído	Tesseract	7,4

O custo estimado para o Vocalizer F2, considerando o emprego de um processador RaspBerry Pi (\$ 35,00), adaptador de energia (\$ 5,99), cartão de memória (\$ 7,95) e duas câmeras (\$ 25,00), totalizando 98,94 Dólares ou aproximadamente 700,00 Reais (considerando Dólar cotado a R\$ 3,50 e 100% de custos de importação). A estrutura do protótipo (R\$ 300,00) e o software de OCR Tesseract (software livre), determinam um valor total aproximando de 1000 reais.

Conclusão

Este estudo propõe um processo de OCR para a conversão de texto em voz a partir de livros. O objetivo é estabelecer as características físicas e de software que permitam o processamento de livros de forma acessível financeiramente a maior parcela da população com deficiência visual no Brasil. Para isso, as dificuldades técnicas do processo de OCR foram investigadas e experimentadas. Produtos comerciais tem um desempenho melhor no processo de OCR mas são inviáveis do ponto de vista econômico para a maior parte da população com deficiência no Brasil. Por outro lado, o software de OCR escolhido (Tesseract) é gratuito e obteve desempenho satisfatório. Contudo, seu desempenho pode ser aperfeiçoado com mais estudos a respeito da etapa de processamento, além das etapas de pré e pós-processamento. A qualidade na captação das imagens é de fundamental importância, e esta etapa está de certa forma resolvida, à medida que todas as questões físicas de iluminação foram solucionadas.

Os resultados parciais apresentados e a pesquisa de trabalhos relacionados demonstraram que o projeto apresenta um produto de menor custo com performance razoável pode ser elaborado e construído. O projeto Novos esforços estão em desenvolvimento para ampliar a performance do dispositivo e investigar questões de usabilidade.

Agradecimentos

Projeto financiado através da CHAMADA PÚBLICA MCTI/SECIS/FINEP/FNDCT – Cooperação ICT-Empresa – TECNOLOGIA ASSISTIVA – 01/2013.

Referências

- [1] Brasil, Subsecretaria Nacional de Promoção dos Direitos da Pessoa com Deficiência, Comitê de Ajudas Técnicas. Tecnologia assistiva [Internet]. 2009 [citado 28 de maio de 2016]. 138 p. Disponível em: <http://www.pessoacomdeficiencia.gov.br/app/sites/default/files/publicacoes/livro-tecnologia-assistiva.pdf>
- [2] Julião CH, Paiva MAM, Shimano SGN, Conti V, dos Santos ZC. A deficiência visual e o processo de construção da cidadania: um estudo no Instituto de Cegos do Brasil Central de Uberaba. Rev Fam Ciclos Vida E Saúde No Contexto Soc [Internet]. 2013 [citado 18 de abril de 2016];1(1). Disponível em: <http://fmtm.br/revistaeletronica/index.php/refacs/article/view/606>
- [3] Brasil, Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação, Programa Nacional do Livro Didático. Dados Estatísticos do PLND [Internet]. Dados Estatísticos do PNLD. 2016 [citado 28 de maio de 2016]. Disponível em: <http://www.fnde.gov.br/programas/livro-didatico/livro-didatico-dados-estatisticos>
- [4] Sreenivasan D, Poonguzhali DS. An Electronic Aid for Visually Impaired in Reading Printed Text. Int J Sci Eng Res. 2013;4(5):198–203.
- [5] Yi C, Tian Y. Assistive Text Reading from Natural Scene for Blind Persons. In: Hua G, Hua X-S, organizadores. Mobile Cloud Visual Media Computing [Internet]. Cham: Springer International Publishing; 2015 [citado 9 de maio de 2016]. p. 219–41. Disponível em: http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-24702-1_9
- [6] Neto R, Fonseca N. Camera Reading for Blind People. Procedia Technol. 2014;16:1200–9.
- [7] Mohamed Cheriet, Nawwaf Kharma, Cheng-Lin Liu, Ching Suen, organizadores. Character recognition systems: a guide for students and practioners. Hoboken, N.J: Wiley-Interscience; 2007. 326 p.
- [8] Shinde AA, Chougule DG. Text Pre-processing and Text Segmentation for OCR. Int J Comput Sci Eng Technol. 2012;810–812.
- [9] Mai BQL, Huynh TH, Doan AD. A study about the reconstruction of remote, low resolution mobile captured text images for OCR. In: Advanced Technologies for Communications (ATC), 2014 International Conference on [Internet]. IEEE; 2014 [citado 11 de abril de 2016]. p. 286–291. Disponível em: http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=7043399
- [10] Raspberry Pi Foundation. Raspberry Pi [Internet]. Raspberry Pi. 2016 [citado 28 de maio de 2016]. Disponível em: <https://www.raspberrypi.org/about/>
- [11] Shamqoli M, Khosravi H. Border detection of document images scanned from large books. In: Machine Vision and Image Processing (MVIP), 2013 8th Iranian Conference on [Internet]. IEEE; 2013 [citado 11 de abril de 2016]. p. 84–88. Disponível em: http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=6779955
- [12] Pedrini H, Schwartz WR. Análise de imagens digitais: princípios, algoritmos e aplicações. Thomson Learning; 2008.
- [13] Smith R. An overview of the Tesseract OCR engine. In: icdar [Internet]. IEEE; 2007 [citado 9 de março de 2016]. p. 629–633. Disponível em: <http://www.computer.org/csdl/proceedings/icdar/2007/2822/02/28220629-abs.html>
- [14] ABBYY. ABBYY FineReader [Internet]. 2016 [citado 28 de maio de 2016]. Disponível em: <https://www.abbyy.com/pt-br/>
- [15] Kevin Atkinson. Aspell [Internet]. Aspell. 2016 [citado 28 de maio de 2016]. Disponível em: <http://aspell.net/>
- [16] Google Inc. Android API - TextToSpeech [Internet]. Android API - TextToSpeech. 2016 [citado 28 de maio de 2016]. Disponível em: <https://developer.android.com/reference/android/speech/tts/package-summary.html>

- [17] Rice SV, Jenkins FR, Nartker TA. The fourth annual test of OCR accuracy [Internet]. Technical Report 95; 1995 [citado 30 de março de 2016]. Disponível em: <http://stephenvrice.com/images/AT-1995.pdf>
- [18] Plustek. BookReader V200 [Internet]. BookReader V200. 2016 [citado 28 de maio de 2016]. Disponível em: <http://plustek.com/br/products/audio-office-series/plustek-bookreader-v200/>
- [19] Demétrio Gowdak, Eduardo Martins. Ciências Novo Pensar - 7º ano. 1º ed. FTD; 2012. 352 p.
- [20] Rosamund Bartlett. Tolstói, A Biografia. 1º ed. Vol. 1. Biblioteca Azul; 2013. 640 p.
- [21] Pugliese A, Pomes S, Ferilli S, Redavid D. A Novel Model-based Dewarping Technique for Advanced Digital Library Systems. *Procedia Comput Sci.* 2014;38:108–15.
- [22] TECASSISTIVA. Sara-PC Scanner de Voz [Internet]. Sara-PC Scanner de Voz. 2016 [citado 28 de maio de 2016]. Disponível em: http://www.tecassistiva.com.br/component/spidercatalog/showproduct/492?product_id=32
- [23] Civiam. Scanner Aladdin [Internet]. Scanner Aladdin. 2016 [citado 28 de maio de 2016]. Disponível em: <http://www.civiam.com.br/civiam/index.php/necessidadesespeciais/cegos/equipamentos/scanner-com-voz-aladdin-voice.html>
- [24] Atiz. BookDrive Pro [Internet]. 2016 [citado 28 de maio de 2016]. Disponível em: <http://pro.atiz.com/>
- [25] LEAD Technologies, Inc. Leadtools SDK OCR [Internet]. 2016. Disponível em: <https://www.leadtools.com/sdk/ocr>

Contato

Rodrigo Rafael Villarreal Goulart
Professor e Coordenador do curso de Sistemas
para Internet, Universidade Feevale, RS-239,
2755, Novo Hamburgo, RS, Brasil. Fone 3586-
8800, ramal 8615. E-mail: rodrigo@feevale.br

ANÁLISE DE REDES SOCIAIS EM FÓRUMS DE ESPECIALIZAÇÃO EM SAÚDE

Aline Teixeira Gomes¹ e Márcia Maria Pereira Rendeiro²

¹Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Telemedicina e Telessaúde (UERJ), Rio de Janeiro, Brasil.

²Professora Adjunta da Faculdade de Odontologia (UERJ), Rio de Janeiro, Brasil.

Resumo: O trabalho tem como objetivo principal analisar a dinâmica que ocorre nos fóruns online de uma turma do curso de Especialização em Saúde da Família do Programa Universidade Aberta do Sistema Único de Saúde, em parceria com a Universidade do Estado do Rio de Janeiro para extrair padrões comportamentais com o intuito de utilizá-los como base para o desenvolvimento de estratégias educacionais. O estudo caracteriza-se por ser do tipo exploratório e analítico, com abordagem quantitativa e qualitativa e realizado através da metodologia de estudo de caso, utilizando-se a Análise de Redes Sociais. Observou-se nos fóruns analisados que na maior parte a participação dos alunos foi realizada de forma protocolar, com baixo índice de interações. Perceberam-se práticas de ensino tradicionais centradas no professor e poucas ações de mediação docente. Sendo assim, torna-se primordial que ações pedagógicas sejam implementadas para capacitar os profissionais que desempenham a tutoria.

Palavras-chave: Educação a distância; Tutor; Educação superior;

Abstract: The work aims to analyze the dynamics that occurs in online forums from a class of the Specialization Course in Family Health from the program Open University of the Unified Health System, in partnership with the State University of Rio de Janeiro to extract behavioral patterns in order to use them as the basis for the development of educational strategies. The study is characterized by being of the exploratory and analytical type, with quantitative and qualitative approach. And performed through case study methodology, using the Social Network Analysis. It was noted in the forums analyzed that most of the students' participation was performed by protocol form, with low rate of interactions. It was perceived traditional teaching practices centered on the teacher and few actions of teaching mediation. Therefore it becomes essential that pedagogical actions are implemented in order to train professionals who perform tutoring.

Keywords: Distance education; Mentor; higher education;

Introdução

Atualmente, vivencia-se um novo cenário sociotécnico baseado nas novas tecnologias de informação e comunicação, principalmente no que elas proporcionaram de impacto quanto à digitalização e manipulação de dados e à comunicação em redes. Para Castells¹ a tecnologia, na Sociedade em Rede, se coloca como condição necessária, ainda que não suficiente, para a emergência de um novo modo de organização social baseado em redes. Em termos simples o autor define o que é Sociedade em Rede como

uma estrutura social baseada em redes operadas por tecnologias de comunicação e informação fundamentadas na microeletrônica e em redes digitais de computadores que geram, processam e distribuem informação a partir de conhecimento acumulado nos nós dessas redes¹.

Nos anos de 2000, iniciou-se o desenvolvimento de ambientes virtuais de aprendizagem, percebido como espaço “fecundo de significação onde seres humanos e objetos técnicos interagem, potencializando, assim, a construção de conhecimentos, logo, a aprendizagem”². Nesta época, o *software Moodle* foi criado por Martin Dougiamas junto a Peter C. Taylor na *Curtin University of Technology* com o intuito de tornar-se uma comunidade de aprendizagem³. Tendo-se tornado como referência absoluta no Brasil dentre os ambientes virtuais de aprendizagem voltados para ações de aprendizagem, principalmente na esfera pública.

O fórum, objeto desse estudo, é uma das principais interfaces disponíveis nesse ambiente virtual de aprendizagem devido ao seu potencial de interação⁴. Isto posto, uma questão central surge: qual a relação entre a informação, interação e diálogo com o processo de aprendizagem no contexto da interface fórum em um curso à distância? É nesse âmbito que o presente estudo irá se desenvolver, ao observar a dinâmica de um fórum e ao analisar a comunicação e o fluxo de informação entre os atores.

O objetivo geral deste estudo é analisar a dinâmica que ocorre nos fóruns para extrair padrões comportamentais com o intuito de utilizá-los como base para o desenvolvimento de estratégias educacionais. E os objetivos específicos são: observar o percentual de participantes que regularmente utilizam o fórum; analisar o fluxo de informação; e analisar as interações e diálogos realizados pelos atores.

JUSTIFICATIVA

A Universidade do Estado do Rio de Janeiro integra a Rede Universidade Aberta do Sistema Único de Saúde – UNA-SUS. A instituição tem como um dos seus objetivos apoiar a implantação da Política Nacional de Educação Permanente em Saúde; e, para isso, oferta diversos cursos de extensão e cursos de pós-graduação *Lato sensu*, e sendo que um destes é o curso de Especialização em Saúde da Família, oferecido na modalidade semipresencial, com 480h de carga horária, e 32 créditos, que devem ser cumpridos em nove disciplinas obrigatórias e duas disciplinas optativas. O curso foi desenvolvido com base na pedagogia crítica e problematizadora, tendo como público-alvo os profissionais de saúde atuantes na Atenção Primária da Saúde do Sistema Único de Saúde. E utiliza o ambiente virtual de aprendizagem *Moodle*, *software* gratuito e livre. O fórum foi utilizado na maior parte das disciplinas do Curso Especialização em Saúde da Família a fim de possibilitar o intercâmbio de informações, ideias e experiências dos atores envolvidos.

REFERENCIAL TEÓRICO

A educação online é uma proposta utilizada frente ao novo cenário sociotécnico onde se aproveita o protagonismo da web para a educação à distância, ao se proporem modelos de cursos com desenhos educacionais mais flexíveis, que favoreçam ao hipertexto, a multiplicidade, a interatividade, aos processos síncronos e assíncronos e a multidirecionalidade onde os atores podem trazer os conteúdos e as práticas da web para o espaço da sala de aula online – o ambiente virtual de aprendizagem. A interatividade é composta por três premissas básicas, de acordo com Silva⁵:

- a) participação-intervenção: participar não é apenas responder “sim” ou “não” ou escolher uma opção dada, supõe interferir no conteúdo da informação ou modificar a mensagem;
- b) bidirecionalidade-hibridação: a comunicação é produção conjunta da emissão e da recepção, é co-criação, os dois pólos codificam e decodificam;
- c) permutabilidade-potencialidade: a comunicação supõe múltiplas redes articulatórias de conexões e liberdade de trocas, associações e significações⁵.

Primo⁶ apresenta, em seus estudos sobre interatividade, uma distinção entre dois tipos de interação: a interação reativa e a interação mútua. Na interação reativa, o processo de interação é constituído a

partir de condições iniciais e relações de estímulo-resposta; e já na interação mútua, o processo “é um constante vir a ser, que se atualiza através das ações de um interagente em relação à(s) do(s) outro(s)”⁶.

A definição de interação mútua de Primo⁶ aproxima-se da percepção de Silva⁵ sobre a interatividade, e é nesse sentido que Moore⁷ estabelece a definição de diálogo, que é considerado como uma interação ou sucessivas interações positivas para os sujeitos envolvidos, sendo intencional, valorizado e construtivo. Também indo ao encontro da visão de Freire⁸ sobre a educação, percebendo-a como comunicação, diálogo e encontros de sujeitos: “(...) educação autêntica, repitamos, não se faz de ‘a’ para ‘b’, nem de ‘a’ sobre ‘b’, mas sim de ‘a’ com ‘b’, mediatizados pelo mundo”⁸.

Kenski⁹ em seus estudos também entende que a interação é essencial para a aprendizagem, como destacado no trecho a seguir:

Interagir com o conhecimento e com as pessoas para aprender é fundamental. Para a transformação de um determinado grupo de informações em conhecimentos é preciso que estes sejam trabalhados, discutidos, comunicados. As trocas entre colegas, os múltiplos posicionamentos diante das informações disponíveis, os debates e as análises críticas auxiliam a sua compreensão e elaboração cognitiva. As múltiplas interações e trocas comunicativas entre parceiros do ato de aprender possibilitam que estes conhecimentos sejam permanentemente reconstruídos e reelaborados⁹.

É importante ressaltar que a mediação docente é uma ação relevante no processo de interação, e o tutor online:

(...) será aquele que oferece as múltiplas informações entrelaçando os fios da teia e estimulando os alunos a contribuírem com novas informações, oferecendo mais e melhores percursos; O professor deixa de ser um transmissor e passa a desempenhar o papel de formulador de problemas, provocador de interrogações, sistematizados de experiências, valorizando e possibilitando o diálogo e a colaboração entre seus alunos¹⁰.

Faz-se necessário mencionar que para esse estudo o tutor é um professor, e a educação online um tipo específico de educação a distância, advindo da cibercultura.

Garrison *et al.*¹¹ apresentam a teoria da Presença Social através da *Comunidade de inquirição*, para a qual a experiência educacional, na educação online, está apoiada: na *presença cognitiva*, na *presença social* e na *presença de ensino*. A presença cognitiva compreende a construção do conhecimento por meio da comunicação e interação dos participantes. A presença de ensino abrange a participação do professor como motivador das interações, moderador das experiências e avaliador da aprendizagem. Já a presença social envolve a capacidade de projeção social e emocional dos participantes. A experiência educacional está associada a estas dimensões. A Presença Social é considerada um fator considerável na educação online, pois será ela que dará o apoio às atividades de suporte do discurso e negociação do clima social, através da moderação do professor.

Salmon *apud* Dias¹² define o papel do moderador, no qual em seu estudo chamou de *e-moderador*, que constui em “promover o envolvimento dos participantes de forma que o conhecimento por eles construído seja utilizável em novas e diferentes situações”, fundamentando-se no processo de construção de significados e não nos procedimentos condizentes à transmissão de conteúdos, baseando-se na pedagogia construtivista. E delinea um modelo de *e-moderação* composto por cinco fases: acesso e motivação > socialização online > troca de informação > construção do conhecimento > desenvolvimento. Em cada fase do modelo há um nível de integração tecnológica, de e-moderação, e densidade de interação entre os participantes.

Para Dias¹², os modelos de Garrison *et al.* e Salmon apresentam concepções similares quanto ao papel do moderador, especialmente no que se refere à criação da presença virtual e socialização, e de facilitador das tarefas e das experiências de aprendizagem. E propõe uma segunda leitura para o modelo de *e-moderação* de Salmon, a *mediação colaborativa*, pautada na autonomia e nos processos de liderança

partilhada pelos membros da comunidade. Este processo de liderança partilhada, somente acontece em comunidades onde os participantes desenvolveram um alto nível de autonomia e de interações sociais.

METODOLOGIA

A pesquisa é do tipo exploratória e analítica com abordagem quantitativa e qualitativa. A pesquisa exploratória pode ser definida, baseada em Gil, como o tipo de pesquisa que

tem como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a constituir hipóteses. Pode-se dizer que estas pesquisas têm como objetivo principal o aprimoramento de idéias ou a descoberta de intuições¹³.

Foi realizada através de um estudo de caso, modalidade que, de acordo com Gil, pode ser compreendida como o:

(...) o estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos, de maneira que permita seu amplo e detalhado conhecimento, tarefa praticamente impossível mediante outros delineamentos já considerados¹³.

Já Yin o define como o “delineamento mais adequado para a investigação de um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto real, onde os limites entre o fenômeno e o contexto não são claramente percebidos”¹⁴.

O estudo de caso apresenta em seu delineamento um conjunto de fases, segundo Gil, com destaque para a delimitação da unidade-caso; a coleta de dados; a seleção, análise e interpretação dos dados; a elaboração do relatório¹³. Assim, o delineamento dessa pesquisa seguiu as seguintes etapas e marcos: **Unidade de Análise:** A pesquisa foi realizada no âmbito da Universidade Aberta do Sistema Único de Saúde/UERJ - UNA-SUS/UERJ, na Especialização Saúde da Família, tendo como recorte a interface *fórum*. A disciplina escolhida para observação foi a quarta disciplina “Eixos Centrais do Processo de Trabalho em Atenção Primária à Saúde” ofertada no curso. A justificativa para tal escolha é que se pressupõe que nesse momento do curso as dificuldades técnicas com a utilização do ambiente virtual de aprendizagem já foram superadas e os participantes já estão ambientados, permitindo uma análise mais próxima dos objetivos do estudo. **Sujeitos da Pesquisa:** 179 alunos e 11 tutores, distribuídos em 11 grupos, todos médicos, profissionais de saúde do SUS. **Coleta dos dados:** foi realizada através da observação no intuito de responder algumas questões, como: quantos alunos participaram do fórum; quantas vezes cada aluno participou; quantas vezes o tutor online participou; com quem cada participante interagiu. **Análise e interpretação dos dados:** foi realizada através de dados percentuais (análise quantitativa) e por meio da Análise de Redes Sociais (análise qualitativa), que, segundo Tomaél e Marteleto, é direcionada ao estudo de “padrões de relacionamentos entre pessoas, organizações, estados, etc., e mapeia redes de relacionamento com base no fluxo de informação”¹⁵.

O desenvolvimento da Análise de Redes Sociais foi realizado através de uma descrição objetiva da rede, e por meio da utilização de ferramentas matemáticas de análises, como matrizes, com o apoio do *software* UCINET®; e, em um segundo momento, com o uso do *software* NetDraw® para o desenho dos gráficos, como sugere Hanneman; Riddle¹⁶ o UCINET® é um *software* de análise de redes sociais, que trabalha em conjunto com o programa NetDraw®. Ambos foram desenvolvidos por Lin Freeman, Martin Everett e Steve Borgatti¹⁷, e são distribuídos pela *Analytic Technologies*.

Para o desenvolvimento da Análise de Redes Sociais, inicialmente, foram elaboradas 11 matrizes, uma para cada grupo, utilizando uma legenda para cada aluno e tutor online. A ausência de interação foi representada pelo valor 0 e a existência de interação pelo valor 1. E a Análise foi realizada através de alguns indicadores, medidas de análise da rede, como: a densidade, a reciprocidade e a centralidade, e para tanto alguns conceitos serão definidos. Sob as perspectivas estruturais:

Ator - No trabalho em questão são as pessoas dentro do grupo de estudo.

Ligações - São as representações gráficas de linhas que conectam os pontos (atores).

Relação - É um tipo específico de ligações de um determinado grupo.

Tamanho - É a quantidade de ligações existentes entre os atores de uma determinada rede.

Densidade - É o quociente entre o número de ligações existentes pelo número de ligações possíveis em uma determinada rede. A densidade retrata a potencialidade da rede em termos de fluxo de informações, ou seja, quanto maior a densidade mais intensa é a troca de informações na referida rede e vice-versa.

Coesão - Trata-se do forte relacionamento entre atores de uma rede (...).

Reciprocidade - As ligações entre os atores podem ser analisadas quanto ao sentido (representadas por setas). Nestes casos, a ligação é recíproca quando flui nos dois sentidos.¹⁸

Sob as perspectivas dos atores:

Posição - Diz respeito aos indivíduos que estão, de forma semelhante, envolvidos em redes de relação, logo, potencialmente, intercambiáveis sob a ótica da análise sociológica.

Papel - Diz respeito aos padrões de relações obtidas entre atores ou posições.

Centralidade - É a medida do quão acessível um determinado ator está para os demais atores de uma rede. Calcular a centralidade de um ator significa identificar a posição em que ele se encontra em relação às trocas e à comunicação na rede.¹⁸

RESULTADOS

No que tange ao percentual de alunos participantes no fórum, constatou-se que o menor percentual encontrado entre os grupos foi de, aproximadamente, 64. 7% (G6), e o maior de, aproximadamente, 95.3% (G11), e a média entre os grupos de, aproximadamente, 78% de participação.

De acordo com os indicadores, um número considerável de alunos inscritos na disciplina participou do fórum: 141 alunos do total de 179 ou, aproximadamente, 78. 8%. Porém, dentre estes participantes, 71 alunos, aproximadamente, 50% postaram somente uma vez, respondendo à provocação inicial, sem interagir com o tutor ou com outro aluno, o que aponta para uma participação protocolar, à medida que o fórum é uma atividade pontuada na disciplina. Ao observar a atuação dos tutores, percebe-se que a maioria, 6 tutores do total de 11, ou, aproximadamente, 54.5%, realizaram até duas participações no fórum do seu grupo, denotando poucas ações de mediação.

Sobre o fluxo de informação: Análise de Redes Sociais

Como legenda para os gráficos, foi utilizada a seguinte representação, a letra A para indicar a participação dos alunos no fórum, sendo A1 o primeiro aluno a participar e assim sucessivamente, e a letra T para indicar a participação do tutor. As setas representam a comunicação entre os atores, de acordo com o conceito de ligação.

O círculo foi utilizado para indicar participantes mulheres e o triângulo para indicar participantes homens. Para cada participante, foi utilizada uma cor para representar a individualidade de cada participante, dotados de experiências, conhecimentos e interesses próprios.

A análise foi realizada em cada grupo isoladamente, mas para uma melhor apresentação dos resultados, os grupos foram compilados de acordo com suas similaridades.

Grupos sem ligações entre os atores

Nos grupos G1 e G4 não ocorreu nenhuma ligação entre os atores, como pode ser observado por meio dos Gráfico 1 e 2. No grupo G1, o tutor online participou do fórum sem se dirigir aos discentes, e as considerações foram complementares à provocação existente na abertura do fórum. Não houve a utilização de vocativos para se referir ao grupo ou algum ator. No grupo G4, não houve a participação da tutora online. Os resultados sobre a densidade e sobre a centralidade em ambos os grupos foi de zero.

Nesse caso, considera-se que a interação ocorreu de forma reativa em uma relação de estímulo – resposta, pois os atores somente responderam à provocação inicial, sem diálogo. A interface foi utilizada de forma inadequada, não cumprindo o objetivo de discussão, de debate, e remetendo a práticas tradicionais de ensino, a pedagogia do cognitivismo-behaviorista, e à busca da aprendizagem através de um processo individual onde a interação acontece aluno-material didático. E onde o tutor online está presente, somente para avaliar.

Gráfico 1 – Representação da rede social do G1



Fonte: As autoras, baseado em dados da UNA-SUS/UERJ

Gráfico 2 – Representação da rede social do G4



Fonte: As autoras, baseado em dados da UNA-SUS/UERJ

Grupos com ligações unidirecionais

Nos grupos G9, G6, G11, G8, G3 e G11, as ligações acontecem de forma unidirecional, com a saída do fluxo de informação do tutor, como observado através do sentido da seta em uma única direção, para o (s) aluno (s). Os resultados sobre a densidade das redes foram, respectivamente, 0.6%, 1.5%, 1.6%, 4.4%, 4.7% e 9%. O cálculo foi realizado dividindo-se o número de relações existentes pelo número de relações possíveis e multiplicando-o por 100, para obter o percentual. A baixa densidade da rede expressa uma baixa conectividade entre os atores. O grau de centralidade dos atores através do grau de saída do fluxo de informação de cada ator em *Outdeg* e do grau de entrada em *Indeg*. Nas redes em questão, os maiores graus percebidos foram dos tutores, em *Outdeg*, indicando centralidade na rede.

Nessas redes, pode-se identificar práticas de uma pedagogia, onde o processo de aprendizagem baseia-se no moderador. Ao analisar a falta de interações e diálogo entre tutor-aluno e aluno-aluno, constatou-se pouca *presença social* dos tutores. Como já dito, a *presença social* subsidiará as atividades de suporte do discurso e negociação do clima social, através da moderação do professor, sendo imprescindível para

o bom desempenho da *presença de ensino* e *presença cognitiva*. Portanto, para obter a *presença social* os tutores poderiam ter investido em mecanismos como: indicadores afetivos: com o uso de expressão de emoções e sentimentos; indicadores interativos: com a utilização de ações de continuidade a uma discussão, como dar *feedback*, fazer perguntas, citar mensagens de outros participantes; e em respostas coesivas: que envolvem a utilização de saudações e dirigir-se aos participantes pelo nome¹⁹.

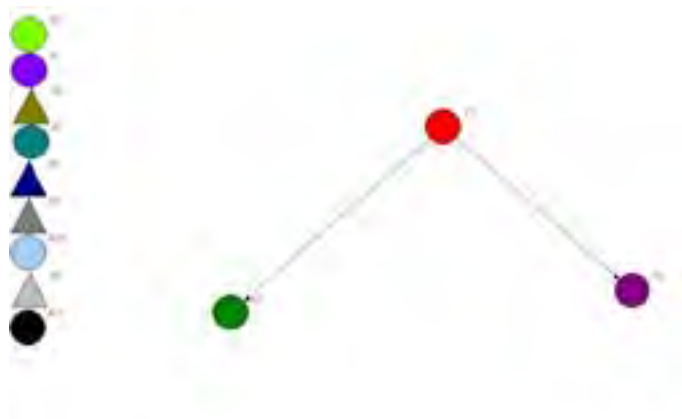
Observou-se que, em algumas situações, o tempo de retorno entre as participações de alunos e tutores ultrapassou 72h, o que é considerado um longo período de espera para processos de aprendizagem, o que pode ter influenciado a não adesão dos alunos às tentativas de interações.

Gráfico 3 – Representação da rede social do G9



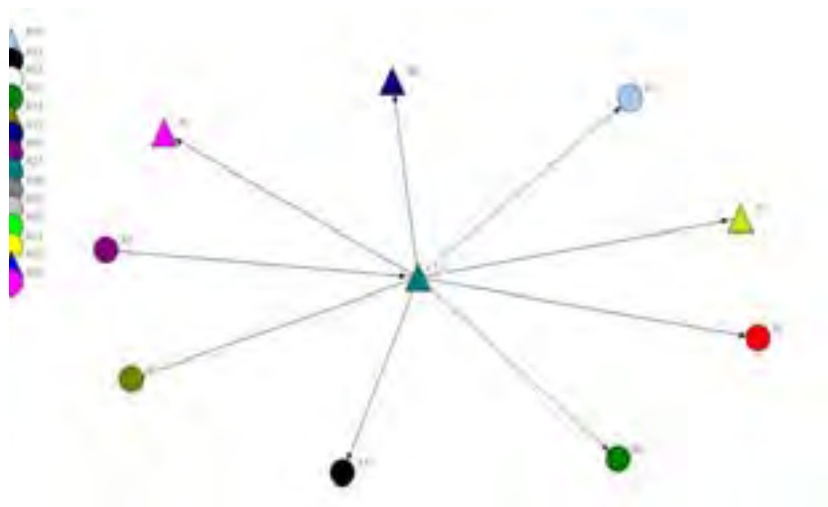
Fonte: As autoras, baseado em dados da UNA-SUS/UERJ

Gráfico 4 – Representação da rede social do G6



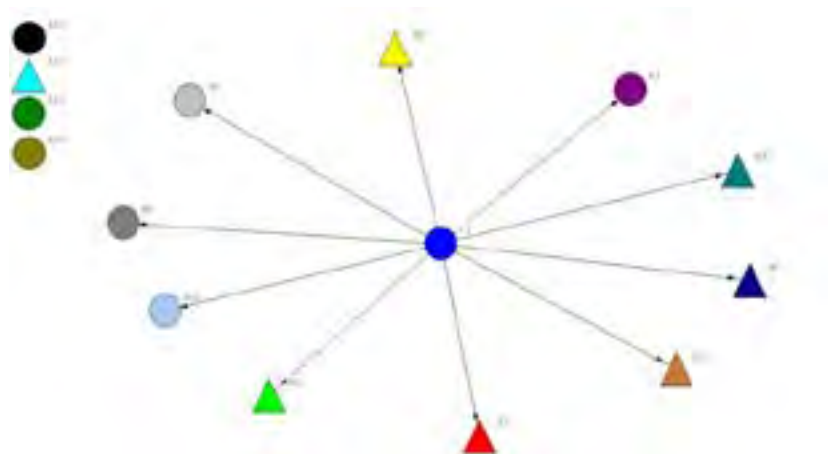
Fonte: As autoras, baseado em dados da UNA-SUS/UERJ

Gráfico 5 – Representação da rede social do G11



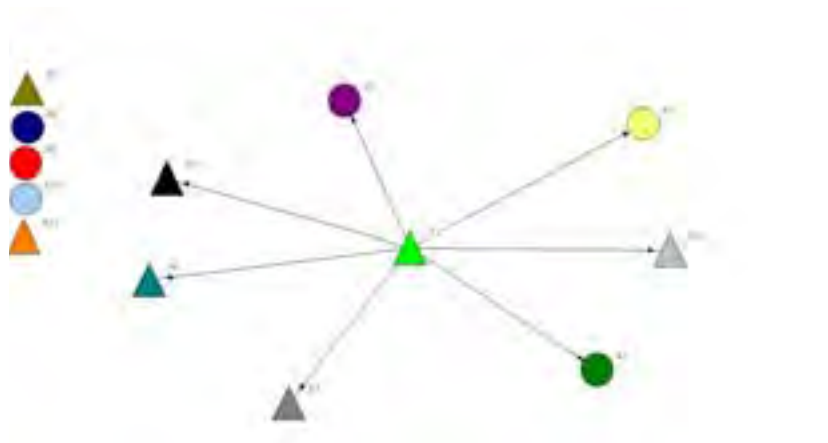
Fonte: As autoras, baseado em dados da UNA-SUS/UERJ

Gráfico 6 – Representação da rede social do G3



Fonte: As autoras, baseado em dados da UNA-SUS/UERJ

Gráfico 7 – Representação da rede social do G8



Fonte: As autoras, baseado em dados da UNA-SUS/UERJ

Gráfico 8 – Representação da rede social do G7



Fonte: As autoras, baseado em dados da UNA-SUS/UERJ

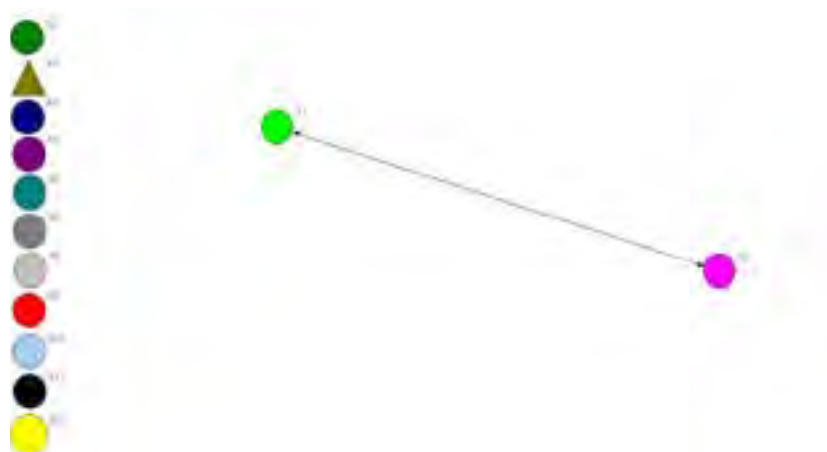
Grupos com ligações bidirecionais

No grupo G2, os atores T1 e A1 estabeleceram uma relação de reciprocidade, e isso pode ser observado pela representação das setas em sentido bidirecional. No caso dos demais atores, não houve nenhuma ligação, a participação deles limitou-se a responder à provocação inicial. A densidade foi de 1.28%. Os graus de centralidade de saída e entrada foram idênticos para os atores A1 e T1 e foram nulos para os demais atores. Nos grupos G5 e G10, há ligações sem e com reciprocidade. No grupo G5, T1 estabelece relações recíprocas com A2, A5 e A6. Já os atores A1, A3 a A4 somente, recebem o fluxo de informação. E os atores A7 e A8 respondem ao fórum sem estabelecer ligações, isoladamente. No grupo G10, T1 estabelece ligações com todos os atores, com relações de reciprocidade com os atores A1, A2, A3, A4, A5, A9 e A10. O valor da densidade foi de 12%, para G5, e 11%, aproximadamente, para G10. Dentre os atores, os tutores de ambos os grupos apresentaram o grau de centralidade mais elevado, tanto de saída como entrada de informação.

Nos grupos mencionados, considera-se que a interação social ocorreu, através da interação tutor-aluno. O tutor do grupo G2 interagiu com A1, e não interagiu com os demais alunos, o que leva a acreditar que tenha ocorrido algum problema interrompendo seu acesso ao fórum. Nestes casos, o grupo necessita ser avisado e outro tutor assume momentaneamente. Os tutores dos grupos G5 e G10 desempenharam o papel de mediadores, de forma a viabilizar o diálogo, buscando o envolvimento dos atores, baseando-se em processos de construção do conhecimento, partilha de saberes, e não se limitando a transmissão de conteúdo, fundamentados por uma abordagem pedagógica socioconstrutivista.

Como já mencionado neste estudo, as interações sociais em fóruns em comunidades de aprendizagem também devem ocorrer aluno-aluno, de forma a desenvolver a autonomia, a troca de ideias e conhecimentos entre todos os atores e a liderança partilhada.

Gráfico 9 – Representação da rede social do G2



Fonte: As autoras, baseado em dados da UNA-SUS/UERJ

Gráfico 10 – Representação da rede social do G5



Fonte: As autoras, baseado em dados da UNA-SUS/UERJ

Gráfico 11 – Representação da rede social do G10



Fonte: As autoras, baseado em dados da UNA-SUS/UERJ

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pode-se observar que os alunos, de forma geral, mantêm uma postura passiva quanto ao processo de aprendizagem, respondendo ao fórum de forma protocolar para obterem uma nota, não se beneficiando da potencialidade do fórum quanto a interatividade com seu tutor e pares. Notou-se que o paradigma educacional centrado no professor e no realizar de atividades, com objetivo de avaliação, ainda marca processos educativos em espaços de discussões online e subutiliza a interface, a tornando, somente, em um repositório de respostas de uma questão inicial onde todos tem acesso. E assim, na maior parte dos grupos analisados, não constatou-se a formação de uma rede forte onde atores estão altamente conectados, por meio de interações, isto foi verificado através dos baixos índices de densidade da rede.

Sendo assim, é necessário que as práticas pedagógicas do tutor corroborem com o rompimento do paradigma tradicional centrado no professor, promovendo a participação dos alunos nas discussões, ao compartilhamento de experiências, a busca de soluções para as dificuldades da sua prática, ao correlacionar teorias com a prática, ao aprofundar temas de interesse, colaborando para a autonomia do aluno. Desse modo, é primordial que ações pedagógicas sejam implementadas com o objetivo de capacitar os profissionais que desempenharão essa função. Pois, os conhecimentos da docência na área médica se baseiam em experiências da profissão e em competências e habilidades individuais do sujeito, muitas vezes, não existindo uma formação didática²⁰.

Também, é fundamental ressaltar que a experiência educacional do fórum pode desenvolver habilidades que são essenciais à profissão médica, principalmente, ao médico de família e comunidade, como: comunicação, habilidade interpessoal, trabalho em equipe, aprendizagem colaborativa e discussão de problemas e soluções, sendo considerável que tutores e alunos as desenvolvam.

REFERÊNCIAS

- [1] CASTELLS, M. A Sociedade em Rede: do Conhecimento à Política. In: CASTELLS, M; CARDOSO, G. (Org.). A Sociedade em Rede Do Conhecimento à Acção Política. Belém: Imprensa Nacional – Casa da Moeda, 2005.
- [2] SANTOS, EO. Ambientes Virtuais De Aprendizagem: por Autorias Livres, Plurais e Gratuitas. Rev. da FAEBA - Educação e Contemporaneidade. [Internet] Jul./Dez. 2002. [acesso em 18 dez. 2015] 11(18): 425-435. Disponível em: <http://www.ppgeduc.com/revistadafaeaba/anteriores/numero18.pdf#page=182>
- [3] DOUGIAMAS, M, TAYLOR, PC. Moodle: usando comunidades de aprendizes para criar um sistema de fonte aberta de gerenciamento de curso. In: ALVES, L, BARROS, D, OKADA, A. MOODLE – Estratégias Pedagógicas e Estudos de Caso. Salvador: EDUNEB, 2009.
- [4] ALVES, L. Um olhar pedagógico das interfaces do Moodle. In: ALVES, L, BARROS, D, OKADA, A. MOODLE – Estratégias Pedagógicas e Estudos de Caso. Salvador: EDUNEB, 2009.
- [5] SILVA, M. Cibercultura e educação: a comunicação na sala de aula presencial e online. Revista FAMECOS. [Internet] Dez. 2008. [acesso em 19 dez. 2015] 1 (37):69-74. Disponível em: <http://revistaseletronicas.pucrs.br/ojs/index.php/revistafamecos/article/view/4802/3606>
- [6] PRIMO, A. Enfoques e desfoques no estudo da interação mediada por computador. In: XXVI Congresso Brasileiro de Ciências da Comunicação [Internet] 02-06 Set. 2003, Belo Horizonte, Intercom. [acesso em: 18 dez. 2015] Disponível em: <http://www.portcom.intercom.org.br/pdfs/64661483631336967249446282908687851097.pdf>
- [7] MOORE, MG. Teoria da Distância Transacional. Tradução Wilson Azevêdo. Revista Brasileira de Aprendizagem Aberta e a Distância, [Internet] Ago. 2002. [acesso em 18 dez.2015]; 1: 1-14. Disponível em: http://www.abed.org.br/revistacientifica/Revista_PDF_Doc/2002_Teoria_Distancia_Transacional_Michael_Moore.pdf

- [8] FREIRE, P. *Pedagogia do Oprimido*. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.
- [9] KENSKI, VM. Processos de interação e comunicação mediados pelas tecnologias. In: ROSA, D, SOUZA, V. (orgs.). *Didática e práticas de ensino: interfaces com diferentes saberes e lugares formativos*. Rio de Janeiro: DP&A, 2002.
- [10] SILVA, M. Educar na Cibercultura: Desafios à formação de professores para docência em cursos online. *Revista Digital de Tecnologias Cognitivas*. [Internet] 2010. [acesso em 18 dez. 2015]; 3 (2010): 39-51. Disponível em: http://www4.pucsp.br/pos/tidd/teccogs/artigos/2010/edicao_3/3-educar_na_cibercultura-desafios_formacao_de_professores_para_docencia_em_cursos_online-marco_silva.pdf
- [11] GARRISON, D.R, ANDERSON, T, ARCHER,W. Critical thinking in text based environment: computer conferencing in higher education. *The Internet and Higher Education*, [Internet] 2000. [acesso em 19 dez.2015]; 2 (2), 87-105. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1096751600000166>
- [12] DIAS, P. Da *e-moderação* à mediação colaborativa nas comunidades de aprendizagem. In: SILVA, M, PESCE, L, ZUIN, A; *Educação Online: cenário, formação e questões didático-metodológicos*. Rio de Janeiro: Wak Ed., 2010:233-246.
- [13] GIL, AC. Como classificar as pesquisas. In: *Como elaborar projetos de pesquisa*, 4 Ed. São Paulo: Atlas Ed, 2002: 41-56.
- [14] YIN, R. *Estudo de caso: planejamento e métodos*. 4. Ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.
- [15] TOMAÉL, MI, MARTELETO, RM. Redes sociais: posições dos atores no fluxo da informação. In: *Encontro Bibli: Revista eletrônica de biblioteconomia e ciência da informação*. [Internet] 2007. [acesso em 19 dez.2015]; 11(1): 75-91. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/eb/article/view/1518-2924.2006v11nesplp75>
- [16] HANNEMAN, R, RIDDLE, M. *Introduction to social network methods*. [Internet] Riverside, CA: University of California, Riverside, 2005. [acesso em: 19 dez.2015] Disponível em: <http://faculty.ucr.edu/~hanneman/>
- [17] BORGATTI, SP, EVERETT, MG, FREEMAN, L.C. 2002. [programa de computador] Versão 6.610. *Ucinet for Windows: Software for Social Network Analysis*. Harvard, MA: Analytic Technologies.
- [18] LAGO JUNIOR, MW do. *Redes sociais informais intraorganizacionais e os processos e mudanças organizacionais: estudo em uma empresa de tecnologia da informação*. [Internet] Salvador, BA: Universidade Federal da Bahia, 2005. [acesso em 19 dez. 2015] Disponível em: http://www.adm.ufba.br/sites/default/files/publicacao/arquivo/mario_wilson_lago_junior.pdf
- [19] QUINTAS-MENDES, A, MORGADO, L, AMANTE, L. Comunicação mediatizada por computador e educação online: da distância à proximidade. In: SILVA, M, PESCE, L, ZUIN, A; *Educação Online: cenário, formação e questões didático-metodológicos*. Rio de Janeiro: Wak Ed., 2010: 247-278.
- [20] PASSOS, IAV. *A Trajetória Profissional e a Construção do Docente Universitário*. In: Rangel, M. (Org.) *Educação Superior: avanços e práticas*. Niterói: Intertexto, 2010:15-34.

Contato

Aline Teixeira Gomes
e-mail: alinetegomes00@hotmail.com

Márcia Maria Pereira Rendeiro
e-mail: mmrendeiro@yahoo.com.br

MINERAÇÃO DE DADOS NO ENFRENTAMENTO DA TRANSMISSÃO VERTICAL DA SÍFILIS

DATA MINING FOR COPING MOTHER-TO-CHILD SYPHILIS TRANSMISSION

Cristiane Yumi Nakamura¹, Sandra Duran Otero¹, Deborah Ribeiro Carvalho²

¹ Secretaria Municipal da Saúde de Curitiba (SMS), Brasil

² Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR), Curitiba, Brasil

Resumo: Este artigo objetiva identificar, por meio da Mineração de Dados, informações que auxiliem nas estratégias para o enfrentamento da transmissão vertical da sífilis em Curitiba-PR. Trata-se de estudo transversal, exploratório, bibliográfico e documental. Foi construída uma base de dados, proveniente dos Sistemas de Informação em Saúde: SINAN, SINASC e SCNES, e utilizada a tarefa de classificação nos experimentos de Mineração de Dados. Dentre os fatores associados ao tratamento inadequado da gestante destacam-se aqueles relacionados à falha na assistência ao pré-natal: ausência de realização de pré-natal, diagnóstico realizado em tempo inoportuno, falta de sensibilização do parceiro para o tratamento e não realização de tratamento. Também foi possível identificar falhas nos registros, com preenchimento inadequado, inconsistente ou de baixa qualidade. Os resultados obtidos sugerem a necessidade de sensibilização e capacitação dos profissionais de saúde no que diz respeito à assistência ao pré-natal, bem como no registro de dados referentes a esta assistência.

Abstract: *This paper aims to identify, with Data Mining, characteristics and standards that can help to confront mother-to-child transmission of syphilis in Curitiba-PR. It is a transversal, exploratory, bibliographical and documentary study. A database was created, from three Health Information Systems - SINAN, SINASC e SCNES, and it was used classification task in experiments of Data Mining. Among the factors associated with pregnant women's inappropriate treatment there are those related to gaps in antenatal care: lack of realization of antenatal care, late diagnosis, lack of pregnant women's partner awareness of the treatment and not undertaking treatment. It was also possible to identify failure in records, with inadequate filling records, inconsistent or with poor quality. Results suggest the need for sensitization and training of health professionals related to antenatal care, including records relating to this assistance.*

Palavras-chaves: Mineração de Dados, Transmissão Vertical de Doença Infecciosa, Sífilis Congênita

Keywords: Data Mining; Infectious Disease Transmission, Vertical; Congenital Syphilis

Introdução

A sífilis congênita resulta da disseminação do *Treponema pallidum* da gestante infectada não tratada ou inadequadamente tratada, para o seu conceito, por via transplacentária ou no momento do parto. O *T. pallidum*, quando presente na corrente sanguínea da gestante, atravessa a barreira placentária e penetra na corrente sanguínea do feto. A evolução da infecção treponêmica poderá levar a complicações que determinará lesões deformantes, com destruição de tecido cutaneomucoso e ósseo, graves sequelas neurológicas e até mesmo óbito¹.

A sífilis congênita persiste como grave problema de saúde pública. Sua ocorrência pode revelar falhas na atenção à saúde da gestante relacionadas ao diagnóstico, tratamento, notificação e investigação.

Trata-se de uma doença passível de prevenção, de agente etiológico e modo de transmissão conhecidos, cuja eliminação é possível desde que a mulher infectada pelo *Treponema pallidum* seja identificada e tratada antes e durante a gestação. Entretanto, o controle da infecção permanece como um grande desafio para os serviços assistenciais e de vigilância epidemiológica.

A Organização Mundial da Saúde (OMS) estima 1 milhão de casos de sífilis por ano entre as gestantes e preconiza a detecção e o tratamento oportunos destas e de seus parceiros sexuais portadores da sífilis, considerando que a infecção pode ser transmitida ao feto, com graves implicações¹.

Nos últimos 10 anos, houve um progressivo aumento na taxa de incidência de sífilis congênita no Brasil. Em 2004 a taxa era de 1,7 casos para cada 1.000 nascidos vivos e em 2013 subiu para 4,7¹. Acompanhando este aumento da taxa de incidência no país, o município de Curitiba vem apresentando uma taxa crescente de 0,83 em 2004 para 3,81 em 2013, tornando-se um problema crescente de saúde pública para o município². Com relação ao coeficiente de detecção da sífilis em gestantes houve um aumento de 0,52 em 2004 para 9,71 em 2013 o que apresenta um desafio para o município desde o diagnóstico da gestante, o acesso aos serviços de acompanhamento pré-natal, a aderência ao acompanhamento com a realização de um número adequado de consultas, o tratamento adequado, condutas que são sabidamente positivas na redução da prevalência da sífilis congênita.

Diante da realidade nacional e de acordo com o contexto global, uma das prioridades descritas na Agenda Estratégica da Secretaria de Vigilância em Saúde (SVS) do Ministério da Saúde (MS) é a eliminação da sífilis congênita como problema de saúde pública até 2015¹.

A sífilis em gestante é um dos agravos que fazem parte da lista nacional de doenças de notificação compulsória, sendo registrado no sistema informatizado SINAN - Sistema de Informação de Agravos de Notificação³. Desta maneira, é possível obter informações sobre as gestantes infectadas, resultados laboratoriais, antecedentes epidemiológicos, tratamento, entre outros.

Para todos os nascimentos que apresentem sinais vitais, independentemente de sua viabilidade, deve ser preenchida uma Declaração de Nascido Vivo (DNV), sendo umas das três vias enviadas à Secretaria de Saúde do município, que registra no SINASC - Sistema de Informações sobre Nascidos Vivos³. A DNV possui dados referentes ao local do nascimento, à gestação, ao parto e às características da mãe e recém-nascido.

Todo estabelecimento de saúde deve estar cadastrado no Sistema de Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde (SCNES). Este cadastro, com atualização continuada, permite o conhecimento de informações sobre a capacidade física instalada, os serviços disponíveis e profissionais vinculados aos estabelecimentos de saúde, equipes de saúde da família³.

As informações contidas nestes Sistemas de Informação e Saúde (SIS) são de grande utilidade para auxiliar no planejamento de ações da saúde, conhecer o perfil de morbimortalidade, definir prioridades de intervenção, além de permitir que seja avaliado o impacto das intervenções.

As medidas de intervenção para evitar a transmissão vertical da sífilis estão disponíveis em todos os serviços de atenção à saúde, entretanto, uma série de fatores sociais, políticos, econômicos e individuais podem dificultar o acesso desta população a estas medidas, contribuindo para a ocorrência de casos por esta via de transmissão.

Inúmeros esforços têm sido voltados no enfrentamento deste problema de saúde pública, porém, sem resultados visto que a taxa de incidência de sífilis congênita vem aumentando.

Este estudo objetiva identificar fatores que possam contribuir com os gestores sobre o perfil epidemiológico da sífilis congênita em Curitiba, a partir da Mineração de Dados. Contribuindo assim no enfrentamento deste problema, promovendo uma melhor condição de saúde para a população.

Materiais e métodos

Trata-se de estudo transversal, exploratório, bibliográfico e documental, aprovado pelo CEP PU-CPR em 26/11/2015 (CAAE 51169315.7.0000.0020) e CEP SMS Curitiba em 10/12/2015 (CAAE 51169315.7.3001.0101), utilizou-se de bases de dados secundários, oriundas do SINAN, SINASC, SCNES, contendo dados do município de Curitiba.

A pesquisa foi desenvolvida a partir das três etapas do processo de Descoberta de Conhecimento em Bases de Dados: Pré-processamento, Mineração de Dados e Pós-processamento⁴.

Pré-processamento - Foi adotado o banco do SINAN contendo todos os casos de sífilis em gestante, residente em Curitiba, do ano de 2014. A opção pelo ano de 2014 se deve ao fato de ser o último ano considerado encerrado. A partir dos registros identificados no SINAN foram pesquisados os dados pessoais com os respectivos nascidos vivos encontrados no banco do SINASC. Para os dados do SINASC, foi adotado o biênio 2014 e 2015, permitindo assim contemplar as gestantes diagnosticadas em 2014 e que realizaram o parto em 2015. O processo de linkagem, entre os dois conjuntos de dados, foi realizado a partir dos nomes e data de nascimento e endereço.

O conjunto resultante foi consistido e complementando com dados referentes à respectiva unidade de realização do pré-natal, provenientes do SCNES: capacidade física instalada, número de profissionais por categoria, tipos de equipe e quantidade. A justificativa para esta complementação foi a inserção de variáveis que representassem maior governabilidade do gestor.

Mineração de Dados - Foi adotada a tarefa de classificação, algoritmo J48, disponível na ferramenta WEKA - *Waikato Environment for Knowledge Analysis*. A opção de representação do classificador a partir de *árvore de decisão*, se deve pela possibilidade de identificação das variáveis mais fortemente relacionadas com aquela selecionada como variável foco de análise, como por exemplo o tratamento adequado da gestante.

Na etapa de Pós-processamento, foram analisadas visualmente as árvores descobertas.

Resultados e Discussão

O conjunto de dados do SINAN resultou em 323 registros de gestantes notificadas com sífilis no, das quais 278 foram “linkadas” aos respectivos dados do SINASC, pois para 45 não foram encontrados dados sobre seus respectivos nascidos vivos no SINASC. Para a Mineração de Dados foi adotado o conjunto de 323 registros.

Para a variável foco tratamento adequado da gestante (TRATADEQ_CONSPESQ) dentre as demais variáveis disponíveis aquela mais fortemente associada foi a realização ou não do tratamento do parceiro (tratparc_CONSPESQ) (Figura 1).

```

J48 pruned tree
-----
tratparc_CONSPESQ = não: não (146.0)
tratparc_CONSPESQ = sim: sim (177.0/2.0)

```

Figura 1 – Árvore descoberta tendo como variável foco tratamento adequado da gestante (TRATADEQ_CONSPESQ)

Este resultado (Figura 1) corrobora a literatura, tendo vários estudos que demonstram como um dos principais motivos de inadequação do tratamento da gestante, a falta ou inadequação do tratamento do parceiro⁵⁻¹⁰.

É considerado como tratamento adequado da gestante o tratamento completo, adequado ao estágio da doença, feito com penicilina e finalizado pelo menos 30 dias antes do parto, tendo sido o parceiro

tratado concomitantemente¹. O tratamento do parceiro é de suma importância visto a possibilidade de reinfecção da gestante, por se tratar de uma doença sexualmente transmissível (DST).

Tendo como variável foco o tratamento adequado da gestante (TRATADEQ_CONSPESQ), vários experimentos foram realizados na tentativa de encontrar alguma relação com o número de consultas realizadas (CONSPRENAT); bem como o caminho inverso, porém, não foi encontrado nenhum tipo de relação entre o tratamento adequado da gestante e número de consultas de pré-natal. Tais resultados vão de encontro ao estudo de Flores¹¹, que demonstrou que a transmissão vertical da sífilis ocorre mesmo quando as gestantes realizam o mínimo de 7 consultas, número mínimo de consultas preconizado pelo Ministério da Saúde¹.

A assistência ao pré-natal é uma preocupação destacada em vários estudos. A falta de pré-natal aumenta em 26 vezes o risco de transmissão vertical da sífilis¹². E apesar de nosso estudo ter corroborado o encontrado por Flores¹¹, foi encontrado na literatura estudos demonstrando uma maior chance de tratamento adequado naquelas gestantes que realizaram o número mínimo de consultas preconizado^{7,13}.

Dentre os experimentos realizados durante a Mineração de Dados, foi observado que das 138 variáveis relacionadas a idade gestacional no momento do diagnóstico (variável foco CS_GESTANTE), aquela mais fortemente relacionada foi novamente o tratamento do parceiro (tratparc_CONSPESQ) (Figura 2).

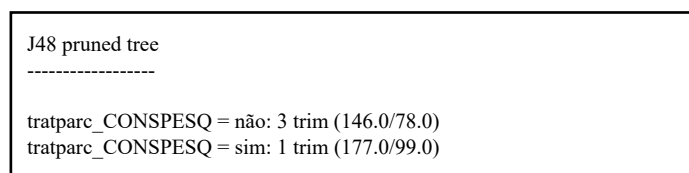


Figura 2 – Árvore descoberta tendo como variável foco a idade gestacional no momento do diagnóstico (CS_GESTANTE)

Este resultado (Figura 2) indica que quando o diagnóstico é realizado no primeiro trimestre gestacional, maiores são as possibilidades de o parceiro aderir ao tratamento; de maneira oposta, quando o diagnóstico é feito no terceiro trimestre, o parceiro não realiza o tratamento. Portanto, quanto mais precocemente for efetivado o diagnóstico, maiores as chances de o parceiro ser tratado adequadamente. Esta hipótese pode ser atribuída ao maior tempo para o contato e sensibilização do parceiro para realização do tratamento estando em concordância ao sugerido por Qin¹⁴ de que na maioria das vezes, falta uma sensibilização do parceiro com relação à doença.

O resultado encontrado corrobora a literatura, onde muito além da quantidade de consultas e da realização do pré-natal, a qualidade desta assistência é o fator de maior impacto no que diz respeito ao sucesso no tratamento da gestante com sífilis^{9,15}. Autores relacionam a qualidade da assistência ao pré-natal com a captação precoce da gestante, realização das consultas, diagnóstico da sífilis durante a gestação, criação de vínculo com a gestante, entre outros^{6-7,10}.

Considerando a inserção da variável se o tratamento foi realizado na mesma unidade notificadora, tendo como variável foco o tratamento adequado da gestante (TRATADEQ_CONSPESQ), percebe-se que quando a unidade notificadora é a mesma de realização do pré-natal (notif_igual_unipre_CONSPESQ), a gestante apresenta tratamento adequado (Figura 3), o que demonstra claramente a importância da realização de um pré-natal com qualidade, com realização de exames para detecção de sífilis em tempo hábil para tratamento da gestante e seu parceiro.

Levando em consideração que quando as unidades são diferentes, a notificação foi realizada por hospitais, e que os casos notificados nos hospitais são aqueles diagnosticados somente no momento do parto, pode-se inferir que há falhas ou na atenção à saúde da comunidade adscrita da Unidade de

Saúde (equipe desconhece suas gestantes, não há criação de vínculo e gestantes acabam nem realizando pré-natal) ou na assistência das gestantes, que chegam a fazer acompanhamento na Unidade de Saúde, mas não são diagnosticadas ou são diagnosticadas tardiamente ou não recebem o tratamento ou não recebem o tratamento adequado.

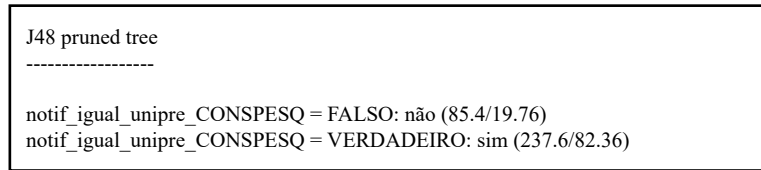


Figura 3 – Árvore descoberta tendo como variável foco o tratamento adequado da gestante (TRATADEQ_CONSPESQ)

Tal resultado (Figura 3) vai de encontro ao verificado por Qin e colaboradores¹⁶ que constataram que o mais importante fator de risco à transmissão da sífilis congênita é a falta ou inadequada assistência ao pré-natal.

Apesar dos experimentos realizados terem buscado relação entre a variável foco tratamento adequado da gestante (TRATADEQ_CONSPESQ) e questões de maior governabilidade do gestor, referentes a capacidade física instalada, serviços disponíveis, composição das equipes e suas respectivas modalidades como Estratégia de Saúde da Família, não foi possível identificar relação entre as variáveis.

Desta forma, corroborou-se o encontrado na revisão de literatura, onde não foi constatado relato de associação efetiva entre o controle da transmissão da sífilis e equipes de Estratégia de Saúde da Família^{10,17}.

São frequentes os relatos, por parte de diferentes profissionais de saúde da Rede de Atenção à Saúde de Curitiba, a respeito da dificuldade encontrada no tratamento de sífilis das gestantes imigrantes ou usuária de drogas. Na Itália¹⁵ e China¹⁸ foi encontrado que as gestantes imigrantes têm uma maior incidência de sífilis durante a gestação e menor adesão ao tratamento, porém, associado a outros fatores como baixa escolaridade, baixo nível socioeconômico, desemprego e acesso restrito aos serviços de saúde. Não existe na ficha de notificação da doença, campo sobre a nacionalidade e ao ser verificado no SINASC a naturalidade da mãe, dos 323 registros, todas são brasileiras. Assim, neste estudo, não foi possível encontrar achados que nos fornecesse alguma hipótese desta natureza.

O uso de drogas aumenta a possibilidade da transmissão vertical da sífilis^{12,14,19} porém, este é um dado que não existe em nenhum dos bancos de dados utilizados, não possibilitando a realização de experimentos que pudessem corroborar esta relação.

Com relação a alguns dados sócio-demográficos das gestantes com sífilis, os resultados encontrados em nossos experimentos foram diferentes do relatado na literatura. Em nossos experimentos, quando utilizado como variável foco o atributo raça/cor (CS_RACA), não houve associação com nenhum dos 110 atributos relacionados, evidenciado que a grande maioria das gestantes é de raça branca (Figura 4).

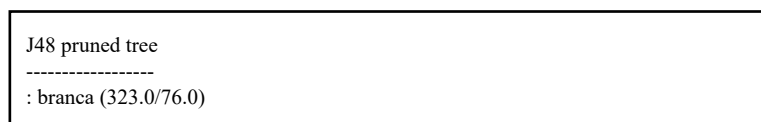


Figura 4 – Árvore descoberta tendo como variável foco raça/cor (CS_RACA)

Na literatura vários estudos retratam diferencial marcante, com a maior incidência da doença em gestantes da raça/cor preta e parda^{6-7,20-21}. Porém, assim como sugerido por Oliveira¹⁰, é necessária

cautela na interpretação de um dado como este, considerando o perfil populacional do município, onde segundo dados do Censo 2010 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, quase 80% da população residente em Curitiba se auto declara da raça branca²².

Com relação à idade da mãe, foi identificado uma maior concentração entre 17 e 26 anos (Gráfico 1), porém, não foi encontrado nenhuma associação com o tratamento adequado ou com qualquer outra variável interessante para este estudo.

De acordo com Qin¹², a cada 5 anos de idade a mais da gestante, reduz-se a chance de transmissão vertical da sífilis em 14%. A relação entre idade da mãe menor de 20 anos e maior probabilidade de transmissão vertical da sífilis foi encontrada nos estudos de Tripadalli¹⁵ e Mendoza²³. Enquanto na Espanha a média de idade encontrada entre as gestantes com sífilis é de 29 anos²⁴, no Brasil, alguns estudos apontam o aumento do número de gestantes adolescentes e transmissão vertical da sífilis^{10-11,21}, mas ainda com predomínio de gestantes acima de 20 anos^{7,10,13,21}.



Gráfico 1 – Frequência absoluta de gestante por idade em anos

Apesar da escolaridade da mãe ter se apresentado como um fator relacionado ao tratamento da gestante, vale destacar que várias inconsistências foram encontradas. Fato que demonstra falha nos registros e falta de comprometimento dos profissionais com a informação precisa, visto que a grande maioria dos registros (70) constavam como “não informado” (Gráfico 2).

Desta maneira, não foi possível verificar a relação, como encontrada na literatura, entre a baixa escolaridade e a alta incidência de sífilis em gestante^{6-7,11,15,18} e a importância de uma atenção diferenciada a estas gestantes¹⁶. Porém, resultado semelhante, evidenciando a baixa qualidade do registro no SINAN foi encontrado por Oliveira¹⁰ em estudo no Mato Grosso.

Durante a etapa de Pré-processamento, foram identificadas inconsistências nos registros, desde a ausência de valores, preenchimento inadequado, inconsistentes (discordantes entre si) ou de baixa qualidade (informação “ignorada”). Esta baixa qualidade nos registros constatada, também é relatada em nível nacional por Flores¹¹ e Oliveira¹⁰ quando analisado o banco do SINAN, por Newman⁹ ao analisar o banco de dados da OMS e Winscott²⁵, nos registros de sífilis em gestante no Arizona, EUA. Todos estes pesquisadores também apontaram para a subnotificação de casos. Salienta-se que os registros são importantes para diagnóstico situacional e definição de estratégias para enfrentamento de um problema em saúde pública, e a falha nos mesmos é apontada como um dos problemas na assistência¹¹.



Gráfico 2 – Frequência absoluta referente à escolaridade da mãe

Conclusão

A adoção da Mineração de Dados permitiu identificar fatores e evidenciar fragilidades, criando hipóteses que ajudem os gestores a entender melhor o problema e traçar estratégias para seu enfrentamento.

Já na etapa de Pré-processamento foi evidenciada a baixa qualidade dos registros, que apesar dos esforços em minimizá-los, algumas análises podem ter sido prejudicadas. Visto que a notificação e preenchimento adequado dos registros é de responsabilidade dos profissionais de saúde, a divulgação de situações desta natureza, evidenciam aos profissionais a importância de um maior cuidado quando da realização dos respectivos registros. É notório que a rotina destes profissionais é intensa e que muitas vezes pode prejudicar a qualidade da coleta dos dados, cabe aos gestores equilibrar os esforços profissionais entre a assistência atribulada e uma capacitação e sensibilização dos profissionais para o correto e adequado preenchimento dos registros.

A partir da literatura foram identificados alguns fatores que poderiam alertar os profissionais para uma atenção diferenciada a estas gestantes, tais como nacionalidade e uso de drogas, porém, tais dados não constam na ficha de notificação do agravo (SINAN). Sugere-se uma revisão da ficha de notificação com inclusão de campos referente aos fatores de risco existentes.

O foco dos experimentos foi o tratamento da gestante (o que inclui o tratamento do parceiro), objetivando a descoberta de fatores que contribuíssem para que os gestores do município de Curitiba complementassem as intervenções já existentes no enfrentamento deste problema de saúde pública. A partir dos resultados foi possível identificar a existência de falhas na assistência ao pré-natal da Rede de Atenção à Saúde de Curitiba, com gestantes sem realização de pré-natal, diagnóstico de sífilis não realizado durante a gestação, falta de sensibilização do parceiro para o tratamento, diagnóstico realizado em tempo inoportuno e falha no preenchimento dos registros.

Tais resultados demonstram a importância da constante sensibilização e capacitação dos profissionais de saúde, não somente empoderando-os com tecnologia dura (recursos materiais) e leve-dura (saberes técnicos estruturados), mas principalmente com a tecnologia leve (relações), visto que as falhas detectadas são alusivas à relação profissional de saúde-paciente tais como o acesso, a criação de vínculo e sensibilização do paciente.

Como limitação da pesquisa pode-se destacar a qualidade dos registros. Um outro fator que pode ser revisto em pesquisas futuras é a ampliação da janela temporal para a seleção dos dados, ou seja considerando um intervalo maior e não apenas um ano.

Referências

- [1] Brasil. Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde. Boletim Epidemiológico da Sífilis. Brasília (DF): Ministério da Saúde; 2015.
- [2] Curitiba. Secretaria Municipal da Saúde de Curitiba. Serie Histórica da Sífilis Congênita. Curitiba (PR): 2015. Disponível em: <http://www.saude.curitiba.pr.gov.br/images/Serie%20Historica%20Sifilis%20Cong%C3%AAAnita.pdf>. Acesso em 05 nov.2016
- [3] Brasil. Ministério da Saúde. A experiência brasileira em sistemas de informação em saúde. Brasília (DF): Editora do Ministério da Saúde, Vol. 1 – (Série B. Textos Básicos de Saúde); 2009.
- [4] Fayyad U, Piatetsky-Shapiro G, Smyth Padhraic. From Data Mining to Knowledge Discovery in Databases. *AI Magazine*. 1996; 17(3):37-54.
- [5] Hildebrant VLPC. Sífilis congênita: fatores associados ao tratamento das gestantes e seus parceiros [tese]. Rio de Janeiro: Fiocruz - Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca; 2010.
- [6] Domingues RMSM, Saracen V, Hartz ZMA, Leal MC. Sífilis congênita: evento sentinela da qualidade da assistência pré-natal. *Rev Saude Publica*. Fev 2013; 47(1):147-57.
- [7] Lima MG, Santos RF, Barbosa GJA, Ribeiro GS. Incidência e fatores de risco para sífilis congênita em Belo Horizonte, 2001-2008. *Cien Saude Colet*. Fev 2013; 18(2):499-506.
- [8] Magalhães DMS, Kawaguchi IAL, Dias A, Calderon IMP. Sífilis materna e congênita: ainda um desafio. *Cad Saude Publica*. Jun 2013; 29(6):1109-20.
- [9] Newman L, Kamb M, Hawkes S, Gomez G, Say L, Seuc A, Broutet N. Global estimates of syphilis in pregnancy and associated adverse outcomes: analysis of multinational antenatal surveillance data. *PLoS Med*. Fev 2013; 10(2): e1001396.
- [10] Oliveira LR, Costa MC, Barreto FR, Pereira SM, Dourado I, Teixeira MG. Evaluation of preventative and control measures for congenital syphilis in State of Mato Grosso. *Rev Soc Bras Med Trop*. Mai-Jun 2014; 47(3):334-40.
- [11] Flores RLR. Sífilis congênita no município de Belém (Pará): análise dos dados registrados nos sistemas de informação em saúde (SINAN, SIM e SINASC) [tese]. Rio de Janeiro: Fiocruz - Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca; 2011.
- [12] Qin JB, Feng TJ, Yang TB, Hong FC, Lan LN, Zhang CL, et al. Risk factors for congenital syphilis and adverse pregnancy outcomes in offspring of women with syphilis in Shenzhen, China: a prospective nested case-control study. *Sex Transm Dis* Jan 2014; 41(1):13-23.
- [13] Nonato SM, Melo APS, Guimarães MDC. Sífilis na gestação e fatores associados à sífilis congênita em Belo Horizonte-MG, 2010-2013. *Epidemiol Serv Saude*. Out-Dez 2015; 24(4):681-94.
- [14] Qin JB, Feng TJ, Yang TB, Hong FC, Lan LN, Zhang CL, et al. Synthesized prevention and control of one decade for mother-to-child transmission of syphilis and determinants associated with congenital syphilis and adverse pregnancy outcomes in Shenzhen, South China. *Eur J Clin Microbiol Infect Dis*. Dez 2014; 33(12):2183-98.
- [15] Tridapalli E, Capretti MG, Reggiani ML, Stronati M, Faldella G. Congenital syphilis in Italy: a multicentre study. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed*. Mai 2012; 97(3):211-3.
- [16] Qin JB, Feng TJ, Yang TB, Hong FC, Lan LN, Zhang CL. Maternal and paternal factors associated with congenital syphilis in Shenzhen, China: a prospective cohort study. *Eur J Clin Microbiol Infect Dis*. Fev 2014;33(2):221-32.
- [17] Araujo CL, Shimizu HE, Sousa AIA, Hamann EM. Incidência da sífilis congênita no Brasil e sua relação com a Estratégia Saúde da Família. *Rev Saúde Pública*. Jun 2012; 46(3):479-86.

- [18] Zhu L, Qin M, Du L, Xie RH, Wong T, Wen SW. Maternal and congenital syphilis in Shanghai, China, 2002 to 2006. *Int J Infect Dis*. Set 2010; 14 Suppl 3: e45-8.
- [19] Portela GLC, Barros LM, Frota NM, Landim APP, Caetano JA, Farias FLR. Perception of pregnant on consumption of illicit drugs in pregnancy / Percepção da gestante sobre o consumo de drogas ilícitas na gestação / Percepción de la embarazada sobre el consumo de drogas ilícitas en la gestación. *Rev eletrônica saúde mental álcool drog*. Ago 2013; 9(2):58-63.
- [20] Melo NGDO, Melo DA, Ferreira LOC. Diferenciais intraurbanos de sífilis congênita no Recife, Pernambuco, Brasil (2004-2006) / Intraurban differences related to inherited syphilis in Recife, state of Pernambuco, Brazil (2004-2006). *Epidemiol Serv Saude*. Abr-jun 2011; 20(2):213-22.
- [21] Pires ACS, Oliveira DD, Rocha GMNM, Santos A. Ocorrência de sífilis congênita e os principais fatores relacionados aos índices de transmissão da doença no Brasil da atualidade - Revisão de literatura. *Revista UNINGÁ Review*. Jul-Set 2014; 19(1):58-64.
- [22] Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba. Curitiba em dados. Disponível em: http://curitibaemdados.ippuc.org.br/Curitiba_em_dados_Pesquisa.htm. Acesso em 10 mar. 2016
- [23] Mendoza TLA, Arias GM, Mendoza TLI. Hijo de madre adolescente: riesgos, morbilidad y mortalidad neonatal / Risks in adolescent mothers and their children's: morbidity and mortality. *Rev Chil Obstet Ginecol*. 2012;77(5):375-82.
- [24] Calle M, Cruceyra M, Haro M, Magdaleno F, Montero MD, Aracil J, Gonzalez A. Sífilis y embarazo: estudio de 94 casos. *MedClin*. Ago 2013;141(4):141-4.
- [25] Winscott M, Taylor MM, Kenney K. Identifying unreported and undiagnosed cases of congenital syphilis in Arizona using live birth and fetal death registries. *Sex Transm Dis*. Abr 2014;37(4):244-7.

Contato

Deborah Ribeiro Carvalho, Doutora em
Computação de Alto Desempenho - Docente
do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia
em Saúde – PUCPR.
Rua Imaculada Conceição, 1155, Bairro Prado
Velho, Curitiba, Brasil. CEP: 80215-901
(41) 3271-1567 ribeiro.carvalho@pucpr.br

MAPAS DE APRENDIZAGEM: TUTORIAIS INTELIGENTES COMO POSSIBILIDADE DE APRENDIZAGEM AUTODIRIGIDA

Rita de Cássia dos Santos Nunes Lisboa¹, Aline Teixeira Gomes¹ e Márcia Maria Pereira Rendeiro¹

¹Universidade Aberta do SUS da Universidade do Estado do Rio de Janeiro/UMA-SUS UERJ,
Rio de Janeiro, Brasil

Resumo: O Curso autoinstrucional Política Nacional Integral de Saúde LGBT oferecido pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro, em parceria com o Programa Universidade Aberta do Sistema Único de Saúde, na modalidade a distância, utilizou-se do Sistema de Tutorial Inteligente, dentro do Ambiente Virtual de Aprendizagem Moodle. O objetivo desta pesquisa foi conhecer o percurso realizado pelos alunos através dos registros dos acessos do AVA aos materiais disponíveis, e analisá-lo. A pesquisa foi do tipo exploratória, de natureza aplicada, com uso de dados quantitativos e com procedimentos da pesquisa-ação. Dentre os materiais, percebemos que o maior número de acessos foi no primeiro livro disposto no desenho didático, com cerca de 6.182 acessos. E do total de 6.778 alunos inscritos, aproximadamente, 40% dos alunos concluíram o curso com aprovação. Considera-se que a aprendizagem autogerida, com o uso dos mapas de aprendizagem, auxiliou no percurso de aprendizagem, e contribuiu com os resultados.

Palavras-chave: educação a distância, aprendizagem, educação continuada.

Abstract: The self instructional course National Policy of Integral Health LGBT offered by the State University of Rio de Janeiro, in partnership with the Program Open University of the Unified Health System, at the distance modality, it was used the Intelligent Tutorial System, within the Virtual Learning Environment Moodle. The objective of this research was to know the distance traveled by the students through the records of AVA access to the materials available, and analyze it. The research was exploratory, of applied nature, using quantitative data and with procedures of action research. Among the materials, we realize that the greatest number of hits was the first book provided at the educational design, with about 6,182 hits. And the total of 6,778 students enrolled about 40% of students completed the course with approval. It is considered that the self-managed learning with the use of learning maps, assisted in the learning process, and contributed to the results.

KEY WORDS: Distance Education; learning; Continuing Education.

Introdução

A parceria entre Universidade Aberta do Sistema Único de Saúde e a Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UNA-SUS/UERJ), por meio do Ministério da Saúde, estabelecida desde 2011, com o objetivo de atender as necessidades de educação permanente do SUS, no que tange a contribuir com oportunidades de aprendizagem na área da Saúde e promover a incorporação de novas tecnologias de informação e comunicação aos processos de educação em saúde, utiliza ambientes virtuais de aprendizagem (AVA) de forma dinâmica, interativa no formato estruturado e flexível na navegação.

As ofertas de cursos pela Instituição de Ensino são variadas, pois o projeto engloba desde cursos de especialização lato sensu (semipresencial) a cursos de extensão (autoinstrucionais). No entanto, o objeto de estudo neste artigo tem como foco os cursos autoinstrucionais, mais especificamente o Curso de Políticas Nacional Integral de Saúde LGBT na sua segunda oferta. Esta pesquisa apresenta como

foi ofertado o curso no modelo a distância, formato autoinstrucional, apropriando-se de estratégias de aprendizagem autodirigida. Sobretudo, como nossos usuários iniciaram, navegaram e finalizaram o curso através do Sistema de Tutoria Inteligente dentro do ambiente virtual de aprendizagem. Esse tipo de aprendizagem propicia ao cursante percorrer o curso de forma flexível e atemporal, no qual planeja, desenvolve e adequa a construção do seu aprendizado apropriando-se dos recursos disponíveis. Ou seja, não há uma ordem rígida de navegação e seu aprendizado é realizado sem a mediação do tutor. Sendo assim, o aluno é o sujeito ativo do seu aprendizado podendo optar em iniciar por qualquer uma das três unidades, percorrer os subtópicos, realizar os exercícios não avaliativos inseridos dentro de cada item e retornar a página principal sem que haja prejuízo na aquisição do conhecimento. É válido ressaltar que, para a certificação, o curso propôs uma avaliação somativa contando com uma prova final. Diante desse contexto, o objetivo desta pesquisa é compartilhar a análise realizada referente ao número de acessos no percurso do aluno, na aplicabilidade do Sistema de Tutorial Inteligente, dentro do Ambiente Virtual de Aprendizagem *Moodle*. De acordo com Sleeman¹ “Sistema de Tutoriais Inteligentes (STI) são programas de computador que utilizam técnicas da Inteligência Artificial para propor a aquisição do conhecimento e levar a termo uma interação com o aluno”. Sua formação contempla quatro componentes funcionais: (i) Modelo do Domínio- Constituído pelo material instrucional desenvolvido pelo especialista com domínio no conteúdo e competências didáticas, (ii) Modelo do Aluno- Representa o perfil do aluno que realizará o curso; (iii) Modelo Pedagógico- Estabelece as estratégias de ensino e aprendizagem a serem adotadas, seleciona e apresenta conteúdos apropriados a temática; (iv) Modelo de interface- Representa um canal de ligação entre o aluno e os componentes do STI.^{2,3,4}

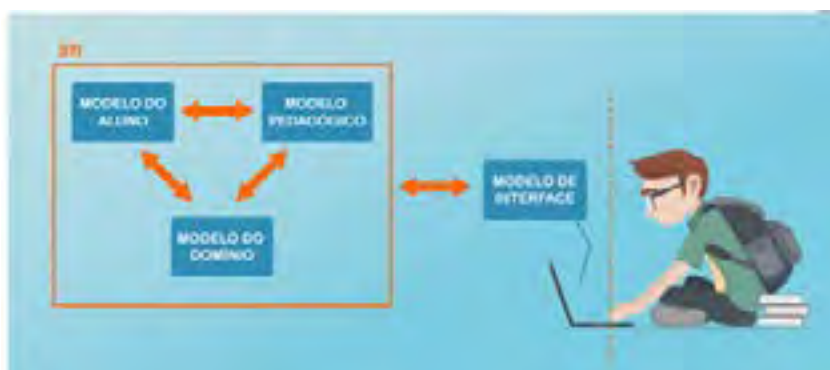


Figura 1: Representação do Sistema de Tutorial Inteligente.

Percebe-se que os modelos (aluno, pedagógico e domínio) realiza um elo de comunicação bidirecional entre o STI e o aluno, apresentando possibilidades de aprendizagem através do sistema usando uma linguagem de interface que auxilie o aluno na compreensão do conteúdo como ator ativo no processo de ensino e aprendizagem.

Referencial Teórico

Os materiais educacionais para aprendizagem autogerida baseada em computador iniciaram na década de 1950. Neste primeiro momento a abordagem era comportamentalista (behaviorista) e o foco era apenas na transmissão de informações, o formato desse ensino ficou conhecido como “instrução programada”⁵. No entanto, em 1980 apresentou-se outra abordagem mudando o foco de comportamentalista para cognitivista. Neste momento surgiu o desenvolvimento de tutoriais inteligentes assistidos por computador. A proposta de West, Famer e Wolff⁶ apresenta sugestões baseadas na abordagem cognitivista para o uso de tecnologias na educação. Essas estratégias tem como facilitar as atividades de produção de materiais autoinstrucionais que garantam a incorporação de novas aprendizagens aos esquemas mentais preestabelecidos dos aprendizes. A perspectiva dessa nova aprendizagem que

nos foi apresentada consiste em procurar, selecionar, processar e a organizar a informação, no qual trouxe novas formas de se pensar na preparação e apresentação de cursos autoinstrucionais. Dentre as várias definições sobre STI compreende-se que “Os STI são programas de software que dão suporte às atividades da aprendizagem”⁷. Assim, o presente curso possibilitou que cada aluno se apropriasse da tecnologia disponibilizada nos recursos de navegação da plataforma *Moodle* para que através da percepção construíssem o conhecimento pelos sistemas de tutoriais inteligentes assistidos por computador. Segundo Kenski⁸ “a construção do conhecimento é um processo interno de maturação mental que precisa ser acionado por meio de ações e interações entre o aprendiz e o objeto a ser aprendido”. Diante desse mesmo contexto “Os Sistemas Tutores Inteligentes são sistemas instrucionais baseados em computador com modelos de conteúdo instrucional que especificam ‘que’ ensinar, e estratégias de ensino que especificam ‘como’ ensinar”⁹ apoiam o aluno diante do seu percurso junto a interface STI. Dessa forma analisa-se que “Sistema Tutor Inteligente, é um termo amplo, abrangendo qualquer programa de computador que contem alguma inteligência e pode ser usado em aprendizagem”¹⁰.

Procedimentos Metodológicos

Esta é uma pesquisa do tipo exploratória, de natureza aplicada, com dados quantitativos de acessos dos usuários no AVA *Moodle*, e como método foi utilizado a pesquisa-ação. Para melhor compreensão da abordagem aplicada, descrevem-se as ações realizadas. O curso foi dividido em três unidades referentes a cada livro, desmembrando-se em subtópicos para acesso, navegação e compreensão do conteúdo programático. A estrutura do curso ocorreu tela a tela constituindo em mapa e rede de aprendizagem, utilizando-se de hipertextos no qual a finalização de cada leitura reportava ao AVA. O retorno a página principal orientava o aluno no percurso de sua aprendizagem, e para que esse processo ocorresse o sistema marcava o livro como atividade já percorrida. Ao lado do nome de cada material, continha uma sinalização, um círculo que marcava automaticamente o acesso (lido e não lido), conforme o percurso de aprendizagem era realizado.



Figura 2: Mapa de aprendizagem

Apresentação e Discussão dos Resultados

No que se refere à interação com o aluno, um tutor artificial pode ser útil no acompanhamento contínuo do mesmo, transmitindo-lhe por meio de objetos de aprendizagem a segurança de que está realizando o percurso dentro de um processo de aprendizagem autodirigida. Para uma análise dessa trajetória foi extraído do AVA Moodle os acessos realizados pelos alunos nos recursos disponibilizados para apoio no percurso para a realização da aprendizagem mediada através do aluno e computador. Nesta segunda oferta o curso obteve 6.778 alunos inscritos e 2.803 certificados. Ou seja, aproximadamente, 40% de alunos concluintes dentro de um curso sem a mediação pedagógica entre aluno e tutor. A avaliação realizada entre o número de alunos que ingressaram em relação aos acessos foi apresentada em três categorias distintas “Material de Apoio”, “Material Complementar” e “Material Didático”.

Material de Apoio	Acessos
Orientações Gerais	6182
Sobre o Curso	5615
Perguntas Frequentes	2703

Figura 3: Quantitativo de acessos nos recursos de apoio ao aluno dentro do AVA

Material Complementar	Acessos
Linha do Tempo	8229
Glossário	5686
Biblioteca	3029

Figura 4: Quantitativo de acessos nos recursos complementares de apoio ao aluno dentro do AVA

Material Didático	Acessos
Livro- Diversidade sexual e relações de gênero	6928
Livro - A participação da comunidade LGBT no SUS	3773
Livro - Violência contra a população LGBT	3281

Figura 5: Quantitativo de acessos realizados na Unidade 1, 2 e 3

Considerações Finais

Segundo Filatro¹¹ “A aprendizagem acontece de diversas formas e a visão da aprendizagem determina o tipo de material ou de atividades de um curso”. Partindo desse pressuposto observou-se que a aprendizagem autogerida, possibilitou que um grande número de alunos realizasse o curso, de forma

assíncrona e atemporal, pois ocorreu a flexibilização do estudo dos aprendizes e a realização da capacitação em momentos distintos dentro do período solicitado para a oferta do curso. Outro fator importante a ser destacado foi o mapa de aprendizagem configurado na plataforma *Moodle* que auxiliou o aluno a percorrer as unidades de cada livro como ator ativo do seu aprendizado orientando sempre quais recursos já tinham sido ou não acessados. A cada clique realizado para a leitura de uma unidade específica o aluno era reportado ao AVA e o ambiente apresentava o feedback pelo caminho percorrido. Dessa forma o modelo de interface realizou um elo de comunicação bidirecional entre o STI e o aluno. Ou seja, apresentou possibilidades de aprendizagem através do sistema usando uma linguagem de interface que auxiliasse o aluno na interação do conteúdo pelos recursos utilizados através da plataforma *Moodle*.

Referências

- [1] Brown, J.S., Burton, R.R., & dekleer, J. Pedagogical, natural language and knowledge engineering techniques in SOPHIE I, II and III. In D. Sleeman & J. S. Brown (Eds.), *Intelligent tutoring systems*. London: Academic Press;1982. p. 227-282.
- [2] Self, J. *Artificial Intelligence and human learning*. London: Chapman Hall; 1988. p 69-79.
- [3] Viccari, R. M. Um Tutor Inteligente para a programação em Lógica - Idealização, Projeto e Desenvolvimento. Coimbra. Tese [Doutorado em Ciências e Tecnologia] - Universidade de Coimbra, 1990.
- [4] Oliveira, F. M. Critérios de equilíbrio para sistemas tutores inteligentes. Porto Alegre. Tese [Doutorado em Informática] - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1994.
- [5] Palange, I. *Processos de Produção em Design Instrucional*. Centro Universitário Senac São Paulo – Educação Superior a Distância, 2016.
- [6] West, C., Farmer, J. and Wolff, P. Teoria da Aprendizagem. Apud et Leffa, V. [Internet] 2000. [acesso em 20 mai.2016]; 10-21. Disponível em: <http://www.leffa.pro.br/tela4/Textos/Textos/Livros/autonomy.pdf>
- [7] Gamboa, H., Fred A. *Designing Intelligent Tutoring Systems: a Bayesian Approach*. [internet] In: 3rd International Conference on Enterprise Information Systems, ICEIS'2001 [acesso em 2016 mai 20]; 1-7. Disponível em: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.111.8496>
- [8] Kensky, V. M. *Educação e tecnologias: o novo ritmo da informação*. Campinas: Editora Papirus, 2012.
- [9] Wenger, E. *Artificial Intelligence and Tutoring Systems: Computational and Cognitive Approaches to the Communications of Knowledge*. Los Altos, CA: Morgam Kaufmann Publishers, 1987.
- [10] Freeman, R. What is an Intelligent Tutoring System?. Published in *Intelligence*, 11(3): 15-16, 2000.
- [11] Andrea F. *Design Instrucional na Prática*. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 1-174, 2008.

Contato

Rita de Cássia dos Santos Nunes Lisboa.
Especialista em Educação a Distância e
Continuada, Universidade de Brasília– UnB.
Brasília, DF, Brasil. contato: (21) 98506-2620
Email: rcnuneslisboa@gmail.com/rlisboa@unasus.uerj.br.

Aline Teixeira Gomes
Mestranda em Tele-saúde, Universidade do
Estado do Rio de Janeiro- UERJ. Rio de Janeiro,
RJ, Brasil. Contato (21) 99117-6769
Email: alinegomes00@hotmail.com

AVALIAÇÃO DO IMPACTO DA INFORMATIZAÇÃO DOS REGISTROS SOBRE O PARTO NA PRODUÇÃO DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO, EM UM HOSPITAL UNIVERSITÁRIO

IMPACT ASSESSMENT IN THE PRODUCTION OF SCIENTIFIC KNOWLEDGE FROM THE COMPUTERIZATION OF RECORDS OF BIRTH IN A UNIVERSITY HOSPITAL

Lorena Carvalho Maia Cazorla¹, Juliano de Souza Gaspar², Zilma Silveira Nogueira Reis²

¹Acadêmica da Faculdade de Medicina da Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil

²Professor da Faculdade de Medicina da Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil

Resumo: O objetivo deste estudo foi investigar o impacto do uso de um sistema computadorizado de registro médico no número e qualidade de publicações científicas, em um hospital universitário. Para essa análise foram consideradas comparativamente as produções de trabalhos científicos de professores dos Departamentos de Ginecologia e Obstetrícia de duas universidades federais brasileiras. Na primeira delas comparou-se a produção de sete anos antes com a de três anos depois da implantação de um sistema eletrônico de monitoramento da qualidade da assistência obstétrica, o SISMater®. A outra, com registro em prontuário de papel, serviu como controle. Houve uma queda geral de 5% na produção/professor/ano na maternidade com sistema eletrônico, enquanto que no controle a variação no mesmo período foi elevação de 55%. Não foram encontradas evidências de que a informatização de parte dos registros médicos nesta maternidade tenha resultado em impacto imediato na produção científica publicada. Há ainda expressivos desafios para que o uso dos sistemas eletrônicos de informação na saúde possam beneficiar diretamente a disponibilidade e qualidade de dados de forma a fomentar diretamente o avanço da ciência médica em instituições acadêmicas de ensino e pesquisa.

Palavras-chaves: registros eletrônicos de saúde; tecnologia de informação; publicações científicas.

Abstract: The aim of this study is to investigate the impact of the use of computerized medical record systems in increasing the number and quality of scientific publications in a public university in Brazil. For this analysis were compared the teachers productions of the Departments of Gynecology and Obstetrics of two Federal Universities of Minas Gerais, before and after the implementation of electronic medical records in hospitals of their respective teaching hospitals. The results of this study demonstrated that the computerization of medical records in the maternity ward had no immediate results in the production of scientific articles published. Among the causes that may be related to this fact can be highlighted the lack of government investment in research and the need for adaptation of health professionals to the use of health technologies.

Keywords: electronic health records; information technology; scientific publications.

Introdução

A informatização dos registros originados do cuidado prestado em saúde tem o potencial de melhorar a qualidade da assistência, aumentar a efetividade da rede de cuidados e reduzir custos ¹. O cuidado em saúde é um processo contínuo, baseado em informações e comunicação, o que requer troca de dados e

pactuação de padrões ². O prontuário eletrônico do paciente, em substituição aos documentos de papel, propicia um ambiente adequado ao compartilhamento de dados, melhorando a legibilidade das anotações, a sua completude e apoiando o profissional de saúde na tomada de decisão baseada em informações de melhor qualidade ³. Além disto, há evidências de ganhos na segurança do paciente e o emprego de tecnologias de informação ⁴. Dessa forma, o registro eletrônico de dados sobre saúde, além de ser indispensável na documentação legal do atendimento, é capaz de armazenar grandes conjuntos de dados. Utilizando-se de processos computacionais, estas bases possuem o potencial de identificar necessidades específicas dos pacientes, monitorar a qualidade do cuidado através do cálculo de indicadores de saúde e apoiar a produção do conhecimento científico ⁵.

No cenário do nascimento, esta oportunidade é especialmente promissora frente aos grandes desafios da saúde materno-infantil como no monitoramento das taxas de cesarianas, dos resultados maternos e neonatais e na identificação oportuna de epidemias como a do vírus Zika. O Sistema de Informação em Saúde Materna e Neonatal (SISMater®), implementado em agosto/2012 na Maternidade Otto Cirne do Hospital das Clínicas da UFMG, foi criado com a finalidade de estabelecer uma base de dados clínicas sobre o nascimento, com melhor qualidade científica e padronização dos dados em saúde, requisitos fundamentais para fornecer relatórios e indicadores. Adicionalmente, os relatórios de gestão contribuem para o monitoramento das políticas públicas da estratégia Rede Cegonha, contribuindo para a adoção de melhores práticas assistenciais ⁶. A utilização dos dados do SISMater® para fins de pesquisa científica tem sido evidenciada em inúmeros trabalhos científicos publicados, desde sua implementação ⁵.

Grande parte da produção científica brasileira é originada em universidades públicas e institutos de pesquisa ⁷. Tal produção tem sido avaliada com base no quantitativo de artigos efetivamente publicados em periódicos indexados e no número de patentes registradas. Embora ainda não tenha uma participação expressiva no cenário mundial, o Brasil possui uma posição privilegiada na América Latina, sendo as áreas das ciências da saúde e biológicas as mais produtivas ⁸. No entanto, ainda não se sabe qual é o impacto da informatização de dados, na área da saúde, como uma das alavancas da produção do conhecimento nos hospitais universitários. O presente estudo tem como proposta aferir o impacto da informatização dos registros sobre o parto na produção científica de uma universidade pública.

Métodos

Trata-se de um estudo longitudinal retrospectivo que compara a produção científica publicada pelo Departamento de Ginecologia e Obstetrícia (GOB) de uma universidade pública federal, antes e após a introdução de um SIS que registra dados sobre o parto (SISMater®), na respectiva maternidade universitária de referência. Na maior parte do período estudado, o registro clínico aconteceu em papel, sendo o prontuário eletrônico propriamente dito implantado em agosto/2015.

Para controle externo, no mesmo período, as publicações de outro departamento de GOB de outra universidade pública federal foram analisadas. Ressalta-se que esta universidade de controle não possui nenhum SIS implantando na respectiva maternidade de referência. Esta instituição-controle foi escolhida ao acaso entre as universidades federais de Minas Gerais, que possuíam maternidade-escola sem SIS e que atenderam ao convite para enviar dados.

Foram analisadas todas as publicações que ocorreram entre os anos de 2006 a 2015. Para isso, foram analisados os Currículo Lattes de cada professor em cada um dos respectivos departamentos. Foram contabilizadas as publicações de artigos completos publicados em periódicos ou aceitos para publicação, trabalhos completos, resumos e resumos expandidos publicados em anais de congressos.

As publicações foram agrupadas em dois momentos temporalmente distintos. O primeiro compreendeu o período de 2006 a 2012, período antes da implantação do SIS. O segundo período compreendeu o intervalo entre de 2013 a 2015, correspondendo ao período imediato pós-implantação do SIS.

Para fins de comparação, as publicações foram corrigidas pelo número de professores dos departamentos e consideradas anualmente nos períodos pré e pós SIS. A quantidade de professores foi obtida a partir das listas de professores, disponibilizadas pelos respectivos departamentos de GOB das duas universidades, que possuíam pelo menos uma publicação no período analisado. Durante o período analisado, foram contabilizados 30 professores do departamento de GOB da universidade com SIS. No mesmo período foram identificados 10 professores na universidade sem SIS.

Além da frequência absoluta de publicações, foi feita uma análise de qualidade da produção científica baseada na ponderação destas publicações em relação ao conceito Capes de cada revista ⁹, a pontuação para cada publicação em revista do conceito Capes A1, A2, B1, B2, B3, B4, B5 e C foram, respectivamente 40, 35, 28, 22, 16, 10, 4 e 2 pontos.

Os dados foram analisados descritivamente através de frequências absolutas e relativas. Por não se tratar de um estudo com dados amostrais, não foram utilizados testes de hipótese, visto que as diferenças entre as frequências ponderadas por professor referem-se aos totais no período considerado.

Resultados

Durante os anos de 2006 a 2015 foram contabilizadas 710 publicações em periódicos e 781 publicações em anais de congressos pelos professores da universidade cuja maternidade implantou o sistema de alta informatizada. Neste mesmo período, para a universidade sem SIS, foram contabilizadas 66 publicações em periódicos e 84 publicações em anais de congressos (Tabela 1). Observou-se que a universidade com SIS já possuía maior volume global de publicações seja ela em periódicos, congressos e mesmo quando ponderada pelo número de professores, em todos os 10 anos avaliados.

Tabela 1: Média de publicações científicas dos professores do Departamento de GOB, distribuídos por ano de publicação e universidade

Ano	Universidade com SIS (30 professores)			Universidade sem SIS (10 professores)		
	Periódicos*	Congressos**	Pub\Professor***	Periódicos*	Congressos**	Pub\Professor***
06/12	70,6	96,3	5,6	5,9	9,3	1,5
13/15	72,0	35,7	3,6	8,3	6,3	1,5

* Publicações de artigos completos em periódicos ou aceitos para publicação

** Publicações de artigos completos, resumos expandidos e resumos em anais de congressos

*** Ponderação do total de publicações por professor

Da mesma forma, a qualidade das publicações da maternidade com SIS já era superior à da maternidade sem SIS nos anos anteriores à implantação do SIS, persistindo esta diferença após 2012 e quando corrigida por professor/ano (Tabela 2).

Durante o período de 2006 a 2012, a universidade com SIS totalizou 306 pontos em qualidade (43,7 pontos/professor/ano). No período entre 2013 e 2015 (pós implantação do SIS), esta mesma universidade pontuou 124,1 em qualidade, uma queda para 41,4 pontos/professor/ano, ou seja, uma redução de 5%. Na universidade sem SIS, os primeiros sete anos totalizaram 52,3 pontos (7,5 pontos/professor/ano), enquanto estes valores se elevaram para 11,6 pontos/professor/ano durante o período pós SIS, uma elevação expressiva de 55%.

Tabela 2: Qualidade das publicações científicas dos professores do Departamento de Ginecologia e Obstetrícia em periódicos, classificados por critérios de conceito Capes

Ano	Universidade com SIS (n = 30)			Universidade sem SIS (n = 10)		
	Pub.Capes*	Conceito**	Pont/prof***	Pub.Capes*	Conceito**	Pont/prof***
06/12	62,4	1311,6	43,7	4,0	74,7	7,5
13/15	58,3	1241,3	41,4	4,0	115,7	11,6

* Total de publicações em periódicos que puderam ser classificados pela plataforma Capes

** Pontos totais referentes às publicações conceituadas pela plataforma Capes

*** Pont/prof: ponderada pela quantidade de professores nos respectivos departamentos

Capes: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior; n: número de professores

Na Tabela 3 pode-se observar a quantidade média de publicações por professor nos respectivos períodos antes e após a implantação do SIS. Pode-se ainda, comparar o acréscimo ou decréscimo da quantidade e qualidade das publicações nos períodos analisados. A qualidade das publicações, segundo critérios CAPES.

Tabela 3: Comparação da quantidade e qualidade da produção científica de professores do Departamento de GOB, antes e após implantação de SIS na maternidade-escola

Tipo de publicação / professor	Período	Universidade com SIS produção/professor/ano	Universidade sem SIS produção/professor/ano
Em periódicos	2006 - 2012	2,35	0,58
	2013 - 2015	2,40	0,83
	Evolução	1,02 (2% ↑)	1,43 (43% ↑)
Em anais de congressos	2006 - 2012	3,21	0,92
	2013 - 2015	1,19	0,63
	Evolução	0,37 (63% ↓)	0,68 (32% ↓)
Qualidade da Produção	2006 - 2012	43,71	7,47
	2013 - 2015	41,37	11,57
	Evolução	0,95 (5% ↓)	1,55 (55% ↑)

↑ Aumento nas publicações por professor

↓ Redução nas publicações por professor

GOB: Ginecologia e Obstetrícia; SIS: Sistema de Informação em Saúde

Discussão

Não foram encontradas evidências de que, pelo menos nos três primeiros anos após implantação, um sistema de monitoramento da qualidade do cuidado e alta eletrônica tenha de fato impactado também na produção científica dos pesquisadores da instituição. Os achados, entretanto, precisam ser analisados a luz de questões muito mais abrangentes do que a informatização dos registros do parto em si.

A informatização dos registros sobre saúde demanda uma estratégia complexa que envolve desde as políticas públicas, decisões institucionais até a quebra de paradigmas do próprio profissional de

saúde que irá mudar suas rotinas consolidadas no papel para as exigências de um SIS¹⁰. Com os avanços das tecnologias de informação e comunicação nas últimas décadas, várias propostas de informatização dos registros clínicos têm sido implementadas e avaliadas em todo mundo. O prontuário eletrônico do paciente, os sistemas de apoio à decisão e os sistemas de monitoramento e performance são apenas alguns dos exemplos da incorporação de SIS na prática clínica em hospitais¹¹. O sistema cujo impacto avaliamos neste estudo, o SISMater, se enquadra no tipo “*sniffer*”¹², ou seja, é um sistema de monitoramento de performance e qualidade do cuidado, mas não se trata do prontuário eletrônico do paciente. Esta é a maior limitação do presente estudo.

De fato, durante os 10 anos avaliados, os registros médicos diários permaneceram em papel, ou seja, a informatização dos registros foi parcial na maternidade onde o SIS foi desenvolvido e implementado. Apenas em agosto/2015 essa maternidade incorporou o prontuário eletrônico junto ao SISMater®, mesmo assim como um projeto-piloto nesta instituição e ainda em consolidação. Outra questão que pode limitar a generalização dos resultados aqui discutidos é a utilização de apenas uma instituição-controle, que mostrou um aumento expressivo em sua produção científica ao longo de 10 anos, de forma independente da utilização de SIS. Não analisamos outros fatores estimuladores ou inibidores do aumento da produção acadêmica e as diferenças expressivas entre as duas maternidades-escola aqui comparadas capazes de explicá-las, como ampliações nos departamentos ou aposentadorias e regime de trabalho com ou sem dedicação exclusiva.

Estudos apontam que há ainda resistência significativa ao uso da tecnologia por parte dos profissionais de saúde, principalmente os médicos¹³. Muitos deles ainda acreditam que a informatização da consulta, do prontuário e de outras etapas do atendimento leva a um distanciamento entre o profissional e o paciente, prejudicando a relação entre eles¹³. Assim, essa resistência ao uso de tecnologias pode também se refletir inclusive na produção científica desses profissionais, que preferem ainda usar os seus dados particulares, seus escritos e o feitiço manual das etapas de pesquisa. Não há dúvidas de que há ganhos imediatos quanto à legibilidade, consistência e completude de dados coletados em SIS, em formato previamente estruturado¹⁰. Além disto, a coleta prospectiva de dados, por quem realmente prestou assistência confere maior segurança do que a coleta retrospectiva em registro de papel. No entanto, sua utilização em protocolos de pesquisa pode exigir ainda adequações adicionais, que vão além das pré-estabelecidas no SIS. No mesmo sentido, a granularidade dos dados pode não ser pequena o suficiente para o que a pesquisa científica se propõe, demandando consultas adicionais aos documentos em papel ou outras coletas de dados paralelas.

Há ainda que se considerar que a pesquisa científica em seres humanos, mesmo quando se utiliza de informações indiretas consultadas em uma base eletrônica de dados, precisa ser previamente formalizada entre os pares acadêmicos, comitê de ética e pesquisa institucional¹⁴ e que estes trâmites podem ser demorados. Um seguimento a longo prazo pode ainda ser necessário para que todas estas questões possam ser melhor estudadas neste cenário acadêmico que já se beneficia do SIS para fins assistenciais e gerenciais.

Além disto, outro ponto relevante se refere ao tempo de seguimento pós-implantação. Os resultados aqui discutidos apontaram uma realidade que não é muito diferente do que as evidências científicas têm mostrado para em revisões de custo-efetividade sobre impacto de SIS no cuidado em saúde¹⁵. Pelo menos, a curto e médio prazo os sistemas eletrônicos trazem vantagens como legibilidade, completude e apoio às decisões oportunas, mas não nos indicadores de saúde, resultado final do cuidado¹⁶. Não encontramos para comparação estudos como este, que buscassem contabilizar diretamente o impacto de um SIS na produção científica em um serviço acadêmico de prestação de cuidados.

Por fim, esta universidade já possuía elevado padrão de qualidade e número expressivo de publicações/professor/ano, antes do SISMater®. Mesmo assim, o presente estudo contribui como proposta de levantar vantagens e desvantagens do SIS em ambientes assistenciais acadêmicos e estudar seu impacto potencial também na produção científica. Ainda serão necessários estudos futuros para que

esta questão seja melhor avaliada e que a melhoria na qualidade de dados clínicos coletados em tempo real e de forma sistemática possa se mostrar útil na geração de conhecimento.

Conclusão

A presente análise comparativa entre duas maternidades-escola não mostrou evidências de que informatização de parte dos registros médicos tenha resultado em impacto imediato na produção de trabalhos científicos publicada. Conclui-se que ainda há expressivos desafios para que o uso dos SIS na saúde possam beneficiar diretamente a disponibilidade e qualidade de dados de forma a fomentar diretamente o avanço da ciência médica em instituições acadêmicas de ensino e pesquisa.

Agradecimentos

Agradecemos aos Departamentos de Ginecologia e Obstetrícia da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), pela disponibilidade de nos informar seus corpos docentes atualizados e com contatos atualizados para que nossa busca de dados fosse devidamente realizada. Também agradecemos o suporte oferecido pela Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG, Projeto PPSUS APQ 3486-13).

Suporte

Este estudo é apoiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa em Minas Gerais (FAPEMIG).

Referências

- [1] Police, R. L., Foster, T. and Wong, K. S., Adoption and use of health information technology in physician practice organisations: systematic review, *Inform Prim Care*, 2010, 18(4):245-258.
- [2] PAHO, eHealth in Latin America and the Caribbean: Interoperability Standards Review, Washington, Pan American Health Organization, 2016.
- [3] Galvao, M. C. B. and Ricarte, I. L. M., O prontuário eletrônico do paciente no século XXI: contribuições necessárias da ciência da informação, 2011, 2(2):24.
- [4] Felipe, M. S. S., Desenvolvimento tecnológico e inovação no Brasil: desafios na área de biotecnologia, *Novos Estudos - CEBRAP*, 2007:11-14.
- [5] Gaspar, J., Chagas, J., Osanan, G. C., Cruz-Correa, R. and Reis, Z. S. N., Maternal and Neonatal Healthcare Information System: Development of an Obstetric Electronic Health Record and Healthcare Indicators Dashboard, In: Bursa, M., Khuri, S. and Renda, M. E. (eds), *Information Technology in Bio- and Medical Informatics: 4th International Conference, ITBAM 2013, Prague, Czech Republic, August 28, 2013. Proceedings*, Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2013, pp. 62-76.
- [6] BRASIL, Portaria Nº 1.459, 24/06/2011 - Institui, no âmbito do Sistema Único de Saúde - SUS - a Rede Cegonha., In: Brasil, M. d. S. d. (ed), Brasília, 2011.
- [7] Velloso, A., Lannes, D. and de Meis, L., Concentration of science in Brazilian governmental universities, *Scientometrics*, 2004, 61(2):207-220.
- [8] Zorzetto, R., Razzouk, D., Dubugras, M. T., Gerolin, J., Schor, N., Guimarães, J. A. and Mari, J. J., The scientific production in health and biological sciences of the top 20 Brazilian universities, *Braz J Med Biol Res*, 2006, 39(12):1513-1520.
- [9] BRASIL, CAPES: Plataforma Sucupira: Ministério da Educação do Brasil, 2016.

- [10] Reis, Z. S. N., Correia, R. J. C. and Pereira, A. d. C., Sistemas eletrônicos de informação na assistência e pesquisa em saúde da mulher: para quando um maior envolvimento dos profissionais de saúde?, *Revista Brasileira de Ginecologia e Obstetrícia*, 2011, 33:107-110.
- [11] Main, C., Moxham, T., Wyatt, J. C., Kay, J., Anderson, R. and Stein, K., Computerised decision support systems in order communication for diagnostic, screening or monitoring test ordering: systematic reviews of the effects and cost-effectiveness of systems, *Health Technol Assess*, 2010, 14(48):1-227.
- [12] Thompson, G., O'Horo, J. C., Pickering, B. W. and Herasevich, V., Impact of the Electronic Medical Record on Mortality, Length of Stay, and Cost in the Hospital and ICU: A Systematic Review and Metaanalysis, *Crit Care Med*, 2015, 43(6):1276-1282.
- [13] Filenga, D., Vieira, A. M. and Filenga, A. L. B., Quanto menos ti melhor: alta resistência e sucesso corporativo em uma organização de medicina de grupo, IX SEGeT - Simpósio de Excelencia em Gestão e Tecnologia, 2012.
- [14] BRASIL, CAPES: Plataforma Brasil: Ministério da Saúde do Brasil, 2016.
- [15] Cheung, A., van Velden, F. H., Lagerburg, V. and Minderman, N., The organizational and clinical impact of integrating bedside equipment to an information system: a systematic literature review of patient data management systems (PDMS), *Int J Med Inform*, 2015, 84(3):155-165.
- [16] Chaudhry, B., Wang, J., Wu, S., Maglione, M., Mojica, W., Roth, E., Morton, S. C., et al., Systematic review: impact of health information technology on quality, efficiency, and costs of medical care, *Ann Intern Med*, 2006, 144(10):742-752.

Contato

Lorena Carvalho Maia Cazorla
lcmcazorla@gmail.com

Juliano de Souza Gaspar
julianogaspar@gmail.com

Zilma Silveira Nogueira Reis
zilma.medicina@gmail.com

Faculdade de Medicina da Universidade Federal
de Minas Gerais, Brasil
Av. Prof. Alfredo Balena, 110, Belo Horizonte,
Minas Gerais - Brasil

AVALIAÇÃO DE UM SISTEMA DE INFORMAÇÃO EM SAÚDE DO SUS

Jeferson Gonçalves de Oliveira¹, Cristiana Fernandes de Muylder², Fernando Hadad Zaidan³,
Severino Dias Carneiro⁴, José Nelio Januário⁵

¹Universidade FUMEC, Belo Horizonte, Brasil

² Universidade FUMEC, Belo Horizonte, Brasil

³Instituto de Educação Tecnológica (IETEC), Belo Horizonte, Brasil

⁴Universidade FUMEC, Belo Horizonte, Brasil

⁵Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil

Resumo: Avaliar a percepção dos usuários em relação ao uso do sistema de informação quanto à aceitação da tecnologia e ajuste tarefa-tecnologia. **Método:** Aplicação de uma pesquisa em todas as 3.026 Unidades Básicas de Saúde que usam o sistema de informação do Programa de Triagem Neonatal do Estado de Minas Gerais. **Resultados:** Levando-se em consideração uma escala *likert* variável de -1 a 1, todos os constructos do modelo apresentaram média superior a 0,7 indicando concordância aos questionamentos. Nas 8.316 respostas, os 308 profissionais respondentes tenderam em média a concordar que o sistema de informação é útil, fácil de usar e se ajusta às suas tarefas. **Conclusão:** As hipóteses foram confirmadas e a investigação dos fatores que influenciam na percepção do usuário pode contribuir no uso da tecnologia e gerar subsídios importantes para decisão dos gestores, no caso envolvido e em outros casos onde a aceitação da tecnologia é relevante.

Palavras-chave: Sistemas de Informação, Sistemas de Informação em Saúde, Avaliação de Sistemas de Computação.

Abstract: To evaluate the health professional users' perception of information system use, regarding the acceptance of technology and task-technology fit by the users. **Method:** Application survey in all 3,026 basic health units registered and using the Newborn Screening Program information system of Minas Gerais state. **Results:** Taking into account a Likert scale variable -1 to 1, all model constructs had an average higher than 0.7 indicating agreement to questions. In the 8,316 responses, 308 professional respondents tended on average to agree that the information system is useful, easy to use and fits their tasks. **Conclusion:** The hypotheses were confirmed and the investigation of the factors that influence the perception of the user can give important information for decision managers in investment issues in information systems for health.

Keywords: Information Systems, Health Information Systems, Computer Systems Evaluation.

Introdução

No ano de 2001, o Ministério da Saúde – por meio da Portaria GM/MS n.º 822 – incluiu o Programa Nacional de Triagem Neonatal como política de saúde pública extremamente importante para detecção precoce de doenças congênitas. Esse programa trabalha com uma meta de cobertura de 100% dos nascidos vivos no país e tem o intuito de criar uma base de dados nacional sobre o assunto.

O exame é oferecido de forma gratuita à população de todos os municípios de Estado por meio do Programa de Triagem Neonatal de Minas Gerais (PTN-MG). Os exames e o acompanhamento dos recém-nascidos são feitos pelo Núcleo de Ações e Pesquisa em Apoio Diagnóstico (Nupad), um órgão complementar da Faculdade de Medicina da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Atualmente, mais de cinco milhões de recém-nascidos já foram triados pelo PTN-MG e quase cinco mil crianças estão em acompanhamento e tratamento para as doenças diagnosticadas¹.

No PTN-MG, a informação desempenha um papel importante, pois contribui para a melhoria dos resultados que impactam diretamente na população. O monitoramento dos programas de saúde permite que as autoridades de saúde desenvolvam uma análise de dados em grande escala, ajudando a modelar estratégias de intervenção pública mais eficazes e a disponibilizar informações úteis para decisões em diferentes níveis de atuação². A partir dessas premissas, o sistema de informação em saúde (SIS) deve ser capaz de contribuir para a melhoria da qualidade, da eficiência e eficácia do atendimento em saúde³.

Paralelamente, nas últimas décadas, vários estudos sobre o comportamento de utilização dos sistemas de informação (SI) surgiram para medir e avaliar a satisfação dos usuários. O modelo de aceitação de tecnologia (TAM) surgiu com o intuito de melhorar o entendimento do processo de aceitação do usuário, proporcionando novas informações que podem ser decisivas para implementações bem-sucedidas de sistemas de informação⁴. Já outras linhas de pesquisa abordam a necessidade da criação de um link entre o SI e o desempenho individual do usuário. O modelo de ajuste tarefa-tecnologia (TTF) destaca a importância desse link para o aumento de produtividade do indivíduo⁵. A integração entre os dois modelos permite uma avaliação mais abrangente por considerar constructos comportamentais ligados a um modelo mais racional.

Neste contexto, o problema gerador da pesquisa foi: O sistema de informação do Programa de Triagem Neonatal de Minas Gerais é adequado segundo a percepção de uso dos profissionais de saúde do Estado? Sendo assim, como objetivo geral pretendeu-se avaliar um SIS web desenvolvido pelo PTN-MG baseado em um modelo integrado TAM/TTF.

Métodos

A pesquisa pode ser caracterizada como descritiva, pois expõe características de uma determinada população ou fenômeno, podendo estabelecer correlações entre as variáveis e definir a sua natureza. Foram realizadas 02 etapas: a primeira teórica onde buscou-se identificar os principais autores da área de percepção no uso de sistemas de informação, complementada pela criação e a aplicação de um questionário com o intuito de identificar a compreensão dos usuários em relação ao SI. O modelo escolhido foi o de Klopping e McKinney⁶ que integra os modelos TAM/TTF (Figura 1).



Figura 1 – Modelo integrado TAM e TTF

Fonte: Adaptado de Klopping e McKinney⁶

Dessa forma, o instrumento de pesquisa analisou o uso do SI por meio da integração de variáveis dos modelos TAM/TTF, apresentando, assim, as seguintes variáveis independentes (Quadro 1):

- Utilidade percebida: medida por meio de seis variáveis com intuito de identificar o quanto o SI afeta positivamente o usuário no desempenho de suas tarefas;

Facilidade de utilização percebida: compreende seis variáveis com o intuito de verificar a facilidade de operação e aprendizado do usuário em relação ao SI;

- Intenção de uso: formado por cinco variáveis onde é analisada a pretensão de utilizar o sistema de informação;

Ajuste entre tarefa e a tecnologia: medido por meio de dez variáveis, em que se observa a aderência entre as tarefas realizadas pelo usuário e o SI.

- As 27 variáveis relativas ao uso do SI foram medidas por meio da escala Likert de 5 pontos que variam do “discordo totalmente” até “concordo totalmente”.

Quadro 1 – Composição das variáveis.

Item	Variável
Utilidade percebida (1)	
1	Usar o SI permite-me realizar mais rapidamente as minhas tarefas ⁽⁶⁻⁸⁻⁹⁻¹⁰⁾
2	Usar o SI aumenta a minha produtividade ⁽⁸⁻⁹⁻¹⁰⁾
3	O sistema é importante e adiciona valor ao meu trabalho ⁽⁹⁻¹⁰⁾
4	Usar o SI não prejudica o meu desempenho no trabalho ⁽⁸⁻⁹⁾
5	Usar o SI facilita a realização do meu trabalho ⁽⁶⁻⁸⁻⁹⁻¹⁰⁾
6	O SI é útil para as minhas tarefas ⁽⁶⁻⁸⁻⁹⁻¹⁰⁾
Facilidade de uso percebida (2)	
7	Aprender a utilizar/operar o sistema não foi difícil para mim ^(6,9)
8	Não foi necessário muito tempo para eu aprender a utilizar/operar o SI ⁶
9	Eu não me confundo frequentemente ao utilizar o sistema ⁶
10	Utilizar/operar o SI permite me tornar mais habilidoso ⁹
11	A interação com o SI não exige muito esforço mental ¹⁰
12	Eu considero o SI fácil de usar ⁽⁸⁻⁹⁻¹⁰⁾
Intenção de uso (3)	
13	Eu acredito que é muito bom usar o SI ao invés de métodos manuais ⁶
14	Eu desejo usar o SI para as minhas tarefas em complementação aos métodos manuais ⁸
15	É muito melhor para mim, usar o sistema na realização das minhas tarefas ao invés dos métodos manuais ⁶
16	Eu gosto de usar o sistema para as minhas tarefas ⁶
17	Minha intenção é utilizar o SI ao invés de métodos manuais para executar as minhas tarefas ⁽⁶⁻⁸⁻⁹⁻¹⁰⁾
Ajuste tarefa-tecnologia (4)	
18	Os dados são apresentados em um nível de detalhamento suficiente para as minhas tarefas ⁽⁶⁻⁸⁻¹¹⁾
19	No SI, a informação é óbvia e fácil de encontrar ⁽⁶⁻¹¹⁾
20	Quando eu necessito do sistema, eu fácil e rapidamente localizo a informação ⁶
21	As informações que utilizo ou que eu gostaria de utilizar são exatas o suficiente para as minhas finalidades ⁽⁶⁻¹¹⁾

- 22 As informações são atuais o suficiente para as minhas finalidades ⁽⁶⁻¹¹⁾
- 23 As informações que eu necessito são apresentadas de forma que facilita a compreensão ⁽⁶⁻¹¹⁾
- 24 A informação é armazenada em diferentes formatos e não é difícil saber qual usar de forma eficaz ⁽⁶⁻¹¹⁾
- 25 Eu facilmente encontro a definição exata dos dados necessários para realizar as minhas tarefas ⁽⁶⁻¹¹⁾
- 26 Os dados que eu necessito ou utilizo são confiáveis ⁽⁶⁻¹¹⁾
- 27 Eu facilmente consigo agregar dados ao SI ou comparar dados ⁽⁶⁻¹¹⁾

Fonte: Adaptado de Bobsin⁷

Na segunda fase, o questionário foi aplicado a profissionais de 3.026 unidades básicas de saúde (UBS) cadastradas, representantes dos 853 municípios do Estado, e que utilizavam o sistema de informação do PTN-MG. A pesquisa foi exibida por 60 dias no site do Nupad e a ferramenta utilizada foi o *LimeSurvey* (versão 2.05).

Para apresentar e comparar os itens de cada constructo foram utilizadas medidas de tendência central e dispersão, além do intervalo percentílico *bootstrap* de 95% de confiança. A escala likert de concordância foi fixada para variar de -1 (Discordo Plenamente) a 1 (Concordo Plenamente), dessa forma, valores médios negativos indicam que os indivíduos tendem a discordar, enquanto que valores positivos indicam que os indivíduos tendem a concordar. O método *bootstrap*¹² é muito utilizado na realização de inferências quando não se conhece a distribuição de probabilidade da variável de interesse.

Para comparar os indicadores criados com as variáveis qualitativas nominais foram utilizados os testes de Mann-Whitney¹³ e para comparar os indicadores com as variáveis qualitativas ordinais foi utilizada a Correlação de Spearman¹³.

Resultados

O presente trabalho avaliou a percepção dos profissionais de saúde que utilizam o sistema de informação. Das 3.026 unidades básicas de saúde, 308 responderam o questionário. Em um total de 8.316 repostas para as 27 questões do estudo, não foram encontradas células em branco.

Além disso, foi realizada análise dos *outliers*, que são observações que apresentam um padrão de resposta diferente das demais. Pode-se classificar quatro tipos de *outliers*¹⁴:

- Erros na tabulação dos dados ou falhas na codificação;
- Observações decorrentes de algum evento extraordinário;
- Observações extraordinárias para as quais o pesquisador não tem uma explicação;
- Observações que estão no intervalo usual de valores para cada variável, mas são únicas em sua combinação de valores entre as variáveis.

Não foram encontrados valores fora do intervalo da escala de sua respectiva variável e não foi evidenciado o tipo de *outlier* relacionado à erro na tabulação dos dados. Além disso, buscou-se verificar a existência de *outliers* univariados, que consiste na verificação de alguma resposta divergente com base em cada uma das variáveis do modelo, e os multivariados, que apresentam um padrão de resposta diferente considerando todas as variáveis ao mesmo tempo.

Os *outliers* univariados foram diagnosticados por meio da padronização dos resultados, de forma que a média da variável fosse 0 e o desvio padrão 1. Para tanto, observações com escores padronizados fora do intervalo de]3,29] foram consideradas *outliers*¹⁴. Utilizando esse critério foram encontradas 108 observações consideradas atípicas de forma univariada.

Já os *outliers* multivariados foram diagnosticados com base na medida D^2 de Mahalanobis. De acordo com HAIR¹⁴, tal medida verifica a posição de cada observação comparada com o centro de todas as observações em um conjunto de variáveis, sendo que, ao final, é realizado um teste qui-quadrado. Os indivíduos que apresentam uma significância da medida inferior a 0,001 foram considerados *outliers* multivariados. Com base neste método, foram encontradas 6 observações atípicas de forma multivariada.

O presente trabalho optou por não excluir nenhum desses casos por acreditar que as observações sejam casos válidos da população e que, caso fossem eliminadas, poderiam limitar a generalidade da análise, apesar de possivelmente melhorar seus resultados¹⁴.

Com relação aos resultados encontrados, no Quadro 2 podem ser observados média, desvio padrão e intervalo de confiança *bootstrap* para cada item respondido na escala *likert*.

Quadro 2 – Descrição das variáveis dos constructos

Constructos	Item	Média	D.P.	I.C. - 95% ¹
Utilidade Percebida	1	0,854	0,307	[0,82;0,89]
	2	0,776	0,340	[0,74;0,81]
	3	0,860	0,274	[0,83;0,89]
	4	0,813	0,486	[0,76;0,87]
	5	0,875	0,231	[0,85;0,90]
	6	0,888	0,282	[0,85;0,92]
Facilidade de Uso Percebida	7	0,586	0,632	[0,52;0,66]
	8	0,729	0,508	[0,67;0,78]
	9	0,813	0,433	[0,76;0,86]
	10	0,685	0,456	[0,63;0,74]
	11	0,487	0,616	[0,42;0,56]
	12	0,834	0,321	[0,80;0,87]
Intenção de Uso	13	0,846	0,344	[0,80;0,88]
	14	0,680	0,529	[0,62;0,73]
	15	0,776	0,406	[0,73;0,82]
	16	0,862	0,299	[0,83;0,89]
	17	0,732	0,459	[0,68;0,78]
Ajuste Tarefa-Tecnologia	18	0,787	0,329	[0,75;0,82]
	19	0,773	0,390	[0,73;0,81]
	20	0,740	0,386	[0,70;0,78]
	21	0,740	0,398	[0,70;0,78]
	22	0,792	0,360	[0,75;0,83]
	23	0,818	0,332	[0,78;0,86]
	24	0,234	0,758	[0,15;0,32]
	25	0,643	0,503	[0,59;0,70]
	26	0,904	0,228	[0,88;0,93]
	27	0,610	0,522	[0,55;0,67]

¹ Intervalo de Confiança *Bootstrap*

Fonte: Dados da pesquisa

Avaliando os itens de cada constructo pode-se destacar que:

- No constructo “Utilidade Percebida”, os entrevistados tenderam, em média, a concordar com todas as afirmações. Ao observar os intervalos de confiança, pode-se verificar que o item 2 “Usar o SI aumenta a minha produtividade” apresentou uma média significativamente menor que a maioria;
- Em relação ao constructo “Facilidade de Uso Percebida”, os entrevistados tenderam, em média, a concordar com todas as afirmações e pode-se verificar que o item 11 “A interação com o SI não exige muito esforço mental” apresentou uma média significativamente menor que a maioria dos demais itens. Já o item 12 “Eu considero o SI fácil de usar” apresentou uma média significativamente maior que a maioria;
- No constructo “Intenção de Uso”, os entrevistados também tenderam, em média, a concordar com todas as afirmações. Observa-se que os itens 14 “Eu desejo usar o SI para as minhas tarefas em complementação aos métodos manuais” e 17 “Minha intenção é utilizar o SI ao invés de métodos manuais para executar as minhas tarefas” apresentaram uma média significativamente menor que a maioria. Já o item 16 “Eu gosto de usar o sistema para as minhas tarefas” apresentou uma média significativamente maior que a maioria;
- Quanto ao constructo “Ajuste Tarefa-Tecnologia”, os entrevistados também tenderam, em média, a concordar com todas as afirmações. Pode-se verificar que o item 24 “A informação é armazenada em diferentes formatos e não é difícil saber qual usar de forma eficaz” apresentou uma média significativamente menor que a dos demais itens, enquanto que o item 26 “Os dados que eu necessito ou utilizo são confiáveis” apresentou uma média significativamente maior que a dos demais itens.

O Quadro 3 mostra a média global dos constructos e todos apresentaram valores altos, o que indica que os indivíduos tenderam, em média, a concordar com todas as perguntas dos respectivos constructos.

Quadro 3 – Descrição dos indicadores

Variáveis	Média	D.P.	I.C. - 95%	Mín.	1º Q	2º Q	3º Q	Máx.
Ajuste Tarefa-Tecnologia	0,761	0,290	[0,73;0,79]	-1,000	0,605	0,846	1,000	1,000
Utilidade Percebida	0,848	0,204	[0,83;0,87]	-0,149	0,704	1,000	1,000	1,000
Facilidade de Uso Percebida	0,748	0,308	[0,71;0,78]	-1,000	0,602	0,859	1,000	1,000
Intenção de Uso	0,813	0,300	[0,78;0,85]	-1,000	0,744	1,000	1,000	1,000

Fonte: Dados da pesquisa

Com relação à comparação entre constructos e as variáveis de caracterização dos respondentes, o estudo conclui que não houve diferença significativa (valor-p < 0,05) dos constructos e as variáveis de sexo e função utilizando o teste de Mann-Whitney. Por meio da correlação de Spearman, também se nota que não houve correlação significativa entre os constructos e as variáveis de faixa etária, escolaridade e frequência de utilização.

Quadro 4 – Comparação dos indicadores com outras variáveis

Indicadores	Faixa Etária		Escolaridade		Frequência de Utilização	
	r ¹	Valor-p	r ¹	Valor-p	r ¹	Valor-p
Ajuste Tarefa-Tecnologia	0,07	0,198	-0,08	0,141	0,03	0,582
Utilidade Percebida	0,05	0,429	-0,05	0,365	0,09	0,113
Facilidade de Uso Percebida	-0,03	0,595	-0,03	0,594	0,14	0,011
Intenção de Uso	-0,02	0,775	0,03	0,543	0,05	0,385

¹ Correlação de Spearman

Fonte: Dados da pesquisa

Porém, observou-se correlação positiva e significativa ($r = 0,14$; valor-p = 0,011) entre a “facilidade de uso percebida” e a “frequência de utilização”, ou seja, quanto maior a “facilidade de uso percebida”, maior a “frequência de utilização” conforme destacado em vermelho no Quadro 4.

Discussão

Nos últimos anos foram feitos vários estudos sobre a percepção do uso de sistemas de informação. Alguns pesquisadores utilizaram os modelos TAM e TTF separadamente ou fizeram correlações entre eles. Neste trabalho, que utiliza o modelo integrado, buscou-se avaliar a percepção geral dos profissionais de saúde em relação ao uso sistema de informação. Em sua grande maioria, eles concordaram que o SI é fácil de usar, é útil e está alinhado aos seus processos de trabalho e que existe a intenção de usá-lo. Praticamente todos os constructos tiveram avaliação de concordância positiva acima de 0,5 na escala *likert* (variando de -1 a 1). Esse resultado foi importante para a consolidação do SI e para o objetivo de tornar o PTN-MG mais eficaz com redução de custos operacionais, colaborando, assim, para o uso racional dos recursos.

Conclusão

O objetivo proposto na pesquisa foi atendido e, como contribuição, pode-se apontar que os resultados indicam fatores que devem ser levados em conta no planejamento e implantação de sistemas de informação em saúde no SUS. A partir dos resultados do estudo, percebeu-se que o sistema de informação do PTN-MG é bem aceito e aderente às atividades dos profissionais de saúde do Estado. Sendo assim, os modelos de avaliação existentes podem dar subsídios para os gestores em decisões que envolvem investimentos nos processos de implantação de SI no SUS.

A proposta de novos projetos com planejamento e utilização de sistemas de informação para a área de saúde pode ser adequado em âmbitos estadual e federal, envolvendo ainda projetos que precisam ser implementados em diferentes ambientes com diferentes percepções de uso. Esses dados são importantes para que o SIS consiga efetivamente ser um instrumento chave no apoio aos gestores de políticas públicas, e, como consequência disso, a população atendida possa ter um serviço prestado de melhor qualidade.

Quanto às limitações, entendeu-se que o trabalho teve a sua pesquisa realizada com base em um sistema de informação em saúde específico em operação em um estado brasileiro e que o ajuste tarefa-tecnologia foi analisado de acordo com a percepção do usuário e não na análise real, por meio da observação de suas tarefas e uso do SIS, apesar de não ser alvo a generalização dos resultados expostos e sim instigar novas ações.

Como proposta de novos estudos, pode-se indicar novos estudos incluindo correlação de modelos de percepção com variáveis de aspecto social, como renda, para verificação de possíveis relações significativas.

Referências

- [1] Núcleo de Ações e Pesquisa em Apoio Diagnóstico. In: <http://www.nupad.medicina.ufmg.br>; 2016.
- [2] Espanha R. Informação e Saúde. Director. 2013.
- [3] de Fátima Marin H. Sistemas de informação em saúde: considerações gerais. *Journal of Health Informatics*. 2010;2(1).
- [4] Davis FD. A technology acceptance model for empirically testing new end-user information systems: Theory and results: Massachusetts Institute of Technology; 1985.
- [5] Goodhue DL, Thompson RL. Task-technology fit and individual performance. *MIS quarterly*. 1995;213-36.
- [6] Klopping IM, McKinney E. Extending the technology acceptance model and the task-technology fit model to consumer e-commerce. *Information technology learning and performance journal*. 2004;22:35-48.
- [7] Bobsin D, Löbler ML, Visentini MS, Vieira KM. O uso dos Sistemas de Informações e as diferenças entre os Níveis Hierárquicos: uma aplicação do Modelo TAM-TTF. *Informação & Sociedade: Estudos*. 2010;20(3).
- [8] Dishaw MT, Strong DM. Extending the technology acceptance model with task-technology fit constructs. *Information & Management*. 1999;36(1):9-21.
- [9] Davis FD, Bagozzi RP, Warshaw PR. User acceptance of computer technology: a comparison of two theoretical models. *Management science*. 1989;35(8):982-1003.
- [10] Davis FD, Venkatesh V. A critical assessment of potential measurement biases in the technology acceptance model: three experiments. *International Journal of Human-Computer Studies*. 1996;45(1):19-45.
- [11] Goodhue DL. Understanding user evaluations of information systems. *Management science*. 1995;41(12):1827-44.
- [12] Efron B, Tibshirani RJ. An introduction to the bootstrap: CRC press; 1994.
- [13] Hollander M, Wolfe DA, Chicken E. Nonparametric statistical methods: John Wiley & Sons; 2013.
- [14] Hair JF, Black WC, Babin BJ, Anderson RE, Tatham RL. Análise multivariada de dados. Porto Alegre. Bookman, 2009.

Contato

Nome: Jeferson Gonçalves de Oliveira

Cargo: Gestor de Tecnologia da Informação do Núcleo de Pesquisa e Apoio Diagnóstico (NUPAD) da Faculdade de Medicina da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

Endereço: Rua São Paulo da Cruz, 348 – Barreiro – Belo Horizonte – Minas Gerais – Cep: 30.642-060

Telefone: (31) 3409-8949

INTEGRAÇÃO COM MONITORES DE BEIRA DE LEITO UTILIZANDO HEALTH LEVEL 7

INTEGRATION WITH BEDSIDE MONITORS USING HEALTH LEVEL 7

INTEGRACIÓN DE MONITORES DE CABECERA UTILIZANDO HEALTH LEVEL 7

Ramon A Moreno, Pesquisador, HCFMUSP – InCor, São Paulo SP, Brasil
Marco Gutierrez, Diretor Serviço Informática, HCFMUSP – InCor, São Paulo SP, Brasil

Resumo: Objetivos: Desenvolver solução para integração de monitores de beira de leito ao Sistema de Informações Hospitalares (SIH). **Métodos:** Desenvolvimento e implementação de troca de mensagens no padrão Health Level 7, *Admit Discharge Transfer* (ADT) e *Observation* (OBX), utilizando a biblioteca HAPI, para cadastro do paciente e coleta dos parâmetros de monitoramento. Criação de base de dados para seleção e armazenamento dos parâmetros desejados. **Resultados:** cadastro integrado com o SIH e captura em banco de dados dos parâmetros dos monitores de beira de leito além de interface de teste para visualização dos dados. **Conclusão:** Desenvolvido e implementado um sistema para a integração com monitores beira de leito, permitindo uma visão mais abrangente dos dados dos pacientes.

Palavras-chave: HL7, monitoramento, integração de sistemas.

Abstract: Objectives: *Develop solution for integration of bedside monitors to the Hospital Information System (HIS).* **Methods:** *Development and implementation of the exchange of messages using the standard Health Level 7, Admit Discharge Transfer (ADT) and Observation (OBX), using the HAPI library in order to register the patient and to collect parameters from the monitors. It was also created a database in order to support the selection and storage of the desired parameters.* **Results:** *registration integrated with HIS and saving of bedside monitors' parameters in database plus test interface for data visualization.* **Conclusion:** *Developed and implemented a system to integrate with bedside monitors, allowing a more comprehensive view of patient data.*

Keywords: *HL7, monitoring, system integration*

Introdução

Os monitores de beira de leito permitem o monitoramento contínuo do paciente, fornecendo alertas de situações de risco. Dados fisiológicos são exibidos continuamente, de forma a permitir a rápida interpretação da informação e uma intervenção mais rápida da equipe de saúde, em caso de necessidade. A geração atual de aparelhos de monitoramento possui capacidade de interligação via rede ethernet e protocolo IP e podem transmitir os seus dados para uma central de monitores. A central reúne os dados de diversos aparelhos, permitindo um acompanhamento centralizado de diversos pacientes. Monitores e centrais podem ainda ser integrados a sistemas de terceiros através de mensagens padronizadas, principalmente utilizando Health Level 7 (HL7), que é um padrão internacional para representação e troca de dados clínicos e administrativos entre sistemas de informação e saúde ¹.

A disponibilização de aparelhos com capacidade de integração com sistemas de terceiros e uso de padrões abertos têm permitido que os Sistemas de Informação Hospitalares (SIH) agreguem um conjunto cada vez mais completo de dados do paciente, tais como documentos, imagens e sinais. O registro eletrônico dos diversos dados do paciente, incluindo dados multiparamétricos, possibilita visão mais ampla da sua condição de saúde, além de permitir o tratamento computacional da informação, através de técnicas para análise visual. Consequentemente, pode-se oferecer um melhor tratamento para o paciente e automatizar atividades repetitivas, especialmente da equipe de enfermagem^{2,3}. Ainda é possível explorar a interligação entre os dados armazenados, para obtenção de *insights* sobre doenças e tratamentos^{4,5}.

Outra vantagem da integração de monitores de beira de leito com os sistemas hospitalares é que o processo reduz os erros de documentação e permite o aproveitamento das informações para, por exemplo, a criação de gráficos de tendência dos parâmetros e alertas. Também permite a redução no consumo de papel^{6,7} no systematic literature reviews (SLRs).

Frequentemente não é possível integrar os sistemas de forma imediata, sendo necessária a customização dos programas ou desenvolvimento de soluções dedicadas. Existem várias dificuldades que podem surgir nesse processo, tais como: configuração incorreta dos aparelhos; padrões mal definidos, causando interpretação errônea das mensagens; problemas de infraestrutura; falta de suporte do fabricante; falha de implementação, levando a perda de dados; resistência dos setores envolvidos; entre outros⁸.

Neste trabalho é descrito o desenvolvimento de uma solução para integração de monitores beira de leito do tipo BeneView T5 (Shenzhen Mindray BioMedical Electronics Co., Ltd., Shenzhen, China) com o Sistema de Informação Hospitalar (SIH) do Instituto do Coração (InCor) do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da USP.

O InCor é um hospital terciário, especializado em doenças cardiorrespiratórias. O hospital possui 535 leitos distribuídos em sete alas de internação. Desse total, 157 leitos são de UTI's de alta complexidade, que contam com monitores de beira-de-leito.

Métodos

Os monitores de beira de leito podem ser integrados de três formas: (i) diretamente; (ii) através de centrais de monitores; e (iii) através de um *gateway* (portal). O *gateway* é um programa que centraliza a comunicação de múltiplos monitores e/ou centrais de monitores. Os monitores de beira de leito são geralmente conectados a uma rede virtual (separada logicamente da rede principal do hospital). Nestes casos, o *gateway* atua também como uma interligação com a rede principal, como mostrado na Figura 1 – Diagrama da interligação dos monitores com o SIH. No caso do InCor, foi realizada a integração com a utilização de um *gateway* que encaminha os dados de todos os monitores para o SIH.

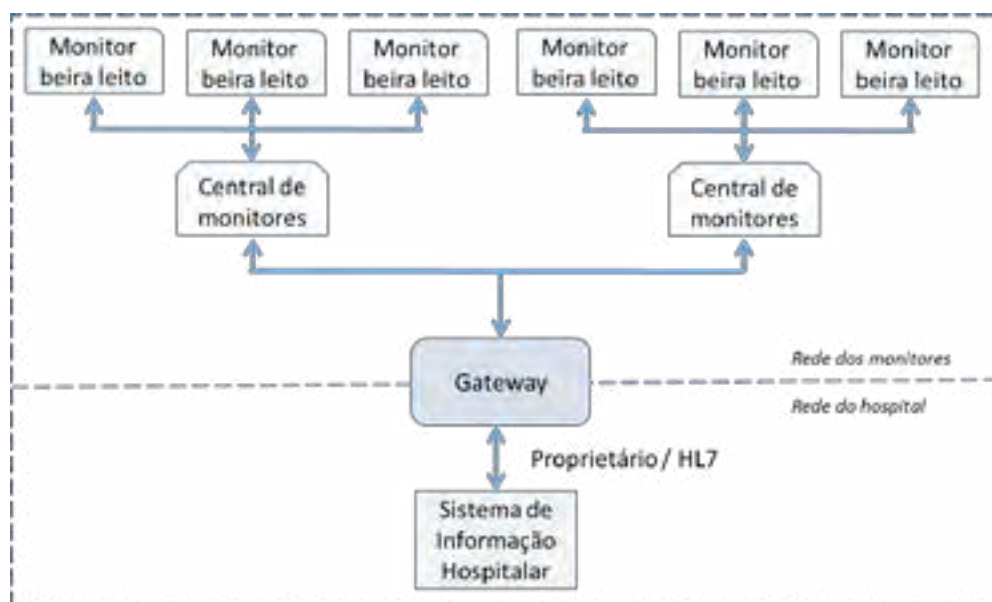


Figura 1 – Diagrama da interligação dos monitores com o SIH

Os monitores utilizados neste projeto foram os monitores BeneView T5, cuja configuração e manuais de integração via HL7 foram fornecidos pela fabricante. O hospital adquiriu 85 aparelhos, distribuídos em diferentes setores (Tabela 1 – Distribuição dos monitores no hospital). Para o desenvolvimento e testes da solução foram selecionados uma central e um monitor, que foram alocados na unidade de Pesquisa & Desenvolvimento, durante a implementação do projeto.

Tabela 1 – Distribuição dos monitores no hospital

Local	Número de monitores
1 SC DE UTI CIRÚRGICA (REC1) – 3º Andar BL I	34
2 SC DE UTI CIRÚRGICA (REC2) – 4º Andar BL I	14
3 UTI GERAL - 4º Andar BL II	18
4 UTI CLÍNICA CORONARIANA – 4º Andar BL II	18
5 Pesquisa & Desenvolvimento – 2º Andar BL I	1
Total	85

A solução desenvolvida realiza a integração através de duas interações:

- 1. O cadastramento dos pacientes nos leitos:** todos os pacientes são registrados primeiramente no SIH do InCor antes de ocuparem os leitos. Assim, a informação de paciente e leito ocupados está presente no SIH e é necessário repassar esta informação para os monitores. A solução adotada foi realizar um *pooling* (consulta a intervalos regulares) no banco de dados (sequência (1) da Figura 2) e enviar os dados de novos pacientes registrados nos leitos para o *gateway*, através de uma mensagem HL7 do tipo ADT (2), conforme mostrado no diagrama de sequência da Figura 2 - Sequência de interação para admissão de pacientes no gateway. Buscam-se os novos pacientes no SIH e se repassa a informação para o gateway. Optou-se por realizar o *pooling* ao invés de um *trigger* (ação disparada por um evento), pois se desejou fazer um sistema independente do existente atualmente (baseado na tecnologia Oracle Forms), tornando-o mais flexível para possíveis alterações. Notar que a admissão no monitor, neste caso, é realizada em duas etapas: na primeira, os dados são enviados para o *gateway*, ainda não atingindo os

monitores. Na segunda etapa, o profissional de saúde, ao lado do monitor, seleciona o paciente correto para aquele leito consultando o *gateway*, através de pesquisa pelo nome do paciente ou pelo seu identificador.

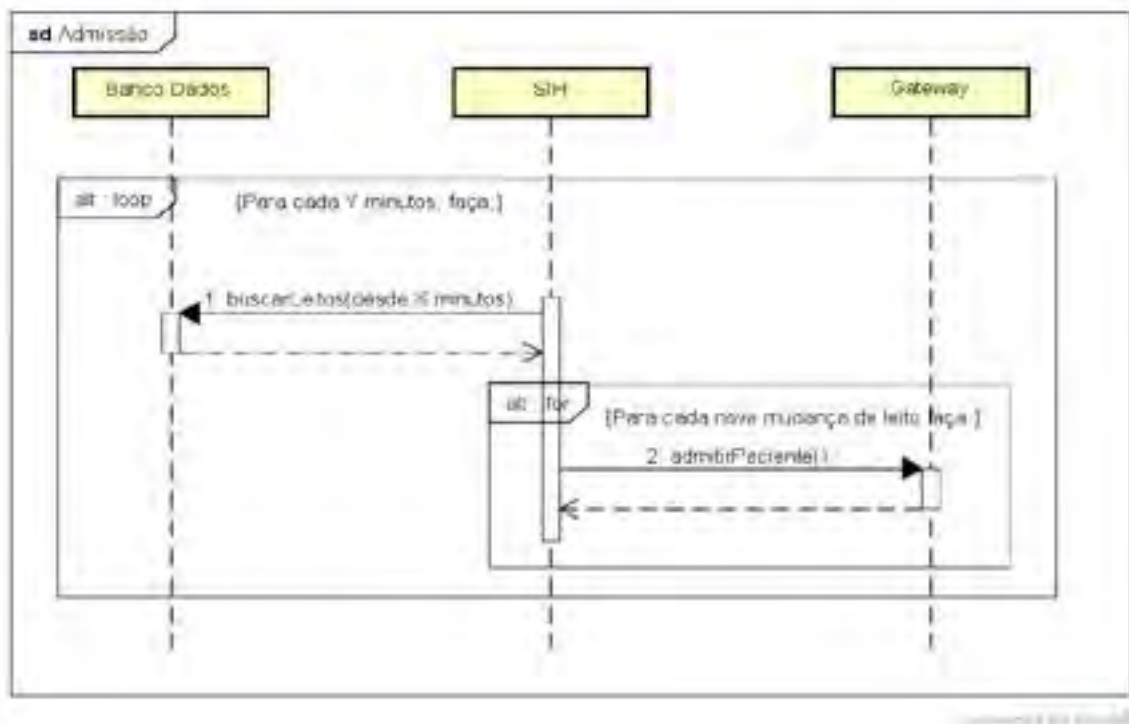


Figura 2 - Sequência de interação para admissão de pacientes no gateway. Buscam-se os novos pacientes no SIH e se repassa a informação para o gateway.

- 2. Salvar as observações de interesse em banco de dados:** os monitores enviam, através do *gateway*, dados de todos os pacientes a um intervalo pré-determinado. Como não existe necessidade de se armazenarem todos os dados multiparamétricos de todos os pacientes, optou-se por fazer um filtro que verifica quais parâmetros devem ser salvos (por exemplo, CO_2 , temperatura, frequência cardíaca, etc. Esta lista de parâmetros é configurável) e de quais leitos. Assim, como pode ser visto na Figura 3 - Interações para receber observações do gateway, o programa primeiro (1) obtém as configurações pré-determinadas (leito e parâmetros) do banco. Em seguida (2), passa a receber as mensagens HL7 do gateway e filtrá-las (2.1), e, caso o filtro resulte em algum dado, este é armazenado no banco de dados (2.2).

Para a manipulação das mensagens HL7, utilizou-se a biblioteca open-source HL7 Application Programming Interface (HAPI) ⁹, desenvolvida originalmente pela University Health Network, projeto que é hospedado pelo SourceForge.

Para o desenvolvimento do programa foram criadas tabelas de controle, que são mostradas na Figura 4, através de um diagrama Entidade-Relacionamento (ER).

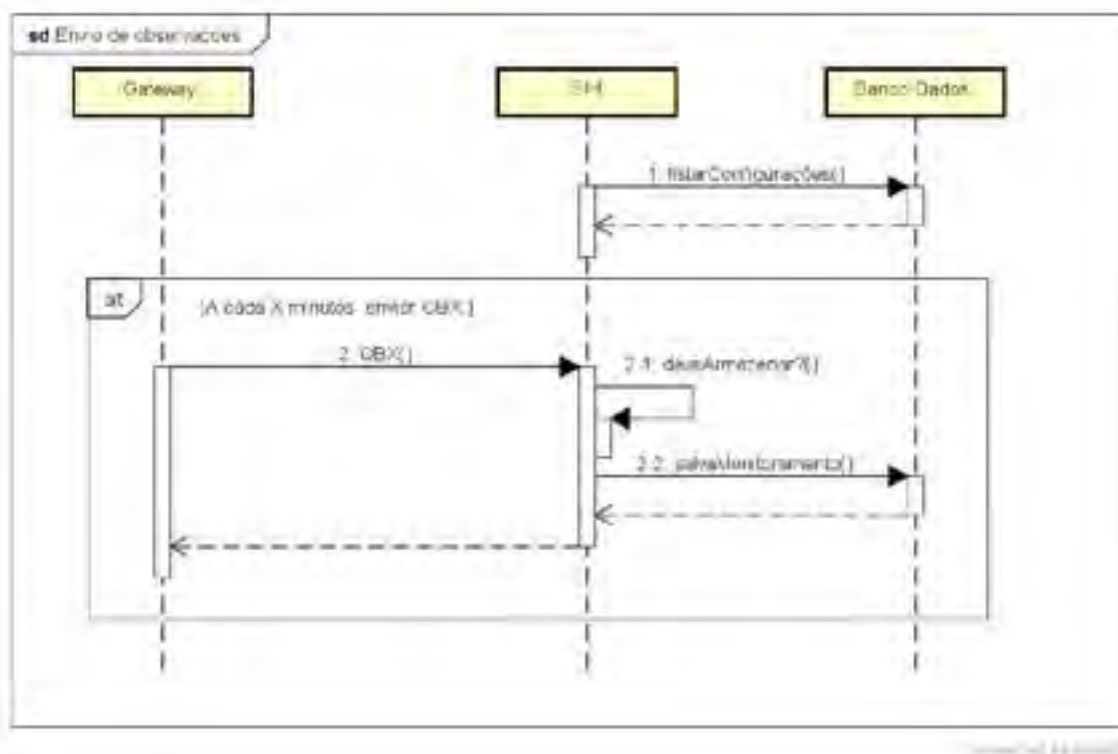


Figura 3 - Interações para receber observações do gateway



Figura 4 - Diagrama ER das tabelas criadas para o programa

A seguir é feita uma descrição sucinta de como as tabelas são utilizadas.

A tabela HL7_TIPO_DISPOSITIVO contém a descrição de cada tipo de aparelho adquirido. No caso do InCor, esta tabela tem, no momento, somente uma linha (aparelhos do modelo BeneView T5). Uma vez descrito o tipo de aparelho, são especificados os parâmetros que esse dispositivo pode enviar em suas mensagens HL7. Os parâmetros possíveis são especificados na tabela HL7_PARAM_DISPOSITIVO e são obtidos a partir do manual do fabricante do aparelho (Manual de Integração HL7).

Uma vez que esses dados estejam registrados, deve-se acrescentar cada aparelho individual na tabela HL7_DISPOSITIVO (no caso do InCor, a tabela terá 85 linhas – correspondente aos aparelhos existentes atualmente no hospital).

A tabela HL7_CONF_MONITORAMENTO (configuração de monitoramento) é uma tabela que associa os dados de quais aparelhos (HL7_DISPOSITIVO) terão seus dados registrados, quais os parâmetros de interesse (HL7_PARAM_DISPOSITIVO) e com que frequência esses dados devem ser registrados (HL7_FREQUENCIA_MIN – tempo de amostragem, em minutos). Assim, ela reúne:

- a. O aparelho que se deseja monitorar (entre os 85 existentes) (HL7_DISPOSITIVO);
- b. O parâmetro que se deseja monitorar (HL7_PARAM_DISPOSITIVO);
- c. Com que frequência se deseja que os dados desse aparelho sejam salvos (HL7_FREQUENCIA_MIN). A frequência máxima com que se podem amostrar os parâmetros foi definida como 5 minutos.

Os dados que são adquiridos de acordo com a configuração estabelecida em HL7_CONF_MONITORAMENTO são inseridos na tabela HL7_MONITORAMENTO.

A cada determinado período de tempo (atualmente a cada 12 horas), os dados antigos da tabela HL7_MONITORAMENTO são apagados, para limitar o espaço ocupado no banco de dados. Por exemplo, um registro de 5 em 5 minutos de dez parâmetros, irá gerar 2880 linhas na tabela, para um período de 24 horas. Para 50 leitos seriam 144.000 linhas.

Resultados e Discussão

A integração proposta está funcionando atualmente em fase de protótipo, no monitor e central instalados no laboratório da unidade de pesquisa e desenvolvimento. Nos testes realizados até o momento, verificou-se que a coleta é feita de acordo com a configuração estabelecida e os dados podem ser agregados às informações dos pacientes.

Para visualização dos parâmetros coletados, foi criado um protótipo simplificado capaz de exibir um gráfico com os resultados numéricos recebidos dos monitores de beira de leito, que é mostrado na Figura 5 – Programa de teste para visualização de medidas (power peak frequency para EEG). O programa permite selecionar o leito (à esquerda) e, em seguida o parâmetro (caixa de opções, acima do gráfico). Na Figura 5 – Programa de teste para visualização de medidas (power peak frequency para EEG) **são mostrados dados simulados de paciente do parâmetro Power Peak Frequency (PPF) para eletroencefalograma (EEG).**

Na próxima fase, após testes extensivos com um número maior de monitores, será disponibilizada uma interface para visualização dos parâmetros no SIH do InCor.

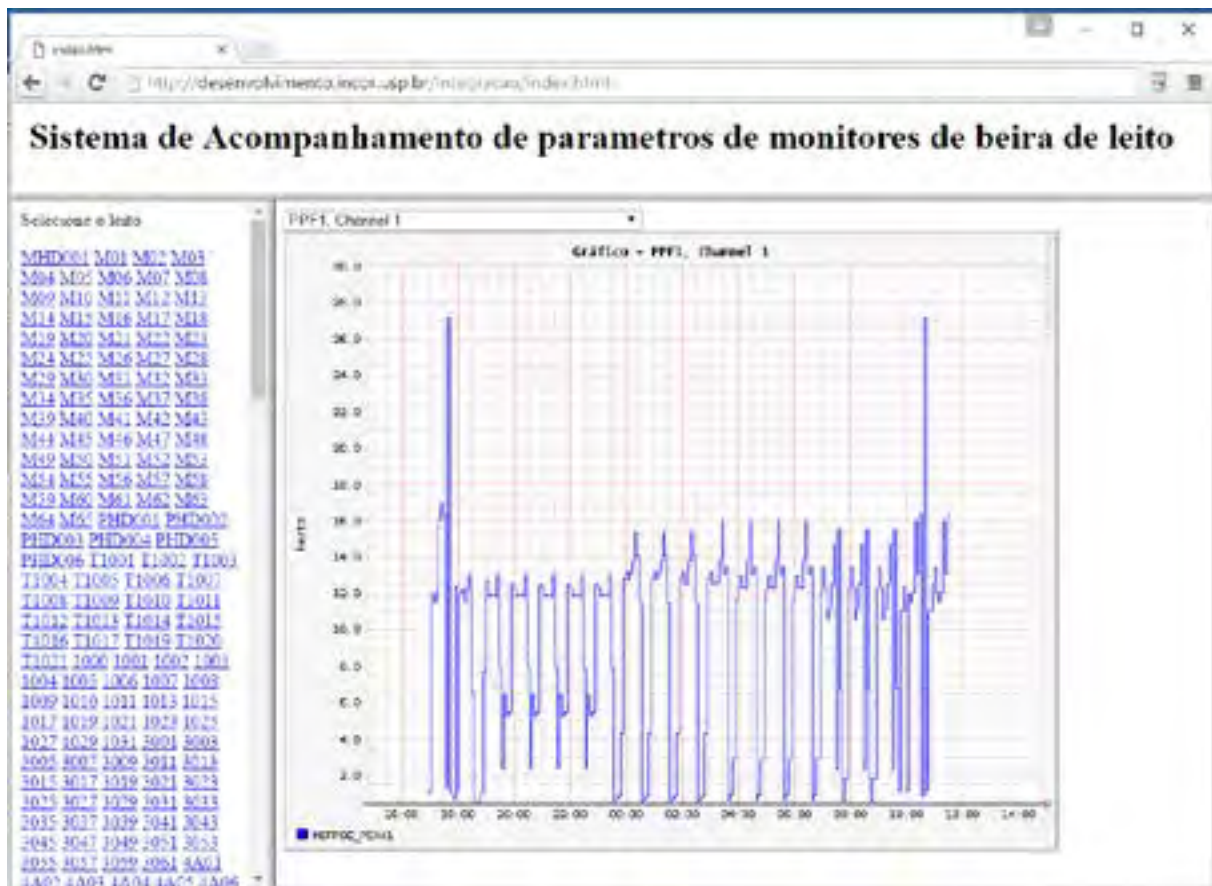


Figura 5 – Programa de teste para visualização de medidas (power peak frequency para EEG)

Existem diversas soluções tecnológicas possíveis para a integração de monitores de beira de leito, sendo que a demonstrada aqui é somente uma delas.

O desenho da solução final irá depender dos requisitos de cada hospital e à finalidade que será dada aos parâmetros coletados. Decisões de quanto ao tempo total de armazenamento dos parâmetros por leito, da frequência de amostragem e o tratamento de dados não-numéricos devem basear-se nas necessidades de cada implementação.

Sugere-se a abstração da camada de comunicação HL7, para que seja possível modificar a biblioteca utilizada, uma vez que a implementação do HL7 pode variar entre fabricantes, o que pode causar a necessidade de troca da biblioteca.

Parte importante da implementação da solução depende da colaboração do fabricante para a correta integração dos aparelhos, tanto na parte de configuração como nos detalhes de implementação (exemplos de mensagens HL7, versões corretas das mensagens, etc.).

Uma questão importante que deve ser considerada é que a mudança de fluxo acarretada pela integração com os monitores de beira de leito necessita ser adotada pelos usuários, que, portanto, devem estar envolvidos na elaboração da solução.

Conclusão

Desenvolveu-se um programa para integração de monitores de beira de leito, do tipo BeneView T5, utilizando-se a troca de mensagens HL7. A implementação permite a coleta de dados dos monitores com amostragem definida pelo usuário e somente dos parâmetros de interesse. Uma vez em produção, a integração permitirá uma visão mais abrangente dos dados dos pacientes e auxiliará a documentação.

Agradecimentos

Agradecemos ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia – Medicina Assistida por Computação Científica (INCT-MACC) e à Marina Rebelo, pelas valiosas sugestões para a elaboração do texto.

Referências

- [1] Health Level 7. HL7 Web site [Internet]. [cited 2016 May 30]. Available from: <http://www.hl7.org/>
- [2] Buntin MB, Burke MF, Hoaglin MC, Blumenthal D. The benefits of health information technology: A review of the recent literature shows predominantly positive results. *Health Aff.* 2011;30(3):464–71.
- [3] Kutney-Lee A, Kelly D. The Effect of Hospital Electronic Health Record Adoption on Nurse-Assessed Quality of Care and Patient Safety. *JONA J Nurs Adm.* 2011 Nov;41(11):466–72.
- [4] Sutherland SM, Kaelber DC, Downing NL, Goel V V., Longhurst CA. Electronic Health Record-Enabled Research in Children Using the Electronic Health Record for Clinical Discovery. *Pediatr Clin North Am.* Elsevier Inc; 2016;63(2):251–68.
- [5] Bibault J-E, Giraud P, Burgun A. Big data and machine learning in radiation oncology: state of the art and future prospects. *Cancer Lett.* Elsevier Ireland Ltd; 2016;-.
- [6] Cheung A, Van Velden FHP, Lagerburg V, Minderman N. The organizational and clinical impact of integrating bedside equipment to an information system: A systematic literature review of patient data management systems (PDMS). *Int J Med Inform.* Elsevier Ireland Ltd; 2015;84(3):155–65.
- [7] Amin S, Burnell E. Monitoring Apnea of Prematurity: Validity of Nursing Documentation and Bedside Cardiorespiratory Monitor. *Am J Perinatol.* 2012 Dec 19;30(08):643–8.
- [8] Williams JS. Achieving INTEROPERABILITY. *Biomed Instrum Technol* [Internet]. 2012 Jan;46(1):14–23. Available from: <http://www.aami-bit.org/doi/abs/10.2345/0899-8205-46.1.14>
- [9] Network UH. HAPI [Internet]. [cited 2016 May 30]. Available from: <http://hl7api.sourceforge.net/>

Contato

Ramon A Moreno, Pesquisador, HCFMUSP –
InCor, São Paulo SP, Brasil. Correspondência:
ramon.moreno@incor.usp.br

JOGOS SÉRIOS PARA A SAÚDE. UMA REVISÃO NARRATIVA

Márcio da Silva Camilo¹, Cezar Cheng¹, José Orete do Nascimento¹, Luiz Alberto Pereira Afonso Ribeiro¹, Emmanuel Tenório Cavalcante Pires¹, Sérgio Gonçalves Martins¹

¹Instituto Nacional de Câncer

Resumo: Objetivo: Descrever as experiências recentes de jogos eletrônicos aplicados a área de saúde de forma a estabelecer o entendimento conceitual, o nível de desenvolvimento, e as características desse tipo de aplicação. Métodos: Foi realizada uma revisão narrativa sobre a bibliografia pesquisada na Biblioteca Virtual de Saúde, Journal of Health Informatics e Games Health Journal além de livros e na Internet. Resultados: Através das fontes revisadas foi possível conceituar, identificar e entender alguns dos requisitos e características de jogos eletrônicos para a saúde. Conclusão: Os estudos analisados mostram potenciais benefícios na construção de jogos eletrônicos para saúde e revelam o crescente interesse de comunidades científicas das áreas de desenvolvimento de sistema, game design e saúde sobre esse tipo de aplicação.

Palavras-chave: Jogos de Vídeo; Jogos Recreativos.

Abstract: Objective: To describe recent experiences with electronic games applied to health field in order to determine the conceptual understanding, the level of development, and the characteristics of this type of application. Methods: A narrative review in bibliography searched in the Biblioteca Virtual de Saúde, Journal of Health Informatics and Games Health databases besides books and the Internet was performed. Results: Through the sources consulted was possible to conceptualize, to identify and to understand some of requisites and characteristics of the electronic games for health. Conclusion: The studies analyzed showed potential benefits in building electronic games for health and reveal the increasing interest of the scientific community of computing, game design and health about that kind of application.

Keywords: Video Games; Games, Recreational.

Introdução

Embora existam muitos estudos sobre os efeitos negativos dos videogames (vício, sedentarismo, propensão a violência e depressão), uma nova abordagem de estudos tem surgido na última década, investigando os benefícios da prática de jogar videogames^{1,2}.

Granic et al.¹ Defende que os videogames proporcionam benefícios cognitivos tais como: foco de atenção mais rápido e mais acurado, melhor desempenho em resolução espacial (processamento visual, rotação), habilidade de resolução de problemas, e criatividade; motivacionais: visão persistente e otimista do meio ambiente; emocionais: melhora no humor e aumento de sentimentos positivos; sociais: aumento nos comportamentos sociais como cooperação e engajamento cívico.

Além disso, videogames podem ser utilizados como ferramentas de apoio a educação. Griffiths² salienta bons resultados obtidos com estudo da influência de videogames em indivíduos portadores de condições que acarretam dificuldades de aprendizado (autismo e déficit de atenção) e de videogames usados como métodos coadjuvantes em cuidados com a saúde e prevenção de doenças.

Métodos

A pesquisa realizada foi do tipo revisão narrativa, uma vez que não utilizou critérios sistemáticos para a busca e análise crítica da literatura e não esgotou as fontes de pesquisa e procurou realizar uma fundamentação teórica sobre o tema^{3,4}.

Primeiramente foi realizada uma pesquisa na base da Biblioteca Virtual de Saúde, na SBIS e no Game Health Journal por trabalhos cujos temas versassem sobre jogos sérios na área de saúde.

Os trabalhos cujos conteúdos fossem mais conceituais e que fizessem uma revisão da bibliografia existente foram preferidos a trabalhos de pesquisa de estudos de casos e trabalhos de pesquisa originais.

Os estudos que contêm as principais definições foram adotados como referências. Além disso, as referências feitas por esses estudos também foram consultados, quando possível, em livros, outras bases ou pela Internet, para dar maior robustez ao embasamento da discussão.

Resultados e discussão

Uma primeira tentativa de aproveitar as características dos videogames para educação aconteceu no meio da década dos anos 1990. Conhecida como “edutainment” (jogos educativos)⁵, essa iniciativa se caracterizou pela tentativa de se criar ferramentas multimídias que pudessem ser utilizadas como coadjuvantes no processo de aprendizagem de crianças⁶.

O advento dos “jogos sérios” parece corroborar essa tendência a acreditar nos benefícios dos videogames. Djaouti et al.,2011⁷ mostra que o termo “jogo sério” foi utilizado pela primeira vez com o sentido próximo do que utilizamos hoje, no livro de Clark Abt “Serious Games” publicado em 1970, anterior, portanto ao nascimento dos videogames. Segundo Abt, jogos sérios seriam jogos cuidadosamente pensados com o propósito explícito de educar sendo esse propósito o principal, em detrimento do divertimento. O que não significa que os jogos sérios não sejam ou não devam ser divertidos.

Ainda segundo Djaouti et al.,2011⁷ o termo foi adaptado em sua atual acepção para videogames no texto “The “Serious Games” Landscape” de Ben Sawyer. Neste trabalho, o autor define um jogo sério como qualquer utilização significativa de um jogo computadorizado ou recurso de jogo computadorizado na qual a missão principal não seja o entretenimento⁸. Definição essa que é similar a aquela encontrada em Michael et al.⁶

Iniciativas como “Serious Games Initiative”⁷, bem como estudos de aplicação de videogames nas áreas da educação, política, desenvolvimento institucional, entre outros; fomentaram iniciativas de aplicações e pesquisa relacionadas com jogos aplicados na área de saúde.

O estabelecimento de fórum de discussão como o Game for Health Europe Conference (<http://www.gamesforhealthurope.org/>), Game for Health Project (<https://gamesforhealth.org/>) e Game for Health Journal (<http://www.liebertpub.com/overview/games-for-health-journal/588/>), entre outros, mostra a relevância do tema. De acordo com Ferguson⁹, o desenvolvimento de eventos e revistas especializadas sobre esse tema é um sinal da emergência e maturidade do campo de jogos sérios para a saúde.

Exemplos de jogos sérios para a saúde

Videogames têm sido criados na área da saúde para distrair os pacientes em momentos de dor^{6,10}. Também jogos eletrônicos que possam atuar como coadjuvantes em processo de reabilitação¹¹ e também na manutenção de boas condições de saúde^{12,13,14} e prevenção de doenças¹⁵ tem recebido bastante atenção.

Outros jogos eletrônicos tentam trabalhar questões de adaptação comportamental no tratamento de distúrbios mentais. Algumas iniciativas foram realizadas na utilização de ambientes virtuais para tratamentos de fobias e desenvolvimento de competências como auto-estima, socialização, entre outros^{6,16}.

Jogos que convidam o jogador a se exercitar merecem um destaque importante sendo conhecidos como exergames. Esses jogos, baseados em dispositivos especiais de interface para detectar o movimento do jogador, representaram uma importante mudança de paradigma na forma de enxergar os videogames, até então vistos como fonte de alienação e sedentarismo^{6,17}.

Outro enfoque importante de utilização de jogos eletrônicos é entender o profissional de saúde como jogador e pretender criar um ambiente propício para treinamento de competências nas rotinas de saúde^{6,18}.

Classificações de jogos sérios para a saúde

A classificação de jogos sérios para a saúde pode ser um passo importante para se ter um entendimento melhor de suas características e dos limites entre estes e outros jogos e aplicações.

Djaouti et al., 2011¹⁹ sugere uma classificação de jogos sérios em 3 dimensões: *gameplay*, propósito e escopo. *Gameplay* define o tipo de jogo (se baseado em objetivos ou baseado na experiência de jogar) e quais são os objetivos e os meios de se jogar (baseados em verbos mapeados pelos autores, também chamados de “*Gameplay bricks*”).

Propósito se divide em: veiculação de mensagem (e se subdivide nos tipos de mensagens que podem ser veiculadas como: educação, informação, propaganda), treinamento e troca de dados.

Escopo define o mercado e a audiência-alvo.

Djaouti et al., 2011¹⁹ demonstra sua classificação com exemplos. Um deles com o jogo *Remission* (<http://www.re-mission.net/>), um jogo no qual os jogadores assumem o papel de nano-soldados que lutam contra células cancerígenas no processo de quimioterapia. Outro exemplo é apresentado com o jogo *Fatworld* (<http://www.gamesforchange.org/play/fatworld/>), no qual o jogador assume o papel de um avatar com algum tipo de distúrbio associado a alimentação (obesidade ou diabetes, por exemplo) e deve conduzir a rotina desse avatar de forma a proporcionar um vida saudável a ele.

Os resultados da classificação são os seguintes:

FatWorld

Gameplay:

Tipo: baseado em objetivos

Objetivos: Evitar, combinar

Meios: Mover, gerenciar, selecionar

Propósito: veiculação de mensagem informativa e educativa.

Escopo:

Mercado: cuidados com saúde

Audiência-alvo: público geral, de 8 a 25 anos.

Remission

Gameplay:

Tipo: baseado em objetivos

Objetivos: Evitar, combinar, destruir.

Meios: Mover, atirar

Propósito: veiculação de mensagem informativa e educativa.

Escopo:

Mercado: cuidados com saúde

Audiência-alvo: público geral, de 8 a 25 anos.

Arnab et al.²⁰ propõem uma classificação também baseada em dimensões que seriam: propósito (coleta de dados, troca, mensagem, e treinamento, com subdivisões: competências motoras, competências cognitivas e competências afetivas), função (com subdivisões que vão depender da função, por exemplo, para cuidados com saúde: educacional, avaliativa, diagnóstica, informativa, preventiva, terapêutica), público (profissional, podendo ser dividido em: médicos, enfermeiros e outros profissionais da área da saúde; grande público, podendo ser dividido em individual, familiar ou paciente; e pesquisadores).

Estendendo o metodologia de Djaouti et al., 2011¹⁹, podemos classificar os jogos Remission e Fatworld segundo o sistema de classificação de Arnab et al.²⁰.

FatWorld

Propósito: mensagem

Função: cuidados com a saúde, preventiva

Público: grande público, individual, familiar e paciente

Remission

Propósito: mensagem

Função: cuidados com a saúde, informativa

Público: grande público, individual, familiar e paciente

Wattanasoontorn et al.²¹ explora a possibilidade de analisar os jogos para a área da saúde em quatro dimensões: propósito (divertir, educar, simular), jogador (paciente e não paciente, e nesse caso, profissional e não profissional), estágio da doença (susceptibilidade, pré-sintomático, clínico e avançado, com os possíveis desdobramentos: cura, seqüela ou morte) e funcionalidade (cognitivo ou motor).

Assim para os jogos Fatworld e Remission, teríamos as seguintes classificações:

FatWorld

Propósito: educar

Jogador: paciente e não paciente

Estágio da doença: todos

Funcionalidade: cognitivo

Remission

Propósito: divertir

Função: paciente e não paciente

Estágio da doença: clínico e avançado

Funcionalidade: cognitivo e motor

Em Sawyer²² encontramos uma classificação mais simplificada centrada em jogos somente para a área de saúde e com uma única dimensão de classificação, a saber:

- Competências de redução do risco de saúde e educação para saúde e bem-estar
 - Prevenção de saúde
 - Prevenção de riscos
 - Prevenção de drogas, alcoolismo, tabagismo e doenças sexualmente transmissíveis
 - Melhora dos conhecimentos em probabilidades

- Saúde pessoal, cuidados pessoais competências e características
 - Nutrição
 - Exergames
 - Auto-diagnóstico
 - Primeiros socorros
- Economia de saúde e comportamental
 - Vacinas
 - Higiene / Infecções na saúde
 - Consumo e finanças na saúde
 - Crowdsourcing na saúde
- Saúde cognitiva e emocional
 - Psicologia positiva
 - Saúde emocional e resiliência
 - Saúde cognitiva e emocional
 - Gerenciamento do stress

Nesse caso, para os jogos Fatworld e Remission, teríamos as seguintes classificações:

Fatworld: Saúde pessoal, cuidados pessoais competências e características: nutrição.

Remission: Saúde cognitiva e emocional: Saúde emocional e resiliência.

Avaliação de jogos sérios para a saúde

Kharrazi et al.²³ apresenta uma revisão sistemática da literatura sobre jogos sérios para a saúde de escopo abrangente independentemente do contexto clínico ou subdomínio clínico. Contudo esse tipo de estudo parece ter sua eficácia fortemente dependente da existência de estudos sobre os jogos sérios para a saúde seja no meio da saúde, seja em game design, ou mesmo em interfaces humano-computador.

Au²⁴, apresenta uma análise baseada na tecnologia para entender como os jogos sérios para a saúde tem evoluído.

Outra abordagem, apresentada por Bellotti et al.²⁵ advoga a adoção de ferramentas de avaliação nas dimensões de entretenimento e educação constituindo uma avaliação da performance do usuário (jogador). Esse estudo defende a necessidade de integração de ferramentas de avaliações que possam ser realizadas antes, durante e depois da experiência de jogo pelo usuário (jogador).

Sawyer²² analisa a questão do sucesso em um jogo sério para a saúde. A partir dessa análise conclui que além dos elementos considerados fatores de sucesso para o jogo eletrônico (vendas, popularidade entre usuários, boas críticas por parte do meio especializado), outros fatores devem ser observados a fim de se obter uma margem de sucesso em escala, tais como: quantidade da população definida como público-alvo que aderiu ao jogo, intervenção observável e mensurável na população definida como público-alvo, sustentabilidade temporal e financeira do projeto do jogo.

Conclusão

No presente trabalho apresentamos um estudo baseado em revisão narrativa do tema de jogos sérios para a saúde.

Os resultados desta revisão nos permite constatar o grande interesse dispensado a esse tema por parte da indústria de jogos eletrônicos e de áreas de ciências da saúde, da informática e do game design.

Algumas iniciativas como congressos e publicação especializada tem sido feitos no sentido de fomentar os jogos sérios para a saúde. Estas iniciativas mostram a emergência e amadurecimento do tema.

Foram apresentados alguns exemplos de jogos sérios para saúde, bem como algumas tentativas de classificação e avaliação de projetos de jogos sérios para a saúde.

Os resultados desta revisão abrem perspectivas para trabalhos futuros no sentido de: detectar e mapear os requisitos, conhecer o estado da arte, entender as limitações e projetar os caminhos futuros dos jogos sérios para a saúde.

Referências

- [1] Granic I, Lobel A, Engels RCME. The benefits of playing video games. *American Psychologist*. 2014. Jan;69(1):66-78
- [2] Griffiths M. The educational benefits of videogames. *Education and Health*. 2002;20(3):47-51
- [3] Rother ET. Revisão sistemática x revisão narrativa. *Acta Paulista de Enfermagem*. Editorial. 2007. Apr./June;20(2).
- [4] Cordeiro AM, Oliveira GM, Rentería JM, Guimarães CA, Grupo de Estudos de Revisão Sistemática do Rio de Janeiro. Revisão sistemática: uma revisão narrativa. *Revista do Colégio Brasileiro de Cirurgiões*. 2007. Nov./Dec.;34(6)
- [5] Clua EWG, Bittencourt JR. Uma nova concepção para a criação de jogos educativos. Simpósio Brasileiro de Informática na Educação. 2004. Disponível em: http://www.joinville.udesc.br/portal/professores/marcelo/materiais/Clua_e_Bittencourt_2004___Cria__o_de_Jogos_Educativos___minicurso.pdf
- [6] Michael D, Chen S. *Serious Games: Games That Educate, Train, and Inform*. 1st ed. Course Technology: Ohio; 2006.
- [7] Djaouti D, Alvarez J, Jessel JP, Rampnoux O. Origins of Serious Games. In: Ma M, Oikonomou A, Jain LC, editors. *Serious Games and Edutainment Applications*. London: Springer; 2011. p. 25-43.
- [8] Sawyer B. The “Serious Games” Landscape. *Instructional & Research Technology Symposium for Arts, Humanities and Social Sciences*. 2007.
- [9] Ferguson B. The Emergence of Games for Health. *Games for Health Journal*. 2012. Feb;1(1):1-2.
- [10] Diaz-Orueta U, Alvarado S, Gutiérrez D, Climent G, Banterla F. “Isla Calma”, a Novel Virtual Reality Environment for Pain and Anxiety Distraction: Report on Usability, Acceptability, and Subjective Experience. *Games Health Journal*. 2012 Oct;1(5):353-61.
- [11] Vogiatzaki E, Krukowski A. Serious Games for Stroke Rehabilitation Employing Immersive User Interfaces in 3D Virtual Environment. *Journal of Health Informatics*. 2014. Out;6(Especial).
- [12] Matsunaga RM, Moraes RLO, Borges MAF, Matta MAP, Ozelo MC. Development of a Serious Game for children with hemophilia. *Journal of Health Informatics*. 2014. Out;6(Especial).
- [13] Orji R, Mandryk RL, Vassileva J, Gerling KM. Tailoring Persuasive Health Games to Gamer Type. In: CHI’13 Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems. New York: ACM; 2013. p. 2467-2476.
- [14] Evensen EA, Chan PK, Sanders EBN. Game Design for Personal Health Management: An Emotional and Educational Perspective. *Dare to Desire: Design & Emotion*. Hong Kong: HKPU; 2008.
- [15] Thompson D, Baranowski T, Buday R, Baranowski J, Thompson V, Jago R, Griffith MJ. Serious Video Games for Health How Behavioral Science Guided the Development of a Serious Video Game. *Simul Gaming*. 2010. Aug;41(4):587-606

- [16] Kahn J, Ducharme P, Rotenbert A, Gonzalez-Heydrich J. “RAGE-Control”: A Game to Build Emotional Strength. *Games for Health Journal*. 2013. Feb;2(1):53-57.
- [17] Osorio G, Moffat DC, Sykes J. Exergaming, Exercise, and Gaming: Sharing Motivations. *Games for Health Journal*. 2012. Jun;1(3):205-210.
- [18] Ricciardi F, Paolis LTD. A Comprehensive Review of Serious Games in Health Professions. *International Journal of Computer Games Technology*. 2014. Jan;2014(9).
- [19] Djaouti D, Alvarez J, Jessel JP. Classifying Serious Games: The G/P/S Model. In: Felicia P, editors. *Handbook of Research on Improving Learning and Motivation through Educational Games: Multidisciplinary Approaches*. London: IGI Global; 2011.
- [20] Arnab S, Dunwell I, Debattista K, editors. *Serious Games for Healthcare: Applications and Implications*. First Edition. London: IGI Global; 2012.
- [21] Wattanasoontorn V, Hernández RJG, Sbert M. Serious Games for e-Health Care. In: Cai Y, Goei SL, editors. *Simulations, Serious Games and Their Applications*. First Edition. Singapore: Springer; 2014.
- [22] Sawyer B. Health Games for Everyone! Disponível em: <https://medium.com/@BenSawyer/health-games-for-everyone-21f4d7200640#lwx9hx8a5>
- [23] Kharrazi H, Lu AS, Gharghabi F, Coleman W. A Scoping Review of Health Game Research: Past, Present and Future. *Games for Health Journal*. 2012.1(1).
- [24] Au A. Games for Health: Past, Present, and Future? *Games for Health Journal*. 2012.1(6).
- [25] Bellotti F, Kapralos B, Lee K, Moreno P, Berta R. Assessment in and of Serious Games: An Overview. *Advances in Human-Computer Interaction*. Hindawi Publishing Corporation. 2013.

Contato

Márcio da Silva Camilo
marcio.camilo@inca.gov.br

Cezar Cheng
cheng@inca.gov.br

José Orete do Nascimento
jose.nascimento@inca.gov.br

Luiz Alberto Pereira Afonso Ribeiro
luiz.ribeiro@inca.gov.br

Emmanuel Tenório Cavalcante Pires
emmanuel.pires@inca.gov.br

Sérgio Gonçalves Martins
sergio.martins@inca.gov.br

ARQUÉTIPOS OPENEHR PARA REPRESENTAÇÃO DE RESTRIÇÕES TEMPORAIS EM DIRETRIZES CLÍNICAS

Lilian Mie Mukai Cintho¹, Claudia Maria Cabral Moro¹

¹ Programa de Pós-Graduação em Tecnologia em Saúde da Universidade Pontifícia Católica de Paraná – PR, Curitiba (PR), Brasil

Resumo: As Restrições Temporais contidas em diretrizes clínicas representam uma parte fundamental de sua descrição relacionada principalmente aos algoritmos terapêuticos, porém, ainda existe a dificuldade de representar as Restrições Temporais complexas e integrá-las em um Registro Eletrônico de Saúde interoperável. Objetivo: explorar a representação de Restrições Temporais baseando-se em arquétipos da openEHR e *Guideline Definition Language*. Método: identificação dos principais tipos de Restrições Temporais existentes, identificação de Restrições Temporais nas diretrizes clínicas de doença renal crônica, fibrilação atrial e mieloma múltiplo, e sua representação em arquétipos e *Guideline Definition Language*. Resultados: tipos de Restrições Temporais encontrados nas diretrizes clínicas: quantitativo e eventos de repetição (doença renal crônica), quantitativo (fibrilação atrial), quantitativo e qualitativo (mieloma múltiplo). Modelados 4 arquétipos e reutilizado 1 arquétipo da openEHR. Conclusão: Foi possível representar as Restrições Temporais contidas em diretrizes clínicas em suas diversas classes de eventos baseando-se em arquétipos e *Guideline Definition Language* da openEHR.

Palavras-chave: Guia de Prática Clínica; Sistemas de Apoio a Decisões Clínicas; Sistemas de Informação em Saúde.

Abstract: *The temporal Constraints contained in clinical practice guidelines represent a fundamental part of their description mainly related to therapeutic algorithms, however, there is still the difficulty of representing the complex Temporal Constraints and integrate them into an Electronic Registration Health Interoperable. Objectives: To explore the representation of Temporal Constraints based on the openEHR archetypes and Guideline Definition Language. Methods: identification of the main types of Temporal constraints, identification of Temporal Constraints on clinical guidelines for Chronic Kidney Disease, Atrial Fibrillation and Multiple Myeloma, and its representation in archetypes and Guideline Definition Language. Results: Temporal Constraints types found in practice guidelines in the study: quantitative and repeating events (chronic kidney disease), quantitative (atrial fibrillation), qualitative and quantitative (multiple myeloma). Four archetypes were modeled and 1 archetype openEHR reused. Conclusion: It was possible to represent Temporal Constraints contained in clinical practice guidelines in its various event classes based on archetypes and Guideline Definition Language of openEHR.*

Keywords: *Practice Guideline; Clinical Decision Support Systems; Health Information Systems.*

Introdução

As diretrizes clínicas geralmente são compostas por Restrições Temporais (RT) que representam uma parte fundamental em sua descrição, especialmente em relação aos algoritmos terapêuticos considerados uma parte intrínseca da maioria das diretrizes clínicas. As RT podem ser definidas como uma ordem entre as ações clínicas, duração, repetições e intervalos entre eles e a sua representação é caracterizada como uma tarefa desafiadora uma vez que não é trivial compreender as expressividades de formalismos temporais e a complexidade do raciocínio correto e completo dos algoritmos que operam sobre eles¹.

A abstração temporal (AT) é um processo de analisar dados que interpretam o passado e o presente, dentre um conjunto de parâmetros com tempo, eventos externos e de formas de captação para detectar padrões relevantes em dados ao longo do tempo ^{1,2}.

Existem algumas abordagens e ferramentas para a representação de diretrizes clínicas com suporte à decisão clínica e especificação de RT, tais como GLIF³, GEM⁴, EON⁵, PROforma⁶, Asbru⁷, GUIDE⁸ e ONCOCIN⁹. Nesses estudos, não estão sendo considerados os desafios e as dificuldades relacionadas à representação de RT como o GLARE², que trata de RT consideradas complexas. Apesar de esforços para representação de diretrizes clínicas e dos aspectos temporais, ainda há obstáculos e necessidade de integrá-los no Registro Eletrônico de Saúde (RES) com um padrão de arquitetura para permitir a interoperabilidade entre eles^{10,11,12}.

Estudo como de Garcia et al¹⁰ apresentam soluções de integração para esta finalidade utilizando a arquitetura de arquétipos. Porém, nestes trabalhos não são descritas como as questões relacionadas às RT são apresentadas.

A especificação de arquétipos da openEHR são padrões de representação de conhecimento de forma estruturada, expressa de forma computável, baseada em um modelo de referência que garantem os principais atributos de informações em um RES e a interoperabilidade entre eles. Ela é proposta pela Fundação openEHR que disponibiliza a ferramenta para a modelagem dos arquétipos e possui um repositório de arquétipos para possibilitar o seu reaproveitamento^{13,14}.

Uma forma de representar o conhecimento fornecendo suporte de decisão, é por meio da utilização do *Guideline Definition Language* (GDL), um *software* que aproveita os modelos de referências e arquétipos da openEHR e utiliza a linguagem própria baseada na *Archetype Definition Language* (ADL)¹⁵.

Desta forma, este trabalho tem como objetivo explorar a representação de Restrições Temporais de diretrizes clínicas utilizando arquétipos da openEHR e *Guideline Definition Language*.

Métodos

Primeiramente foram identificados os principais tipos de RT existentes nas diretrizes clínicas por meio de levantamento dos autores que descrevem sobre as RT para identificar as classes de RT e os exemplos clínicos de cada uma das situações, sendo as principais apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1: Classes de Restrições Temporais

Classes de restrição temporal	Exemplo
Qualitativo	“A” antes de “B”
Quantitativo	Datas, atrasos e durações
Eventos de repetição	Ação “A” é repetida por 6 ciclos
Mistura de Qualitativo e Quantitativo	Ação “B” inicia pelo menos 10 dias após a ação “A”

A partir das classes de RT apresentadas no Quadro 1 foram identificados exemplos de RT nas Diretrizes Clínicas para o Cuidado ao Paciente com Doença Renal Crônica (DRC) SUS, 2014¹¹ e de Fibrilação Atrial (FA) em relação ao monitoramento e controle da FA para prevenção de Acidente Vascular Encefálico, contemplados nos estudos de continuidade do projeto MobiGuide¹². Para os tipos de RT não encontrados nestas diretrizes, foram utilizados exemplos da literatura¹.

Após a identificação das RT, foram modelados os arquétipos utilizando a especificação da Fundação openEHR e definidas as regras de decisão utilizando o GDL.

Resultados

Foi explorado o uso de GDL junto com a modelagem dos arquétipos da openEHR para representação das RT de diretrizes clínicas utilizadas neste trabalho.

No Quadro 2 é apresentado o trecho extraído da diretriz clínica de DRC para representar a regra de RT, considerada como classes quantitativo e eventos de repetição, que estão em destaque na cor amarela.

Quadro 2: Exemplo de um trecho extraído da diretriz clínica de Doença Renal Crônica com Restrição Temporal.

Indivíduos sob o risco de desenvolver DRC: pessoa hipertensa, definida como valores de pressão arterial acima de 140/90 mmHg em duas medidas com um intervalo de 1 a 2 semanas

Para representação dessa regra foi utilizada dois arquétipos:

- openEHR-OBSERVATION.blood_pressure (repositório da openEHR)
- openEHR-OBSERVATION.blood_pressure_alteration (novo)

Em seguida, foram definidas as regras e geradas na máquina de inferência (Figura 1). A lógica das regras baseia-se em dizer o que fazer (Ação) por meio de condições (Se).



Figura 1: Representação das regras de Restrições Temporais relacionados à diretriz clínica de Doença Renal Crônica

Para a diretriz clínica de tratamento da FA, especificamente no que se refere à programação de cardioversão da *American Heart Association and European Society Cardiology*, também foi identificada a RT para representar a classe quantitativa. No Quadro 3 é apresentado um trecho referente a esta diretriz clínica, em destaque na cor amarela.

Quadro 3: Exemplo de um trecho extraído da diretriz clínica para Fibrilação Atrial com Restrição

Temporal.

Cardioversão programada: anticoagulação nas últimas 3 semanas

Para a representação dessa regra foram modelados 2 arquétipos:

- openEHR-ACTION. anticoagulanttherapyprescribed (novo)
- openEHR-ACTION. anticoagulantlast3weeks (novo)

Em seguida, foram definidas as regras e geradas na máquina de inferência (GDL). Na Figura 2 é apresentada a regra para representar a questão temporal para “últimas 3 semanas”.



Figura 2: Representação das Restrições Temporais relacionadas à diretriz clínica de Programação de cardioversão para Fibrilação Atrial.

E por último, foram representados os aspectos temporais relacionados à repetição de eventos e a integração de diferentes tipos de restrições (quantitativo e qualitativo), em destaque na cor amarela do trecho da diretriz clínica para tratamento de mieloma múltiplo, um exemplo utilizado da literatura, apresentado no Quadro 4.

Quadro 4: Exemplo de trecho da diretriz clínica de Mieloma Múltiplo com Restrições Temporais.

“A terapia para mieloma múltiplo é feita por seis ciclos de tratamento de 5 dias, cada um seguido por um atraso de 23 dias (durante um tempo total de 24 semanas). Dentro de cada ciclo de 5 dias, dois ciclos internos podem ser distinguidos: o tratamento com melfalano, para ser fornecida duas vezes por dia, para cada um dos 5 dias, e o tratamento com prednisona, para ser fornecida uma vez por dia, para cada um dos 5 dias. Estes dois tratamentos devem ser executadas em paralelo”

Foi necessário modelar um arquétipo para representar essa regra:

- openEHR-INSTRUCTION. Multiple Mieloma (novo)

Para definir as regras de acordo com esta diretriz clínica foram elaboradas 3 regras relacionadas a fazer ou não o tratamento paralelo medicamentoso em 2 ciclos (“pode usar terapia paralela” e “não

pode usar terapia paralela”) e em relação à quando se deve fazer o tratamento paralelo. Nas Figuras 3, 4 e 5 são apresentadas as descrições destas regras respectivamente.



Figura 3: Regras para representação de Restrições Temporais para “uso de terapia paralela”, conforme diretriz clínica para Mieloma Múltiplo.



Figura 4: Regras para representação de Restrições Temporais para o “não uso de terapia paralela”, conforme diretriz clínica de Mieloma Múltiplo.



Figura 5: Regras de representação de Restrições Temporais para quando se “deve usar a terapia paralela”, conforme diretriz clínica de Mieloma Múltiplo.

Na Figura 6 é apresentada a tela de execução das regras do GDL para o exemplo de regra de “não pode usar a terapia em paralelo”.

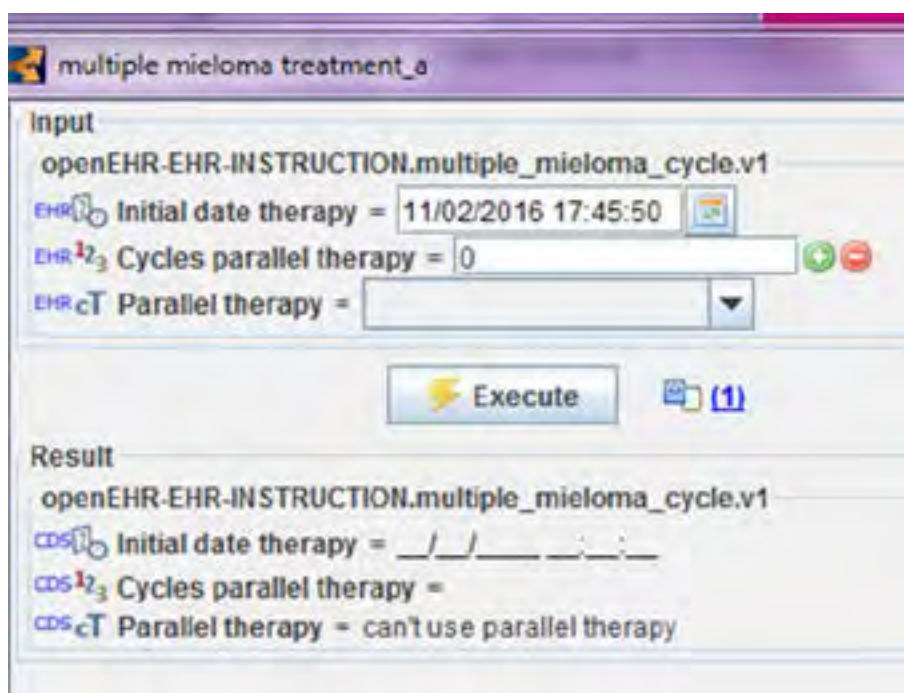


Figura 6: Representação da tela de execução do GDL para a Restrição Temporal de “não pode usar a terapia paralela”, conforme diretriz clínica de Mieloma Múltiplo.

Discussão

Para a representação de diferentes diretrizes clínicas em um RES a reutilização de arquétipos disponíveis no repositório da openEHR permitiu otimizar a customização do RES considerando a redução de tempo para a especificação de um RES, bem como o seu custo¹⁷.

Diferentes abordagens propõem as representações das RT utilizando algoritmos complexos^{2,18}, tarefas em planos⁶ e fluxogramas¹³, porém não há a interação com a base de dados clínicos do RES e nem todas as abordagens cobrem as questões temporais consideradas complexas¹⁹.

As regras criadas neste trabalho utilizando arquétipos e GDL mostraram a possibilidade de representar as RT por meio de condições (SE) e ação (Então), em representações de eventos qualitativos, quantitativos e compostas, considerados eventos complexos.

O uso do GDL facilitou a estruturação das regras em formato computacional utilizando os modelos de referência e o conhecimento dos arquétipos sem a necessidade de recorrer às ferramentas externas. Os estudos²⁻⁹ apresentam ferramentas independentes dificultando o compartilhamento das informações, e como solução, incluem um mapeamento que possibilite a interface entre as diretrizes clínicas e o RES.

A avaliação foi realizada com sucesso, após o teste de todas as possibilidades de entradas de dados em cada regra criada no GDL. A tela de interface do GDL possibilitou verificar as conformidades dos resultados esperados para cada ação executada.

Conclusão

Foi possível representar as RT contidas em diretrizes clínicas em suas diversas classes de eventos baseando-se em arquétipos e GDL da openEHR.

O uso do GDL propiciou ao profissional da saúde criar as regras diretamente na ferramenta aproveitando as estruturas dos arquétipos utilizados para representação da diretriz clínica com suas RT por meio das condições e suas ações, facilitando a estruturação da lógica das regras.

Mais estudos deverão ser realizados em busca de RT complexas contidas em diretrizes clínicas para verificar a possibilidade de serem representadas pelos arquétipos e GDL.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio e financiamento, desta pesquisa, à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudo.

Referências

- [1] Anselma L, Terenziani P, Bottrighi A. Towards a comprehensive treatment of repetitions, periodicity and temporal constraints in clinical guidelines. *Artificial Intelligence in Medicine*. 2006; 38:171-195.
- [2] Shahar Y, Miksch S, Johnson P. The asgaard project: a task specific framework for the application and critiquing of time-oriented clinical guidelines. *Artif Intell Med*. 1998; 14:29-51.
- [3] Peleg M, Boxwala A, Ogunyemi O, Zeng Q, Tu S, Lacson R, et al. GLIF3: the evolution of a guideline representation format. In: *Proceedings of American Medical Informatics Association Annual Fall Symposium*. 2000; p.645-9.
- [4] Shiffman RN, Karras BT, Agrawal A, Chen R, Menco L, Nath S. GEM: a proposal for a more comprehensive guideline document model using XML. *J Am Med Inform Assoc*. 2000; 7(5):488-98.

- [5] Musen MA, Tu SW, Das AK, Shahar Y. EON: a component-based approach to automation of protocol-directed therapy. *J Am Med Inform Assoc.* 1996; 3(6):367-88.
- [6] Fox J, Johns N, Rahmanzadeh A, Thomson R. Disseminating medical knowledge: the PROforma approach. *Artif Intell Med.* 1998; 14:157-81.
- [7] Shahar Y, Miksch S, Johnson P. The asgaard project: a task specific framework for the application and critiquing of time-oriented clinical guidelines. *Artif Intell Med.* 1998; 14:29-51.
- [8] Quaglini S, Stefanelli M, Cavallini A, Miceli G, Fassino C, Mossa C. Guideline-based careflow systems. *Artif Intell Med.* 2000; 20(1):5-22.
- [9] Tu SW, Kahn MG, Musen MG, Ferguson JK, Shortliffe EH, Fagan LM. Episodic skeletal-plan refinement on temporal data. *Commun ACM.* 1989; 32:1439-55.
- [10] Garcia D, Moro CMC, Cintho LMM. Bridging the Gap between Clinical Practice Guidelines and Archetype-Based Electronic Health Records: A Novel Model Proposal. *Stud Health Technol Inform.* 2015; 216: 952.
- [11] Garcia D, Cintho LMM, Moro CMC. Electronic Health Record to support Chronic Kidney Disease prevention – Integrating Guidelines and Archetypes. *IEEE-EMBS International Conferences on Biomedical and Health Informatics.* 2014.
- [12] Viani N, Moro CM, Garcia D, Cintho LM, Sacchi L, Quaglini S. Exploring OpenEHR's Guideline Definition Language to implement the cardioversion guideline in MobiGuide. *AIME 2015, 15 th Conference on Artificial Intelligence in Medicine.* Pavia, Italy. 2015; 17-20.
- [13] OPEN EHR. Clinical Models. Disponível em: <http://www.openehr.org/programs/clinicalmodels/>. Acesso em 13 mai. 2016.
- [14] Neira, RAQ, Nardon FB, Moura LAM, Leão BF. Como incorporar conhecimento aos Sistemas de Registro Eletrônico em Saúde? In: *Congresso Brasileiro de Informática em Saúde- CBIS, 2008.* Anais. Campos de Jordão. Ago. 2008.
- [15] Open EHR. GDL Editor: User Manual. Version 0.9. Disponível em: http://www.openEHR.org/downloads/ds_and_guideline. Acesso em: 10 jun. 2013.
- [16] Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Especializada e Temática. Coordenação Geral de Média e Alta complexidade. Diretrizes Clínicas para o Cuidado ao Paciente com Doença Renal Crônica-DRC no Sistema Único de Saúde. Brasília, 2014. Disponível em: <http://sonerj.org.br/wp-content/uploads/2014/03/diretriz-cl-nica-drc-versao-final2.pdf>. Acesso em: 13 mai. 2015.
- [17] Sittig DF, Wright A, Osheroff JÁ, Middleton JMT, Ash JS et al. Grand Challenges in Clinical Decision Support. *Journal of Biomedical Informatics.* 2008; 41 (2): 387-392.
- [18] Combi C, Gozzi M, Oliboni B, Juarez JM, Marin R. Temporal similarity measures for querying clinical workflows. *Artificial Intelligence in Medicine.* 2009; 46: 37-54.
- [19] Terenziani P, Montani S, Torchio M, Molino G, Anselma L. Temporal Consistency Checking in Clinical Guidelines Acquisition and Execution: the GLARE's Approach. *AMIA 2003. Symposium Proceeding.* 2003; 659-663.

Contato

Lilian Mie Mukai Cintho
Programa de Pós-Graduação em Tecnologia
em Saúde (PPGTS), Pontifícia Universidade
Católica do Paraná (PUC-PR)
Email: miemukai@hotmail.com

TECNOLOGIAS E METODOLOGIAS APLICADAS AO GERENCIAMENTO DE ESTOQUE DE UM HOSPITAL PÚBLICO

José C. Júnior, Sérgio M. Fernandes

Programa de Pós-Graduação em Sistemas e Computação – Universidade Salvador (UNIFACS)
Alameda das Espatodias 915, Caminho das Arvores – CEP 41820-460 – Salvador – BA – Brasil

Resumo: Este trabalho se propõe a utilizar processos, técnicas e tecnologias da área de tecnologia da informação, bem como de administração de empresas, para propiciar a redução do estoque mobilizado e otimizar a gestão de materiais e medicamentos do Hospital do Subúrbio. Efetuaram-se estudos para identificar problemas e fraquezas do gerenciamento de estoque, identificar as causas raízes desses problemas, e definir estratégias de melhoria. Recursos de *Business Process Management* e *Business Intelligence* foram utilizados para o mapeamento dos processos e análise de indicadores com o intuito de utilizar determinadas premissas da filosofia *Just In Time* e reduzir o estoque de materiais e medicamentos. Como resultado, houve a redução das perdas, do estoque excedente e dos pedidos urgentes, além da melhor estruturação do setor de suprimentos.

Palavras-chave: Armazenamento de Medicamentos, Indicadores de Gestão, Administração Hospitalar

Abstract: *This work proposes to use processes, techniques and technologies in the area of information technology as well as business administration companies, to provide the reduction of fixed assets inventory and optimize the management of materials and medicines of the “Hospital do Subúrbio”. Business Process Management and Business Intelligence resources were used for process mapping and analysis of indicators with the aim of applying certain assumptions of just in time philosophy and reduce the stock of materials and medicines. As a result, there was a reduction of losses, surplus stock and urgent orders, in addition to better structure the supply sector.*

Keywords: *Drug Storage, Organization and Administration, Hospital Administration*

Introdução

Toda organização necessita de insumos ou entradas, os quais são processados e permitem a produção de resultados, sejam eles produtos ou serviços. Manter essa relação entrada versus resultados em sintonia é um fator determinante para a sustentabilidade das organizações e para que seja ampliada a competitividade dessas organizações sobre as concorrentes¹.

De Vries² deixa claro que as instituições de saúde são empresas que armazenam um grande número de itens em seu estoque, os quais representam entre 10% e 18% de sua receita líquida. Reforça ainda que poucos são os estudos que abordam questões relacionadas à modelagem e implementação de gerenciamento de estoque. Já Rios³ realizou um estudo de casos e evidenciou que a gestão de estoque traz benefícios para os hospitais, porém pouco tem se investido nesta área, muitas vezes por falta de estrutura administrativa

O Hospital do Subúrbio (HS) é uma instituição de saúde pública gerida pela iniciativa privada e que possui estoque a ser administrado de forma a garantir a assistência ao paciente. A complexidade existente na administração do estoque hospitalar se deve à presença de materiais e medicamentos de alto custo, estocagem em locais distintos (almoxarifado e farmácia), a sazonalidade das doenças e o perfil do paciente

a ser atendido. Estes fatores devem ser analisados periodicamente pelos gestores para que o hospital tenha sempre os itens necessários para a devida assistência, evitar perdas por validade ou obsolescência e reduzir excesso de estoque.

O HS possui uma equipe especializada que acompanha todo o fluxo de materiais desde a sua entrada até o seu consumo pelas unidades administrativas e assistenciais. Indicadores de desempenho da gestão de estoque do ano de 2015 fizeram a alta gestão do HS decidir por realizar um trabalho multidisciplinar para a reversão do quadro em prol da sustentabilidade da organização.

Dentre as informações apresentadas, após a apuração manual dos dados, estavam as perdas que chegaram a ultrapassar 1,2% do estoque ao mês; 20% do estoque era composto por itens a serem consumidos após 60 dias; e excesso de pedidos urgentes. Estes indicadores evidenciam que o hospital armazenava um conjunto de itens que não seriam utilizados a longo prazo, mantendo um montante financeiro investido, mas sem resultados.

Este trabalho utilizou processos, técnicas e tecnologias da área de tecnologia da informação, bem como de administração de empresas, para propiciar a redução do estoque mobilizado e otimizar a gestão de materiais e medicamentos do HS. Conceitos fundamentais são apresentados a seguir.

Classificação dos itens do estoque (ABC) - um dos mais comuns sistemas de classificação de estoque é o chamado sistema ABC de controle de estoque ou simplesmente curva ABC, o qual se preocupa com o custo de aquisição do item e como o controle é realizado⁴. Segue o seguinte padrão, o qual foi observado inicialmente pelo italiano Vilfredo Pareto e que se chama princípio de Pareto⁴.

- Classe A: cerca de 20% dos itens correspondem a aproximadamente 80% dos custos. Estes são os itens mais importantes ou de maior prioridade;
- Classe B: cerca de 30% dos itens correspondem a aproximadamente 15% dos custos. Composto por itens que necessitam de acompanhamento regular; e
- Classe C: cerca de 50% dos itens correspondem a aproximadamente 5% dos custos. Estes itens necessitam de controles simples e são os menos importantes.

Classificação dos itens do estoque (XYZ) - esta classificação apoia os gestores no acompanhamento dos itens de maior importância, uma vez que um item da classe C, com baixo custo, pode ser crítico na finalização de um produto ou fornecimento de um serviço⁶. As categorias da classificação por criticidade são:

- Classe Z: composto pelos itens de maior criticidade, os quais causarão interrupção da produção ou, no caso de um hospital, o cancelamento de um procedimento cirúrgico, por exemplo;
- Classe Y: os itens dessa classe não causarão maiores impactos em curto prazo. São materiais importantes que necessitam de atenção, mas a organização dá continuidade ao seu produto fim; e
- Classe X: composto por todos os demais itens, cuja criticidade é baixa.

Just in time (JIT) - é uma metodologia de produção ou, mais amplamente, uma filosofia de trabalho, que visa reduzir ao máximo o desperdício ou até o eliminar através da premissa de “colocar o componente certo no lugar certo e na hora certa”¹. Deve-se produzir à medida que houver necessidade, o que muda a filosofia atual de produzir antes para atender caso haja necessidade. O JIT é associado a expressões como produção sem estoque, eliminação do desperdício e melhoria contínua de processos⁷.

Processos de Negócio - os processos organizacionais ou de negócio precisam ser gerenciados para que seu controle possa ser feito através da análise dos números obtidos em seus indicadores e com sugestões de mudanças que possam otimizar o fluxo buscando a melhoria dos resultados. O CBOK⁸ define processo de negócio como um trabalho realizado que possui início, meio e fim, cruzando limites funcionais, e que entrega valor aos clientes.

Gerenciamento de Processo de Negócio (*Business Process Management* (BPM)) - definido como uma abordagem disciplinada com etapas bem definidas com o objetivo de alcançar os objetivos definidos por uma determinada organização de forma consistente e alinhada às metas organizacionais. As atividades podem impactar em processos automatizados ou não e consistem em identificar, desenhar, executar, documentar, medir, monitorar, controlar e melhorar os processos de negócio⁸.

Modelagem de Processos de Negócio (*Business Process Management Notation (BPMN)*) - Para as empresas, ter a visão clara dos processos e o seu devido mapeamento é fundamental para que elas possam otimizar suas atividades evitando retrocesso, retrabalho e para reduzir custos de produção e mão-de-obra. Assim, pode-se focar mais na qualidade do produto ou serviço e reduzir a quantidade de problemas nos processos organizacionais, gerando mais valor para o cliente. A modelagem não significa apenas o desenho do processo, mas sim, a combinação de um conjunto de habilidades e processos que fornecem a visão e o entendimento do processo de negócio, permitindo assim o seu desenho, análise e medição de desempenho⁸. Para a modelagem de processos, a notação BPM ou BPMN é utilizada. Essa notação é um padrão definido pelo *Object Management Group (OMG)*⁹ e que se tornou a maior e mais amplamente difundida notação aceita para modelagem de processos por possuir simbologia simples e robusta⁸.

Business Intelligence (BI) – Loh¹⁰ define BI como um processo que envolve diversos elementos, tais como métodos, técnicas, tecnologias, pessoas, informações, fontes de informações, métricas e ferramentas na busca das causas dos resultados evidenciados. Já Gartner¹¹ define BI como um termo guarda-chuva que inclui aplicações, infraestrutura e ferramentas que permitem o acesso a informações e sua análise de forma a melhorar e otimizar decisões e desempenho. Assim, para o Gartner¹¹, há todo um contexto arquitetural também incluído na definição do BI. Os dados utilizados para produção do BI podem advir de diversas fontes distintas, sejam elas planilhas, documentações com marcações, arquivos XML, banco de dados relacional, *data warehouses (DW)*, a partir de documentos e informações existentes na internet etc. Estas fontes devidamente tratadas serão utilizadas para produção de informações gerenciais que auxiliarão os gestores na tomada de decisão. Neste trabalho, *data warehouses* foram utilizados para a elaboração das análises.

Buscou-se assim a redução de perdas e pedidos de caráter urgente, uma vez que estes fatores interferem diretamente na administração de materiais hospitalares e necessitam ser analisados a fim de se criar barreiras que os evitem.

Mais especificamente, este trabalho se propôs a evidenciar oportunidades de melhoria do controle dos itens componentes do estoque do HS de forma contínua através da aplicação de metodologias de análise e mapeamento de processos e também de *Business Intelligence (BI)* a fim reduzir os impactos dos problemas à assistência ao paciente. Objetivou ainda reduzir o valor financeiro imobilizado no estoque, através da utilização dos princípios do *just in time (JIT)* possibilitando o redirecionamento deste valor a outros investimentos.

A solução

A equipe multidisciplinar definiu que trabalharia seguindo as etapas descritas abaixo:

1. Contextualização: etapa para reconhecimento da estrutura organizacional e processos operacionais;
2. Avaliação dos processos operacionais e das tecnologias aplicadas ao processo, utilizando técnicas de modelagem de processos de negócio, e representando graficamente o produto do mapeamento utilizando a BPMN. Nesta etapa, as tecnologias que podiam apoiar a equipe gerencial e operacional também foram identificadas;
3. Análise e avaliação dos dados, assim como as principais causas de resultados inesperados, gargalos e dificuldades;
4. Recomendações com elaboração de plano de ação a ser elaborado em conjunto com os gestores da instituição: planejamento das mudanças operacionais e aplicação das mesmas;
5. Capacitação da equipe operacional para implantação de mudanças;
6. Implementação e controle das mudanças implantadas.

Assim, como produto das duas primeiras etapas, foi gerado o mapeamento BPMN o qual evidencia o macroprocesso de compra e entrega dos materiais. Dentre as etapas do processo mapeado que sofreram mudanças após a aplicação do ciclo de melhoria estão o recebimento e a conferência dos materiais, além da avaliação dos fornecedores, os quais são descritos na Tabela 1- Relação de problemas X melhorias.

Já na segunda etapa, com base nos dados apresentados na seção anterior, foi decidido que os indicadores definidos fossem implementados em uma ferramenta de BI com rotinas periódicas de atualização para tomadas de decisão mais direcionadas e assertivas, tratando pontos relevantes para a gestão do estoque. Dentre os indicadores definidos para acompanhamento estão o percentual de perdas, a quantidade de pedidos urgentes e o valor do estoque excedente. As tabelas do banco de dados do sistema de informação hospitalar do HS foram analisadas e processadas para gerar um *data warehouse*, o qual foi utilizado para a produção de *dashboards* em uma ferramenta de BI.

A Figura 1 - Arquitetura da solução apresenta a arquitetura da solução aplicada a este trabalho. Nela é possível visualizar que diversas unidades organizacionais ou empresas podem ter seus bancos de dados submetidos ao processo *Extract, Transform and Load* (ETL), o qual é responsável por transformar os dados armazenados nos bancos de dados em estruturas passíveis de análises gerenciais com o objetivo de compor o *data warehouse*. Após, o *data warehouse* será consultado para produzir as análises gerenciais na forma de *dashboards*.

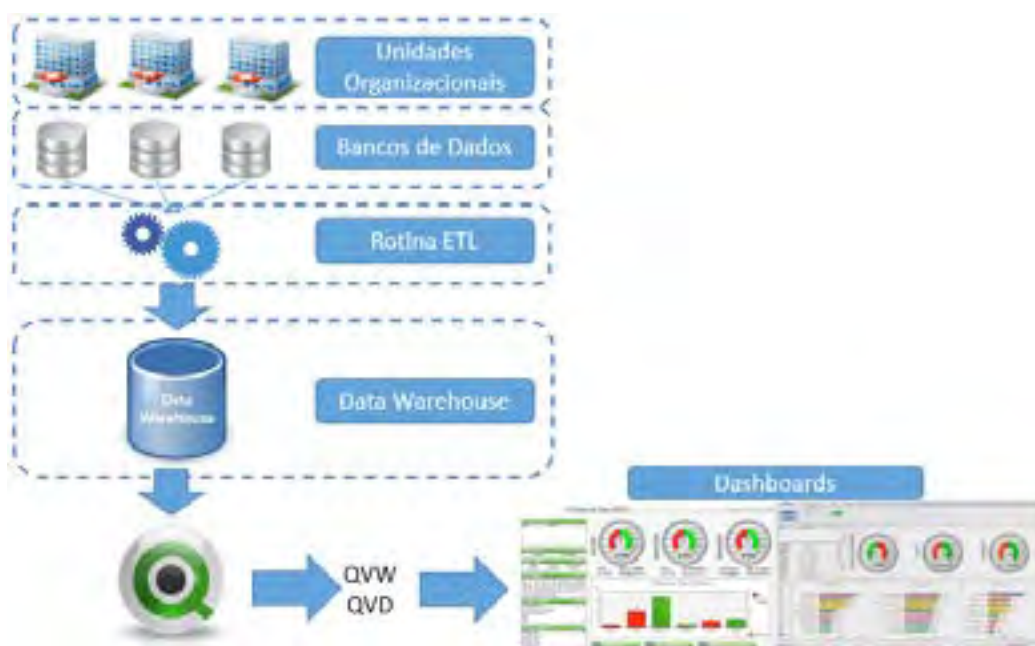


Figura 1 - Arquitetura da solução

Para a produção das análises, a ferramenta QlikView foi utilizada, a qual se utiliza de arquivos nos formatos QVD e QVW para a representação da estrutura interna das análises e dos próprios *dashboards*. Esta ferramenta ainda permite atualização diária das análises e a apresentação destas informações através de uma interface web.

Após as visitas in loco e análises dos relatórios gerenciais gerados a partir do BI, identificou-se divergência significativa no estoque real em comparação com as movimentações registradas no sistema de informação hospitalar; melhorias a serem aplicadas à gestão dos materiais e medicamentos (MATMEDs), de alto custo e dos materiais de alto consumo; melhorias no controle da devolução de MATMEDs não utilizados pelo paciente; melhorias no acompanhamento das perdas de MATMED, podendo ser a mesma por quebra, validade ou obsolescência do item; e alto índice de ajuste de estoque pela falta dos inventários rotativos. A Tabela 1 resume os problemas identificados e as melhorias aplicadas para alcançar resultados positivos. Algumas características do JIT¹² também são mencionadas, pois influenciam diretamente no resultado final.

Tabela 1- Relação de problemas X melhorias

Problemas	Melhorias no processo	Detalhes
1,2% perdas do estoque ao mês	Rastreamento dos itens através do uso de código de barras em todo o seu ciclo de vida na instituição ¹³	O uso de código de barras evita possíveis erros de digitação e garante a validação de informações de lote e validade, permitindo que o item seja rastreado para identificação do seu uso no paciente ou registro de perda.
	Realização de inventários rotativos diários	A contagem dos itens das curvas A e criticidade Z diariamente agiliza a identificação das causas das divergências entre estoque físico e virtual (registrado no sistema).
	Separação dos MATMEDs da curva A com acesso restrito e maior controle sobre o consumo diário dos itens Z;	Por serem itens de alto custo, os MATMED da curva A foram condicionados em espaços com acesso restrito e monitoramento eletrônico. O controle passou a ser feito também pelos inventários rotativos.
	Acompanhamento diário e semanal do controle de estoque e compras	Esta ação, assim como os inventários rotativos, visa identificar mais rapidamente as causas das perdas dos itens.
	Criação da rede de comunicação entre hospitais	A aproximação das instituições hospitalares permite que haja empréstimos e trocas de MATMED para suprir possíveis faltas em fornecedores e reduzir as perdas por validade ou obsolescência.
20% do estoque composto por itens a serem consumidos após 60 dias	Ampliação da farmácia clínica;	Farmacêuticos passaram a ter papel fundamental no acompanhamento das prescrições médicas discutindo com a equipe multidisciplinar os itens prescritos.
	Redução do tempo do aprazamento eletrônico para 12 horas (antes 24 horas);	Esta ação reduz o número de itens que são entregues ao paciente e aumenta a gestão do estoque nas farmácias satélites, uma vez que a maior parte dos itens estarão no estoque e não mais no leito do paciente. Assim, é possível identificar previamente possíveis faltas.
	Realização de inventários rotativos diários	A contagem diária de itens permite o maior alinhamento do estoque com as reais necessidades do HS. O HS deixa de realizar pedidos de compra de itens não utilizados.
	Acompanhamento diário e semanal do controle de estoque e compras	É necessário que os itens em excesso sejam acompanhados para que se evite perdas por validade e obsolescência.
	Criação da rede de comunicação entre hospitais	A aproximação das instituições hospitalares permite que haja empréstimos e trocas de MATMED para suprir possíveis faltas em fornecedores e reduzir a perda por validade ou obsolescência.
Excesso de pedido urgente	Ampliação da farmácia clínica	Farmacêuticos passaram a ter papel fundamental no acompanhamento das prescrições médicas, discutindo com a equipe multidisciplinar os itens prescritos. Assim houve o alinhamento do estoque com as necessidades do HS.
	Envolvimento do corpo clínico na comissão de medicamentos	O corpo clínico passou a ter papel fundamental na comissão de medicamentos, sugerindo adequações nas definições de MATDMED e disseminando no HS a padronização para a devida assistência ao paciente e sustentabilidade organizacional.
	Realização de inventários rotativos diários	A identificação de MATMED com estoque reduzido contribuiu para a solicitação de compra mais rápida sem necessidade de pedidos urgentes.
	Acompanhamento diário e semanal do controle de estoque e compras	Assim como o inventário rotativo, contribuiu para a programação de compras.
	Avaliação formal dos fornecedores	A avaliação dos fornecedores foi fundamental para a escolha destes e permitiu a criação de uma relação de confiança comercial e atendimento de demandas específicas

Resultados

Com estas ações, o Hospital do Subúrbio passou a ter maior controle do estoque, evitando que os medicamentos fossem utilizados de forma incorreta e reduzindo o nível de perda. Também foi possível melhorar a distribuição destes itens nos diversos setores do hospital. Como desvantagem, este processo aumenta o trabalho da equipe operacional das farmácias satélites que precisam retirar itens do estoque mais vezes durante o dia, porém esta desvantagem é compensada pelo maior controle dos materiais.

Em relação aos pedidos de compra urgentes, a Figura 2 - Análise de pedidos urgentes. (Fonte BI HS) demonstra no bloco “Quantidade de pedidos urgentes” a redução gradual ao longo dos meses, o qual se intensificou no final do ano de 2015. O que demonstra que o hospital passou a gerenciar melhor seu estoque, identificando previamente a necessidade de determinado item.



Figura 2 - Análise de pedidos urgentes. (Fonte BI HS)

Ainda analisando os motivos de pedidos urgentes, verifica-se que diversos motivos deixaram de ser relacionados em 2016, conforme apresentado nas Figuras 2 e 3. Com a melhor padronização dos itens, a suspensão de itens ou lote deixou de ter representatividade, uma vez que o hospital passou a adquirir produtos com maior disponibilidade no mercado e com fornecedores melhor selecionados.

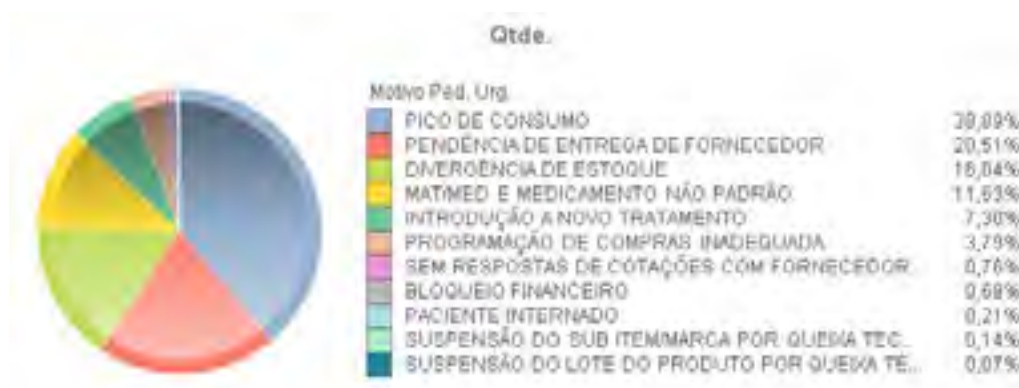


Figura 3 - Pedidos urgentes 2015 (Fonte BI HS)



Figura 4 - Pedidos urgentes 2016. (Fonte BI HS)

Já considerando a análise de perdas no ano de 2015 (Figura 5), as perdas ultrapassaram a meta estabelecida em todos os meses. Porém no ano 2016 (Figura 6) é clara a tendência de redução de perdas, a qual se aproxima da meta no mês de março. A análise financeira das perdas ainda demonstra que as perdas nos três meses de 2016 são equivalentes a apenas 15% das perdas do mesmo período de 2015.

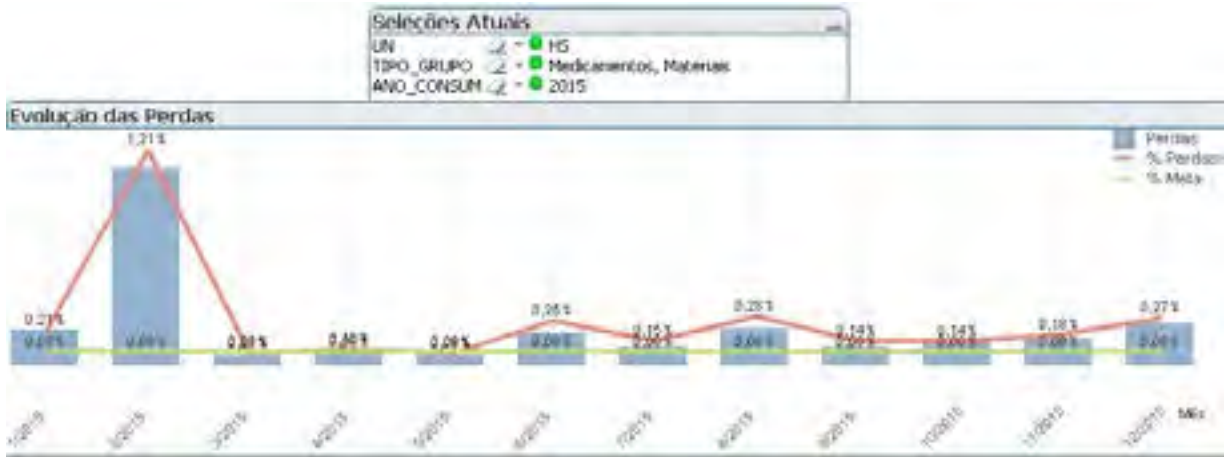


Figura 5 - Evolução das perdas no ano 2015. (Fonte BI HS)



Figura 6 - Evolução das perdas no ano 2016. (Fonte BI HS)

Após toda a análise ter sido executada e todas as modificações terem sido feitas não foi possível perceber uma redução significativa no volume do estoque, porém isso não significa que não houve melhorias.

A divisão do ambiente de trabalho em células de trabalho e a divisão de tarefas rotativas entre os membros da equipe permitiu à equipe do almoxarifado melhor se organizar no recebimento e dispensação dos materiais. Uma estrutura com divisórias foi criada para dividir a equipe do setor em unidades operacionais. Uma para recebimento de materiais, outra célula para organização dos materiais no estoque e preparação dos materiais para saída, outra responsável pela gestão de órteses, próteses e materiais especiais e outra célula composta pela equipe gerencial e farmacêutico. Materiais de alto custo e alto risco passaram também a ser controlados em outro ambiente com equipe específica.

O Hospital decidiu também por ampliar a atuação da farmácia clínica. Este grupo, composto por farmacêuticos, ficou responsável pelo acompanhamento dos medicamentos nas unidades de assistência.

Conclusão

O uso de técnicas e tecnologias da área de tecnologia da informação é importante fator no gerenciamento das organizações, visto que são capazes de fornecer a visão holística e mensurada dos processos das empresas. O Hospital do Subúrbio se beneficiou da utilização destas ferramentas para otimizar seus processos e melhorar o gerenciamento do estoque, adequando assim, os itens componentes do estoque com o perfil epidemiológico dos pacientes que são atendidos. Conceitos e aplicações de BPM e BI utilizados foram importantes para a mudança da cultura organizacional e facilitaram o alcance dos princípios JIT. Claro que o estoque zero preconizado no JIT não foi o objetivo deste trabalho, mas sim a redução do estoque e a ampliação da relação com os fornecedores, o que interfere diretamente no volume do estoque.

Por se tratar de um sistema ativo, o JIT não trabalha com níveis aceitáveis de estoque, sendo assim, a equipe do HS, tem se beneficiado das características desta abordagem, a qual casou com o programa de qualidade preconizado pela instituição.

Apesar de não ter sido reduzido o valor financeiro do estoque, houve a redução das compras de urgência, das perdas e também do volume de estoque excedente. Assim, fica claro que, o Hospital do Subúrbio está adequando seu estoque às suas necessidades. Além disso, os funcionários passaram a revezar os papéis que assumem para que possam compreender toda a logística dos suprimentos e corrigir os problemas o quanto antes.

Como trabalho futuro, há a necessidade de ampliar a aplicação do JIT em toda cadeia de suprimentos envolvendo e comprometendo cada vez mais os fornecedores no atendimento adequado e no prazo. Também há a necessidade de se modelar uma metodologia de gestão de estoque mais direcionada para a área hospitalar que entenda todas as suas particularidades.

Agradecimentos

Agradeço inicialmente a Jorge Oliveira, Dra. Lícia Cavalcante e a Dr. Jorge Motta, respectivamente diretor presidente, diretora geral e diretor técnico do Hospital do Subúrbio por autorizarem a elaboração deste trabalho.

A elaboração deste trabalho contou ainda com o apoio de Ana Oliveira, gerente corporativa de suprimentos do Grupo Promédica e Márcia Sandes, coordenadora de suprimentos do Hospital do Subúrbio, as quais contribuíram com o levantamento e análise dos dados, além de fornecerem todo o auxílio no entendimento dos processos relacionados à gestão de suprimentos.

Referências

- [1] Chiavenato, I. Planejamento e controle da produção. 2ª. ed. Barueri, SP: Manole, 2008.
- [2] De Vries, J. The shaping of inventory systems in health services: A stakeholder analysis. *International Journal of Production Economics*, v. 133, n. 1, p. 60-69, Setembro 2011.
- [3] Rios, F. P. Práticas de gestão de estoques em hospitais: Um estudo de casos em unidades do Rio de Janeiro e de São Paulo. Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ. Rio de Janeiro, p. 158. 2011.
- [4] Gestão em logística [livro eletrônico]. Curitiba, PR: Intersaberes, 2014.
- [5] Neves, M. A. O. Inventário Rotativo: Importante ferramenta para obter alta acuracidade em estoques. *Revista Mundo Logística*, Maringá - PR, n. 9 Ano II, p. 72-76, Março-Abril 2009. Disponível em: <<http://www.revistamundologistica.com.br/assina/InventarioRotativo.pdf>>. Acesso em: 10 Abril 2016.
- [6] Maehler, A. E.; Ceretta, P. S.; Cassanego Jr, P. Aplicação do método de criticidade de materiais em estoques hospitalares. XXIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Florianópolis, SC, Novembro 2004. Disponível em: <<http://www.abepro.org.br/>>. Acesso em: 03 Janeiro 2016.
- [7] Dias, M. A. P. Administração de Materiais: Princípios, conceitos e gestão. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2010.
- [8] ABPMP. Guia para o Gerenciamento de Processos de Negócio Corpo Comum de Conhecimento (BPM CBOK®). 2.0. ed. [S.l.]: ABPMP: Association of Business Process Management Professionals, 2009.
- [9] OMG, O. M. G. Business Process Model and Notation (BPMN). Object Management Group - OMG. [S.l.], p. 532. 2013.
- [10] Loh, S. BI na Era do Big Data para Cientistas de Dados: indo além de cubos e dashboards na busca pelos porquês, explicações e padrões. 1ª. ed. Porto Alegre: [s.n.], 2014. 158 p.
- [11] Gartner, 2015. Disponível em: <<http://www.gartner.com/>>. Acesso em: 25 Dezembro 2015.
- [12] Arnold, J. R. T. Administração de Materiais: uma introdução. 1ª. ed. São Paulo: Atlas, 2009.
- [13] Shen, C.-W. et al. Data Mining the Data Processing Technologies for Inventory Management. *JOURNAL OF COMPUTERS*, v. 6, n. 4, p. 784-791, Abril 2011.

Contato

Autor: José Carlos Couto Souza Júnior
Endereço: Rua Canudos, n 100. Edf Jumbo, ap
602. CEP 41.502-355. Jardim das Margaridas.
Salvador-BA.
Telefone: (71) 99227-5108
E-mail: josecouthunior@gmail.com

AVALIAÇÃO DE SINGLE-BOARD COMPUTERS COMO ESTAÇÕES DE TELEMEDICINA E TELESSAÚDE

EVALUATION OF SINGLE-BOARD COMPUTERS AS TELEMEDICINE AND TELEHEALTH STATIONS

Vinícius Andreóli Petrolini^{1,2}, Eduardo Beckhauser^{1,2}, Alexandre Savaris^{1,2}, João Marcus Alves^{1,2}, Aldo von Wangenheim^{1,2}

¹Departamento de Informática e Estatística, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil

²Laboratório de Telemedicina – Grupo Cyclops/INCoD

Resumo: Telemedicina e Telessaúde são disciplinas dedicadas a prover cuidados com saúde e uma conscientização sobre esses cuidados quando distância é um problema. Atualmente, Estações de Telemedicina e Telessaúde (ETTs) são utilizadas para prover a médicos e educadores ferramentas que concentram e integram diferentes tecnologias. A fim de suportar cenários envolvendo características relacionadas a teleconsultorias e tele-educação, as ETTs adotar plataformas de *hardware* robustas o bastante para alcançar os mínimos requerimentos enquanto provêm o determinado serviço de forma contínua e deliberada. Normalmente criada para ser executada em laptops, é possível que as ETTs sejam reorganizadas para utilizar Single-Board Computers (SBCs) como uma solução portátil e com custos mais baixos. Objetivando avaliar essa possibilidade, este trabalho apresenta um estudo de performance de cinco dos mais populares SBCs disponíveis no mercado brasileiro. Usando análise descritiva, concluiu-se que o Android TV Box foi a melhor opção a ser adotada, considerando seus resultados referentes a uso de CPU, memória e atraso de vídeo.

Palavras-chave: telemedicina, telessaúde, computadores.

Abstract: *Telemedicine and Telehealth are disciplines dedicated to provide health care and health care education when distance is an issue. Nowadays, Telemedicine and Telehealth Stations (TTSs) are used to provide physicians and educators tools that concentrate and integrate different technologies. To support scenarios involving features related to teleconsultation and tele-education, TTSs must consider the adoption of hardware platforms robust enough to reach minimal requirements while providing service deliverability and continuity. Despite being usually built for execution on laptops, it is possible that TTSs be reorganized to use Single-Board Computers (SBCs) as a most portable- and cost-effective solution. Aiming to evaluate such possibility, this work presents a performance study of five of the most popular SBCs available on the Brazilian market. Using descriptive statistics, we concluded that the Android TV Box SBC is the best option to be adopted, considering its results regarding CPU consumption, memory utilization, and video delay.*

Keywords: *telemedicine, telehealth, computer.*

Introdução

Assim como na crise imobiliária que assombrou os Estados Unidos da América no ano de 2007, um evento de força similar pode estar a caminho de atingir a área da saúde. Ao longo destes últimos anos, o aumento nos custos desta área vem contribuindo para um possível colapso na educação em saúde; por sorte, melhorias nas Tecnologias de Informação (TIs) estão auxiliando diversas áreas da medicina¹.

Mesmo existindo alguns problemas com relação à diminuição da relação interpessoal existente entre médicos e pacientes, a telemedicina (uma das áreas de aplicação destas TIs) apresenta benefícios substanciais, seja pela maior oferta de profissionais de educação melhor qualificados, seja por um maior acesso à informação, redução de custos na saúde, ou ainda um melhor controle de qualidade dos programas de saúde². Por definição, telemedicina é um campo que se utiliza de tecnologias de informação e telecomunicação para fornecer serviços de cuidados em saúde à distância³, incorporando modalidades como telediagnóstico, atendimento remoto a recém-nascidos, teleconsultorias e educação continuada para profissionais da saúde⁴.

Um exemplo existente de aplicação bem sucedida de telemedicina é o Sistema Catarinense Integrado de Telemedicina e Telessaúde (STT/SC). O STT/SC cobre uma ampla variedade de modalidades de exame, tais como dermatologia, análises clínicas (como HIV e hepatite) e exames de alta complexidade (como Ressonância Magnética -- MRI, Raio-X e TC -- Tomografia Computadorizada). Além disso, o STT/SC disponibiliza serviços de educação para profissionais da saúde e de suporte⁵. Presente desde 2005 em todos os municípios de Santa Catarina, o STT/SC é utilizado por centenas de usuários incluindo médicos, enfermeiros, agentes comunitários de saúde e bioquímicos. Até o fim de 2015, o sistema gerenciou mais de quatro milhões e meio de exames de diversas especialidades⁶.

Com o objetivo de simplificar e diminuir os custos do STT/SC, a Secretaria de Saúde do Estado de Santa Catarina (SES/SC), juntamente com o Laboratório de Telemedicina (LabTelemed) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), está propondo o desenvolvimento de uma Estação de Telemedicina e Telessaúde (ETT) a fim de criar uma estação de trabalho *multimodal*, síncrona e assíncrona capaz de ofertar um conjunto de funcionalidades presentes no STT/SC. Dentro do contexto que envolve o STT/SC, uma ETT busca facilitar o acesso aos diversos serviços já disponíveis em aplicativos móveis (acessíveis via *smartphones* e *tablets*) ou via interface *web*, incluindo teleconsultorias, telediagnósticos e webconferências⁶. Para atender aos diversos serviços que o STT/SC oferece, a ETT necessita de robustez suficiente para realizar o processamento digital de imagens e *streamings* de áudio e vídeo (principalmente nas webconferências, funcionalidade do sistema na qual um bom desempenho do *hardware* é essencial); além disso, a ETT deve ter um custo-benefício satisfatório, já que o custo de instalação e manutenção deve ser compatível com o orçamento de diversos municípios. Neste cenário, *Single-Board Computers* (SBCs) -- computadores pequenos e completos -- são considerados como uma boa opção para atender tanto à robustez quanto o baixo-custo.

Este artigo propõe um estudo de caso para avaliar cinco SBCs comumente encontrados no mercado com o objetivo de identificar qual deles é o melhor candidato para ser utilizado como base da ETT. Os experimentos realizados visam avaliar cada SBC em termos de consumo de CPU, utilização de memória e atraso de vídeo durante o recebimento de um *stream* (simulando uma webconferência). Para tanto, o trabalho está organizado da seguinte forma: a seção 2 conceitualiza SBCs, telemedicina e telessaúde; a seção 3 descreve como a pesquisa foi realizada, seguida da seção 4 onde são apresentados os testes realizados, os resultados obtidos e a análise dos dados. Por fim, a seção 5 discute os resultados, explanando as conclusões dos autores e elencando trabalhos futuros.

Fundamentação Teórica

Single-Board Computer

Um *Single-Board Computer* (SBC) é um microcomputador construído sobre uma placa única, possuindo um microprocessador, memória de acesso randômico (RAM) e suporte para dispositivos de entrada/saída⁷. A simplicidade de sua arquitetura contribui para um baixo consumo de energia, boa performance de CPU (*Central Processing Unit*), possuindo tamanho diminuto (algo próximo ao de um cartão de crédito⁸). Atualmente, os SBCs têm sido utilizados em diversos ramos como o de instrumentação médica,

computação embarcada e indústria automobilística. Seu tamanho e custo reduzido são as principais vantagens para utilizá-los quando comparados aos tradicionais computadores do tipo *desktop*⁹.

Os cinco SBCs candidatos a serem base para a ETT são: Raspberry Pi 2, Raspberry Pi B, BeagleBone Black, Banana Pi e Android TV Box, sendo o mais antigo o Raspberry Pi B, disponível desde outubro de 2012.

Estação de Telemedicina e Telessaúde

Uma Estação de Telemedicina e Telessaúde (ETT) é uma estação de trabalho que deve integrar diferentes modalidades de serviço oferecidas tanto pelo sistema de telemedicina quanto pelo sistema de telessaúde¹⁰. Um exemplo é o projeto EU-TeleInViVo¹¹ -- um sistema desenvolvido para monitoramento remoto de pacientes. ETTs também são um meio efetivo de disseminação de serviços de telemedicina e telessaúde¹².

A criação e desenvolvimento de uma ETT é motivada pela necessidade de uma fácil instalação, rápida realocação física (quando necessário) e redução de custos. Além do baixo custo, estes dispositivos possuem um número limitado de recursos de conectividade física (como portas USB), simplificando a configuração e operação da estação (por exemplo, a seleção de dispositivos de entrada/saída de áudio e vídeo).

STT/SC

O Sistema Catarinense Integrado de Telemedicina e Telessaúde (STT/SC) é um conjunto de serviços, sistemas de informação e módulos que disponibilizam o acesso a diversas funcionalidades na área de saúde e educação continuada de profissionais da área médica. Este sistema engloba telemedicina e telessaúde, estando os dois disponíveis como aplicações web e para dispositivos móveis^{6,13}. O STT/SC inclui ainda o Sistema de Informação Laboratorial (SIL) usado pelo Laboratório Central de Saúde Pública do Estado de Santa Catarina (LACEN/SC)¹⁴.

Metodologia de Pesquisa

A fim de obter a melhor escolha dentre os SBCs disponíveis, focando no suporte a rotinas de webconferência, foi adotado o estudo de caso. A tabela 1 caracteriza os SBCs utilizados nesse estudo com foco em suas especificações de *hardware*.

Tabela 1 - Especificações de Single-Board Computers.

SBC	CPU	GPU	RAM
Raspberry Pi 2	ARM Cortex-A7 900Mhz (Quad-core)	Broadcom VideCore IV	1GB
Raspberry Pi B	ARM 11 700Mhz (Single-core)	Broadcom VideCore IV	512MB
BeagleBone Black	ARM Cortex-A8 1Ghz (Single-core)	PowerVR SGX530	512MB
Banana Pi	ARM Cortex-A7 1Ghz (Dual-core)	Mali-400MP2	1GB
Android TV Box	Cortex-A9 1,6Ghz (Quad-core)	4x Mali-400M	2GB

Foram coletadas três métricas para avaliação: porcentagem de utilização de CPU, memória e atraso de transmissão de vídeo (em ms). Usando a metodologia de estudo de caso definida por ¹⁵, as seções 3.1.1 e 3.1.2 apresentam a definição e considerações detalhadas para a execução desta abordagem metodológica. A seção 4 lista os resultados obtidos e apresenta a análise dos dados, seguida pela discussão na seção 5.

Definição do Estudo de Caso

O objetivo deste estudo é avaliar, dentre as cinco opções disponíveis, qual *single-board computer* é mais adequado para a transmissão de webconferências presenciadas por profissionais de saúde tais como agentes comunitários, enfermeiras e convidados no âmbito das variáveis deste estudo, ou seja, na utilização de CPU, memória e atraso de vídeo.

Execução do Estudo de Caso

Para reunir dados referentes ao consumo de CPU e memória, cada SBC foi conectado à internet cabeada com 100Mb de banda. Foi utilizada, então, uma ferramenta chamada Wondershaper® a fim de limitar a largura de banda para quatro diferentes tipos de conexão: 10Mb, 5Mb, 2Mb e 1Mb. Essa ferramenta foi utilizada com os primeiros quatro SBCs; no caso do Android TV Box, o mesmo foi feito através da limitação da largura de banda diretamente no envio de sinal, devido a não disponibilidade da ferramenta para o sistema Android. As larguras de banda utilizadas foram escolhidas com base no que é mais comumente provido pelas operadoras do estado de Santa Catarina a fim de representar com maior fidelidade o cenário presente desde pequenos centros de saúde até grandes hospitais. A figura 1 mostra dois cenários para coleta de dados: o primeiro (cenário 1) tem a função de explicar como ocorre o recolhimento de dados relacionados a métricas de utilização de memória e CPU, enquanto que o segundo (cenário 2) mostra como são coletados os dados de atraso de vídeo. Os experimentos relacionados ao cenário 1 foram repetidos 20 vezes -- quatro vezes para cada SBC testado, abrangendo as quatro larguras de banda diferentes, enquanto que os experimentos relacionados ao cenário 2 foram repetidos três vezes (com uma média final para cada SBC).

Na figura 1, cenário 1, um computador pessoal -- equipado com um processador Intel Core i5 de 2,8Ghz (Octa-core), 8GB de memória RAM e uma placa de vídeo Nvidia Geforce 210 -- foi conectado a um servidor *WebRTC* (1), também conectado ao SBC (2). O computador pessoal transmite, então, um vídeo de 45 minutos (tempo estimado de uma webconferência), enquanto que o SBC transmite o vídeo capturado pela *webcam* (3). Além disso, a ferramenta *web Initial State*® coleta dados dos SBCs com respeito ao consumo de memória e CPU (4).

O segundo cenário adapta uma abordagem definida em ¹⁶ para o cálculo de atraso de vídeo. Ela consiste em duas câmeras conectadas a um computador pessoal (*desktop*), sendo que uma delas está apontada para uma parede (câmera 1) e a outra está apontada para o monitor conectado ao SBC (câmera 2). A *webcam* conectada ao SBC está apontada para a parede, da mesma forma que a câmera 1. Para medir o atraso de vídeo, uma bola foi solta rente à parede em frente à câmera 1 e à *webcam* do SBC. O vídeo enviado ao SBC (1) é mostrado no monitor, cuja imagem é transmitida pela câmera 2. Com isso, o computador pessoal grava o *streaming* de vídeo transmitido por (2) e o atraso em vídeo visualizado no monitor do SBC, transmitido por (3). A análise dos vídeos gravados pelo computador pessoal, quadro a quadro até que a bola atinja o solo, nos habilita calcular o atraso em milissegundos do vídeo gravado para cada SBC. Enquanto alguns atrasos são esperados devido ao tempo requerido para gravação, processamento e visualização das imagens no monitor, o SBC mais rápido terá a menor diferença de quadros entre os *streams* adquiridos pelas câmeras 1 e 2.

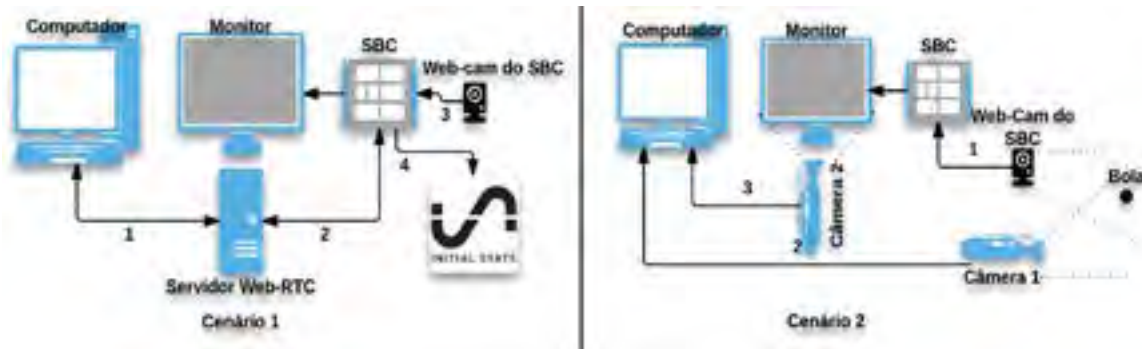


Figura 1 - Cenários de teste de performance e atraso

Resultados e Análise de Dados

Dados oriundos da utilização de CPU e memória (colhidos durante os testes de desempenho de acordo com o cenário 1 descrito na figura 1) são apresentados em formato de *panel box*. Esses gráficos mostram a porcentagem de utilização de memória (abaixo) e de CPU (acima). No caso do Android TV Box, o consumo de memória é descrito na cor azul, enquanto que a utilização de CPU é descrita na cor cinza.

Cada *plot* representa o valor máximo (o limite superior), o valor mínimo (o limite inferior) e a caixa entre essas linhas representa a variabilidade dos dados (uma caixa maior significa maior variabilidade; uma caixa menor, uma menor variabilidade). Dentro de cada caixa há uma linha horizontal que representa a mediana (o valor central das amostras): quando mais próxima essa linha estiver do centro vertical da caixa, maior é essa distribuição. O tamanho das amostras de dados é disponibilizado acima do *label* de cada SBC. A última informação apresentada nos gráficos são *outliers*: círculos ao longo do eixo vertical em cada SBC representando valores discrepantes em relação ao todo.

Os próximos dois gráficos (figura 2) requerem atenção devido à não conclusão dos testes de *performance* por parte do Banana Pi, dados problemas técnicos (superaquecimento), implicando que o mesmo seja representado por uma caixa vermelha (CPU) e rosa (memória) a fim de alertar o leitor que seus dados devem ser analisados cuidadosamente (evento ocorrido em ambas conexões). Essa interrupção por si pode ter afetado a variabilidade em seu consumo de memória. Fora isso, o uso de memória e CPU permanece o mesmo. A variabilidade e o número de *outliers* no consumo de CPU do Raspberry Pi aumentou, mas seu mínimo chegou a menos de 50% de utilização. O comportamento dos outros SBCs é similar no que diz respeito à banda de 2Mb.

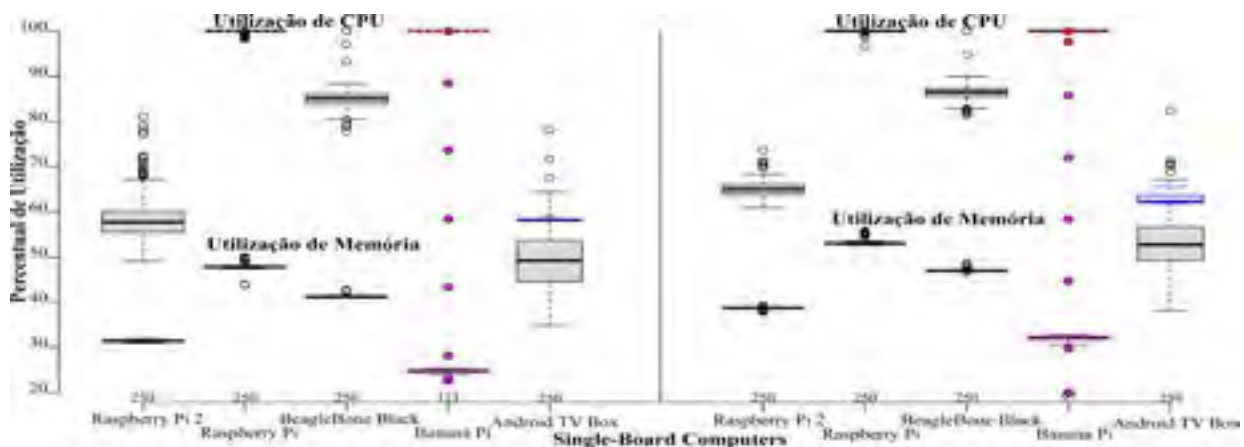


Figura 2 – Utilização de memória de CPU (velocidade de 1 e 2 Megabits)

Por sua vez, os gráficos da figura 3 mostram a porcentagem de utilização de memória e CPU dos SBCs para ambas conexões de 5Mb e 10Mb. Na largura de banda de 5Mb, o Android TV Box mostrou o menor consumo de CPU, seguido pelo Raspberry Pi 2. Tanto o BeagleBone Black quanto o Banana Pi tiveram um comportamento bem semelhante, com uma quantia considerável de *outliers*. Em termos de utilização de memória, o Banana Pi foi o que teve a menor utilização dentre os SBCs. Ambos BeagleBone Black e Raspberry Pi B obtiveram taxas semelhantes no que diz respeito à utilização de memória, e o Android TV Box obteve o maior índice de utilização. O gráfico correspondente à conexão de 10Mb mostra uma semelhança com a conexão de 5Mb, retirando o fato de que houve um número reduzido de *outliers* e tanto BeagleBone Black como Android TV Box utilizaram uma pequena fração à mais de memória.

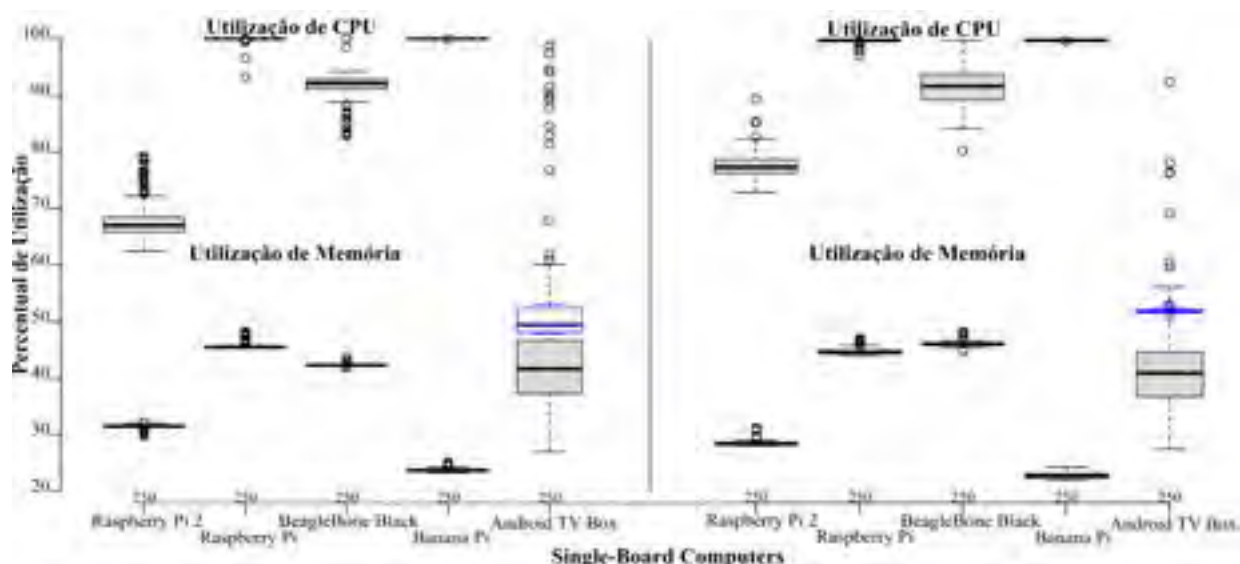


Figura 3 - Utilização de memória de CPU (velocidade de 5 e 10 Megabits)

O Android TV Box teve uma utilização de 44,41% em termos de CPU e 54,22% em memória. O Raspberry Pi 2 teve uma utilização de CPU de 66,26% e um consumo de memória de 30,45%. Seu precursor, chamado Raspberry Pi B, apresentou um consumo de CPU de 99,87% e um consumo de memória de 45,50%. O BeagleBone Black teve o terceiro melhor consumo médio de CPU (88,41%), mas o terceiro pior em questão de utilização de memória (42,62%). Por sua vez, o SBC com a configuração mais similar em relação ao Raspberry Pi 2, o Banana Pi, apresentou o pior índice de utilização de CPU: 99,98%; por outro lado, este SBC conseguiu o melhor índice de utilização de memória dentre todos os SBCs, com uma média de 24,56%.

Os resultados adquiridos para a última métrica (atraso de vídeo), obtidos através do cenário 2 descrito na figura 1, são apresentados na tabela 2. Após três repetições, o Android TV Box obteve o menor atraso dentre os SBCs.

Tabela 2 - Atraso de vídeo em (ms).

Teste	Raspberry Pi 2	Raspberry Pi	BeagleBone Black	Banana Pi	Android TV Box
1	125	250	208	250	83
2	83	208	250	291	83
3	125	250	250	208	125
Média	111	222	236	250	97

Discussões e Conclusões

Analisando os resultados adquiridos, foi verificado que o Android TV Box utilizou a menor fração de CPU, com uma média de utilização abaixo de 50%; esse comportamento é atribuído ao processador *quad-core* utilizado por este SBC, maior quantidade de memória e melhor GPU em comparação aos outros SBCs testados.

O Raspberry Pi 2 teve a segunda posição em consumo de CPU. Mesmo que não tão poderoso quanto o Android TV Box, seu processador *quad-core* fez a diferença em relação aos demais SBCs na execução de tarefas. O BeagleBone Black teve a terceira posição em consumo de CPU onde, mesmo com o fato de ter um processador *single-core*, concluímos que seu Sistema Operacional fez a diferença: o BeagleBone Black tem um SO pré-instalado otimizado para sua arquitetura de *hardware*, requerendo menos recursos para a conclusão de tarefas.

Surpreendentemente, o Banana Pi e o Raspberry Pi B tiveram índices de utilização de CPU similares. Apesar do fato de que o Banana Pi possui um processador *dual-core* de 1Ghz, sua utilização média de CPU obteve um resultado pior do que os do Raspberry Pi B, que possui um processador *single-core* de 700Mhz.

Quando analisado consumo de memória, os resultados podem ser divididos em dois grupos: um incluindo o Banana Pi e o Raspberry Pi 2 e outro para o BeagleBone Black e o Raspberry Pi B. Cada grupo consumiu uma carga similar de memória, o que era esperado já que o Raspberry Pi 2 e o Banana Pi possuem 1GB de memória RAM e o Raspberry Pi B e o BeagleBone Black possuem 512MB. No primeiro grupo, o Raspberry Pi 2 usou mais memória do que o Banana Pi -- provavelmente porque o Raspberry Pi 2 é relativamente novo no mercado e não é inteiramente otimizado em termos de integração *hardware-software*. No caso do Android TV Box, o mesmo obteve um consumo de memória maior do que os demais considerando a utilização do Sistema Operacional Android (que por si requer uma quantidade maior de memória).

De acordo com a tabela 2, o Android TV Box obteve a melhor média dentre os cinco SBCs testados, com uma performance somente comparável ao Raspberry Pi 2 e muito melhor que qualquer outro SBC.

Com base na análise dos resultados, conclui-se primeiramente que um SBC pode ser usado para suportar uma ETT no que diz respeito a webconferências. Dentro do conjunto dos SBCs avaliados nesse trabalho, quatro apresentaram um comportamento satisfatório, sendo o Android TV Box o melhor em termos de performance considerando utilização de CPU, memória e atraso de vídeo. Sendo um SBC com sistema operacional conhecido e poderoso, o mesmo é um forte candidato a ser adotado como base para a construção da estação proposta, fortificando a ideia da utilização de componentes de *hardware* portáteis e de baixo custo. No cenário proposto, o Banana Pi não atendeu à carga de trabalho deste estudo, apesar da sua configuração atual; logo, percebe-se a necessidade de uma análise detalhada para melhorar a qualidade de ETTs e reduzir riscos durante o projeto.

Há ainda uma boa demanda de trabalho a ser realizado no campo de estudo, relacionado especialmente à construção da Estação de Telemedicina e Telessaúde em si. Uma vez que esta estação esteja pronta, a mesma deve ser validada em um cenário envolvendo usuários reais em sua rotina diária. Mais adiante, mesmo que o Banana Pi não seja considerado um candidato a suportar a estação, o mesmo demanda um estudo mais profundo para verificar as possíveis causas de seu superaquecimento e de sua baixa performance comparada com os demais SBCs com uma configuração mais simples.

Ameaças e Validação

Com respeito à validade de construção, tentamos contornar os vieses considerando três diferentes métricas e utilizando dois diferentes cenários de teste.

Tentando eliminar as ameaças referentes à validade interna, apesar do uso de um ambiente de testes controlado, os mesmos foram realizados o mais próximo possível de um cenário real, utilizando múltiplas velocidades de conexão com *webcams* comuns e outros periféricos. Além disso, os dados referentes ao consumo de memória e CPU do Banana Pi podem ser tratados como assunto de viés de sobrevivência, já que o mesmo obteve falha na tentativa de concluir os experimentos para conexões de 1Mb e 2Mb. Todavia, os testes feitos com as demais velocidades de conexão mitigaram essa ameaça.

Para evitar o viés de seleção, este trabalho considera o máximo de SBCs possível, apesar do fato de que restrições orçamentárias limitaram a compra de outros SBCs menos utilizados no mercado, implicando numa validade interna limitada.

Por fim, foram utilizados *softwares* de terceiros, não se podendo garantir que os mesmos tenham a precisão requerida para os testes. Para transpassar essa eventualidade, as aplicações utilizadas são de fontes reconhecidas e bem avaliadas, como o *Wondershaper* e o *InitialState*, objetivando diminuir o risco de falhas e imprecisões.

Agradecimentos

Este trabalho teve o apoio da Secretaria de Estado da Saúde de Santa Catarina - SES/SC, do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq e da Fundação de Amparo à Pesquisa de Santa Catarina – FAPESC.

Referências

- [1] Shortliffe EH, Cimino JJ. Biomedical informatics: computer applications in health care and biomedicine. Springer Science & Business Media; 2013.
- [2] Hjelm N. Benefits and drawbacks of telemedicine. J TELEMED TELECare. 2005;11(2):60–70.
- [3] Daniel H, Sulmasy LS. Policy recommendations to guide the use of telemedicine in primary care settings: An American College of Physicians position paper. ANN INTERN MED. 2015;163(10):787–789.
- [4] Currell R, Urquhart C, Wainwright P, Lewis R. Telemedicine versus face to face patient care: effects on professional practice and health care outcomes. Cochrane Database Syst Rev. 2000;2(2).
- [5] von Wangenheim A, de Souza Nobre LF, Tognoli H, Nassar SM, Ho K. User satisfaction with asynchronous telemedicine: A study of users of Santa Catarina's system of telemedicine and telehealth. Telemedicine and e-Health. 2012;18(5):339–346.
- [6] Nobre LF, von Wangenheim A. Development and Implementation of a Statewide Telemedicine/Telehealth System in the State of Santa Catarina, Brazil. In: Ho K, JarvisSelinger S, Novak Lauscher H, Cordeiro J, Scott R, editors. Technology Enabled Knowledge Translation for eHealth. Healthcare Delivery in the Information Age. Springer New York; 2012. p. 379–400.
- [7] Mobley J, Cullum, B. M., Wintenberg, A. L., Frank, S. S., Maples, R. A., Stokes, D. L., & Vo-Dinh, T. Single-board computer based control system for a portable Raman device with integrated chemical identification. Review of scientific instruments. 2004;75(6):2016–2023.
- [8] Cheng Y, Lee D, Liao C, Huang C, Hsu K. Embedded Environment with Epics Support for Control Applications. 2015.
- [9] Alee N, Rahman M, Ahmad R. Performance comparison of Single Board Computer: A case study of kernel on ARM architecture. In: Computer Science & Education (ICCSE), 2011 6th International Conference on. IEEE; 2011. p. 521–524.
- [10] Rizou D, Sachpazidis I, Salvatore L, Sakas G. TraumaStation: A portable telemedicine station. In: Engineering in Medicine and Biology Society, 2009. EMBC 2009. Annual International Conference of the IEEE. IEEE; 2009. p. 1254–1257.

- [11] Kontaxakis G, Walter S, Sakas G. EU-TeleInViVo: an integrated portable telemedicine workstation featuring acquisition, processing and transmission over low-bandwidth lines of 3D ultrasound volume images. In: Information Technology Applications in Biomedicine, 2000. Proceedings. 2000 IEEE EMBS International Conference on. IEEE; 2000. p. 158–163.
- [12] Cone SW, Hummel R, Leon J, Merrell RC. Implementation and evaluation of a low-cost telemedicine station in the remote Ecuadorian rainforest. J TELEMED TELE CARE. 2007;13(1):31–34.
- [13] Wallauer J, Macedo D, Andrade R, von Wangenheim A. Creating a statewide public health record starting from a telemedicine network. IT Professional. 2008;10(2):12–17.
- [14] Alves JM, von Wangenheim CG, Savaris A, von Wangenheim A. Identifying and Evaluating Usability Heuristics Applicable to Clinical Laboratory Systems. In: 2014 IEEE 27th COMP MED SY (CBMS). IEEE; 2014. p. 529–530.
- [15] Yin RK. Case study research: Design and methods. Sage publications; 2013.
- [16] von Wangenheim A, Prusse M, Maia RS, Abdala DD, Regert AG, et al. Recording and reenactment of collaborative diagnosis sessions using DICOM. J DIGIT IMAGING. 2009;22(6):605–619.

Contato

Vinícius Andreóli Petrolini
Email: vinicius@telemedicina.ufsc.br
Telefone: +55 48 3721-9516 R.17
Endereço: Campus Reitor João David Ferreira
Lima, s/n - Trindade, Departamento de
Informática e Estatística – Sala 320
Florianópolis - SC, 88040-900

MODELAGEM CONCEITUAL DE SIMULADOR VIRTUAL PARA TREINAMENTO EM ANESTESIA REGIONAL

Tamela Costa¹, Davi C. Gomes¹, Liliane S. Machado¹ e Walter F. Azevedo²

¹ Laboratório de Tecnologias para o Ensino Virtual e Estatística (LabTEVE)

² Departamento de Enfermagem Clínica
Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Brasil

Resumo: Este artigo tem como objetivo apresentar a modelagem conceitual de um simulador baseado em realidade virtual para treinamento de anestesia regional. A partir da sistematização dos conceitos relacionados ao aprendizado da técnica a partir de revisão acerca de simuladores previamente desenvolvidos e suas características, bem como levantamento dos elementos teóricos e dos problemas relacionados à execução das técnicas, foi desenvolvido um mapa conceitual, contendo todos os conceitos relacionados de forma hierarquizada, e um fluxograma com eventos e consequências observadas durante a realização do procedimento. Concluiu-se com este trabalho que não existe um simulador totalmente virtual para o treinamento de técnicas de anestesia regional e que o processo de modelagem de um simulador para treinamento necessita da sistematização dos conceitos para guiar o processo de desenvolvimento.

Palavras-chave: Anestesia, Educação em Saúde, Simulação por computador.

Abstract: The objective of this research is present the conceptual modeling of a simulator based on virtual reality to support the training in regional anesthesia. From the systematization of concepts related to the learning process of the techniques obtained from previously developed simulators and from the identification of theoretical elements and problems related to the execution of the techniques, a concept map was designed with the related concepts organized hierarchically and a flowchart was developed to present events and consequences observed in the execution of the procedure. From the research was possible to observe that there isn't a completely virtual simulator for the training of regional anesthesia techniques and that the process of development of one needs systematization of concepts to guide the process of development.

Keywords: Anesthesia, Health Education, Computer Simulation.

Introdução

Há uma gama de definições acerca da realidade virtual, geralmente remetendo a uma experiência imersiva e interativa baseada em imagens gráficas 3D geradas por computador em tempo real, ou seja, uma simulação de um mundo real, ou apenas imaginário fornecida por computador. De fato, podemos definir a Realidade Virtual (RV) como uma abordagem entre o usuário e uma interface de computador que abrange a simulação em tempo real de um determinado ambiente, cenário ou atividade e proporciona interação ao usuário mediante múltiplos canais sensoriais. Assim, partir da realidade virtual é possível simular situações em um meio seguro para a prática de habilidades para fins de treinamento. Tal característica tem evidenciado os benefícios do seu uso no treinamento médico¹.

Conforme reuniões realizadas com um professor e médico especialista em anesthesiologia, e residentes do primeiro ano (R1), segundo ano (R2) e terceiro ano (R3) da residência médica desta área de um hospital universitário de João Pessoa, as principais dificuldades encontradas durante o

treinamento na residência são: localização anatômica, sobretudo na anestesia peridural, considerada a mais difícil de executar; realização da anestesia peridural e raquianestesia em pacientes obesos ou com complicações clínicas; e ausência de materiais.

Neste contexto, o objetivo deste trabalho é apresentar a modelagem de um simulador baseado em realidade virtual para treinamento em anestesia regional a partir das informações levantadas por meio de uma revisão bibliográfica e das necessidades de treinamento das técnicas relacionadas a este procedimento.

Uso de Realidade Virtual para treinamento

A inclusão de aulas práticas para o treinamento apropriado na área de saúde pode ser considerada como um quesito indispensável no aprendizado de procedimentos médicos e clínicos, pois muitos dos danos ocasionados nos pacientes são em decorrência de procedimentos mal executados. Nos Estados Unidos, por exemplo, estima-se que todos os anos ocorra entre 210.000 e 440.000 mortes de pacientes em decorrência de erros médicos². Nessa perspectiva, observa-se o aumento de simulações com base em sistemas computacionais desenvolvidos mediante técnicas de Realidade Virtual (RV)¹.

A difusão das simulações baseadas em RV possivelmente ocorrem devido aos benefícios propiciados pelas tecnologias de RV, como: a diminuição de riscos aos pacientes, impedindo o desconforto e complicações as quais podem gerar prejuízos à saúde¹; maior segurança para os aprendizes que geralmente treinam nos próprios colegas ou pacientes³ bem como a viabilidade de realização das avaliações automatizadas de desempenho¹.

Um aspecto positivo é que estas tecnologias atendem a diversos níveis de treinamento, com mudanças de situações e graus de dificuldade⁴. Além disso, podem reduzir ou extirpar os custos que envolvem a manutenção de laboratórios físicos, com infraestrutura composta por cadáveres ou animais⁵. Apesar dos cadáveres fornecerem a presença física, existem diferenças fisiológicas comparadas aos organismos vivos. Por outro lado, os animais são divergentes anatomicamente em comparação aos seres humanos. Vale salientar ainda que o uso destes no treinamento, abrange questões éticas⁵.

Outras vantagens de RV para o treinamento são inerentes à repetição e à flexibilidade. Esta forma de treinamento tem a possibilidade de se repetir em inúmeras vezes sem haver o desgaste de materiais¹ e com a possibilidade de replicação da fisiologia e variação anatômica⁶.

As tecnologias como as de RV podem ser vistas como um complemento no treinamento tradicional, especialmente aquelas que possibilitam a interação háptica, ou seja, que provêm a sensação de toque. Vale destacar que a interação humano-computador em sistemas de RV busca descobrir os canais sensoriais humanos para simular a realidade. As modalidades sensoriais humanas geralmente tratadas nas simulações médicas são a visual e a tátil⁶.

Um dos benefícios de uso da RV em saúde diz respeito à possibilidade de tais sistemas diminuírem tanto os custos de treinamento dos profissionais em relação aos riscos para o paciente. Outro fator benéfico é a oportunidade do médico e do enfermeiro aprenderem e praticarem novas técnicas viáveis devido à disponibilidade desses sistemas, visto que o profissional pode praticar a quantidade de vezes necessárias. Com isso, simuladores para treinamento habilitam os estudantes para o desenvolvimento de tarefas reais, proporcionando um novo modo de aprendizagem, em que a junção da exploração interativa, informações táteis e imagens tridimensionais, podem promover uma simulação mais próxima da realidade⁷.

Dentre os sistemas de treinamento em anestesia, o SIM One foi o primeiro simulador desenvolvido e baseava-se em um sistema híbrido que combinava manequins a controles computacionais. Após o treinamento dos residentes com o simulador foi constatada a diminuição de erros cometidos pela metade e a redução no tempo da execução no procedimento em um terço⁸. O projeto foi abandonado devido à grande restrição de custo em sua utilização prática e em seu desenvolvimento⁹.

Após o SIM One, os simuladores para prática de anestesia não tiveram nenhuma reaparição significativa até o desenvolvimento do simulador computacional BODY, originalmente denominado de SLEEPER, e do Consultor de Simulador de Anestesia (Anesthesia Simulator Consultant - ASC), que contavam com uma representação realista de paciente, dados clínicos e painéis de controle do ambiente de trabalho. O simulador BODY era usado para o ensino nos princípios de farmacologia e anatomia, enquanto o Consultor de Simulador de Anestesia era utilizado para simular o gerenciamento de crises^{9,10}. Tais sistemas permitiram a redução de custo, o aumento da flexibilidade e adaptação para apresentar diversos cenários durante o treinamento.

Em 1986 foi desenvolvido o simulador Comprehensive Anesthesia Simulation Environment (CASE) a fim de compreender os elementos que influenciavam a tomada de decisão dos anestesistas durante eventos críticos. Tomando como base uma avaliação baseada no grupo denominado Crew Resource Management (CRM), o CASE foi refinado para o desenvolvimento de um curso presencial intitulado Anesthesia Crisis Resource Management (ACRM)¹¹.

Deste modo, como simuladores totalmente virtuais, ou seja, que utilizam apenas o computador sem o auxílio de manequins, pode-se citar o Anesthesia Simulator Consultant (ASC) e GAS (Gainesville Anesthesia Simulator), utilizados em treinamento e ensino apresentando resultados positivos no processo de aprendizado cognitivo dos aspectos clínicos^{9,12}. Segundo Manica¹³, dentre os exemplos de simuladores híbridos, encontram-se: CASE (Comprehensive Anesthesia Simulation Environment), Eagle Patient Simulator e Leiden Anesthesia Simulator, que fazem uso de manequins combinados com sensores. Estes trabalhos anteriormente desenvolvidos para o treinamento de anestesia estão listados no Quadro 1, organizados por: nome, tipo, a existência de avaliação, o ano de sua publicação e o tipo ou procedimento de anestesia fornecido para treinamento.

Quadro 1: Simuladores de Anestesia previamente desenvolvidos.

Nome do sistema	Tipo	Avaliação	Ano	Tipo/procedimentos de anestesia
SIM One	Híbrido	Não possui	1969	Intubação traqueal
BODY	Virtual	Não possui	1980	Inalatório
ASC	Virtual	Não possui	1980	Incidentes
CASE	Híbrido	Não possui	1986	Intubação traqueal
Eagle Patient	Híbrido	Não possui	1986	Regional
GAS	Virtual	Não possui	1984	Inalatório

Fonte: Elaborado pelos autores.

Treinamento em técnicas de anestesia

O emprego da anestesia regional sofre limitações em decorrência da ausência de treinamento, maior tempo de realização, receio de complicações neurológicas e da toxicidade sistêmica dos anestésicos locais^{14,15}. Com isso, se faz necessário adotar estratégias que possibilitem o treinamento desta técnica.

A maior preocupação dos médicos em especialização consiste na obtenção de habilidades técnicas para desempenho dos bloqueios periféricos, visto que estes destacam tais habilidades em anestesia

regional como diferencial de competência. Assim, o baixo nível de domínio das técnicas pode implicar em ansiedade, devido ao ensino inapropriado da anestesia regional e pelo declínio da exposição dos médicos em especialização a estas técnicas no decorrer do programa de residência médica¹⁶. Neste sentido, autores ressaltam a confiança individual como fator indispensável para aplicação dos ensinamentos acerca da anestesia regional na prática clínica durante e após o momento de especialização¹⁷.

Para Helayel¹⁸, um método de ensino pertinente aliado a um ambiente adequado de aprendizado são cruciais na formação do aprendiz. As medidas utilizadas para construção deste ambiente propício englobam o uso de salas de bloqueios, aulas virtuais, utilização de modelos e prática em cadáveres, medidas estas que contribuem para o treinamento.

Modelagem do simulador

As necessidades de treinamento prático das técnicas de anestesia são ainda bastante dependentes da prática assistida e do uso de cadáveres. Neste sentido, o uso de simuladores baseados em RV permitiria ao usuário o desenvolvimento e a execução de habilidades técnicas de forma segura e repetidamente. Embora trabalhos anteriores já tenham abordado o uso destes sistemas na área de anestesia, não foram encontrados trabalhos que tratassem da simulação das técnicas de maneira totalmente virtual, ou seja, sem a necessidade do uso de manequins. De maneira similar, a prática das habilidades manuais também não foi abordada ainda, bem como a avaliação das ações realizadas pelos usuários foi utilizada apenas como meio de compreender seu processo de tomada de decisão. Entende-se, portanto, que a delimitação do escopo do problema, aliada à necessidade de estabelecimento dos conceitos necessários à prática, permitiria oferecer um sistema de treinamento realista no qual o usuário poderia treinar todas as etapas relacionadas às técnicas de anestesia regional, que compreende a anestesia peridural e raquianestesia, bem como ser avaliado de forma automática.

Para a construção de um simulador de treinamento em anestesia regional é preciso realizar a sua modelagem, abordando todos os elementos e necessidades relacionados à prática do procedimento. De forma a facilitar a organização do conhecimento e de modo a correlacionar todos os conceitos inerentes ao procedimento da anestesia regional peridural e raquianestesia, elaborou-se um mapa conceitual (MC). “Os mapas conceituais podem ser definidos como um conjunto de conceitos articulados numa rede proposicional”^{19, p.2}, os quais facilitam o estabelecimento de ligações conceituais sólidas.

O MC (Figura 1) foi elaborado segundo o levantamento dos conceitos que incluem todo o processo da anestesia regional peridural e raquianestesia. O levantamento e a identificação desses conceitos aconteceram por meio de pesquisas à literatura^{13,20,21} e de reuniões com profissionais e residentes da área. Conforme as pesquisas, foram determinadas quatro grandes categorias a serem consideradas no processo de administração da anestesia regional: Anatomia, Procedimento, Farmacologia e Fisiologia. Cada um destes conceitos foi expandido para expor os conceitos a eles relacionados, bem como as interações de conhecimento.

De modo a utilizar os conceitos organizados no MC e guiar o processo de definição de tarefas do simulador, foi desenvolvido um gráfico com os eventos comumente experimentados durante o processo de aplicação da anestesia regional. Devido às particularidades de cada tipo de anestesia, tais eventos foram separados por tipo e as consequências observadas nos pacientes foram relacionadas (Figura 2).

Após a construção do mapa conceitual e do fluxograma de eventos e causas inerentes às complicações dos procedimentos de anestesia regional, foi realizada a validação destes instrumentos pelo médico especialista da área de anestesiologia. O processo de elaboração dos diagramas contou com reuniões para ajustes e correções até que o material fosse de fato concretizado.

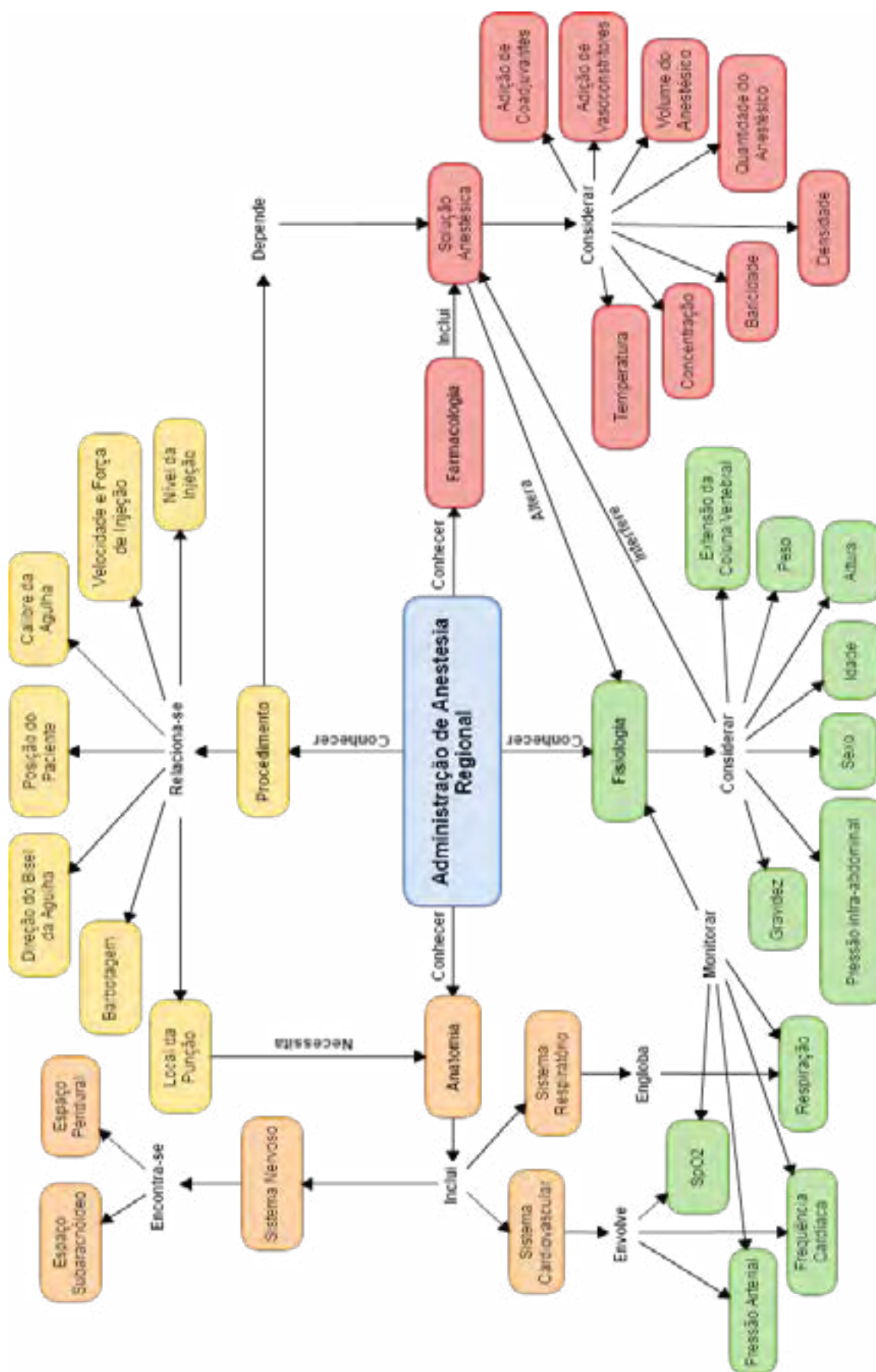


Figura 1. Mapa conceitual sobre a Administração de Anestesia Regional

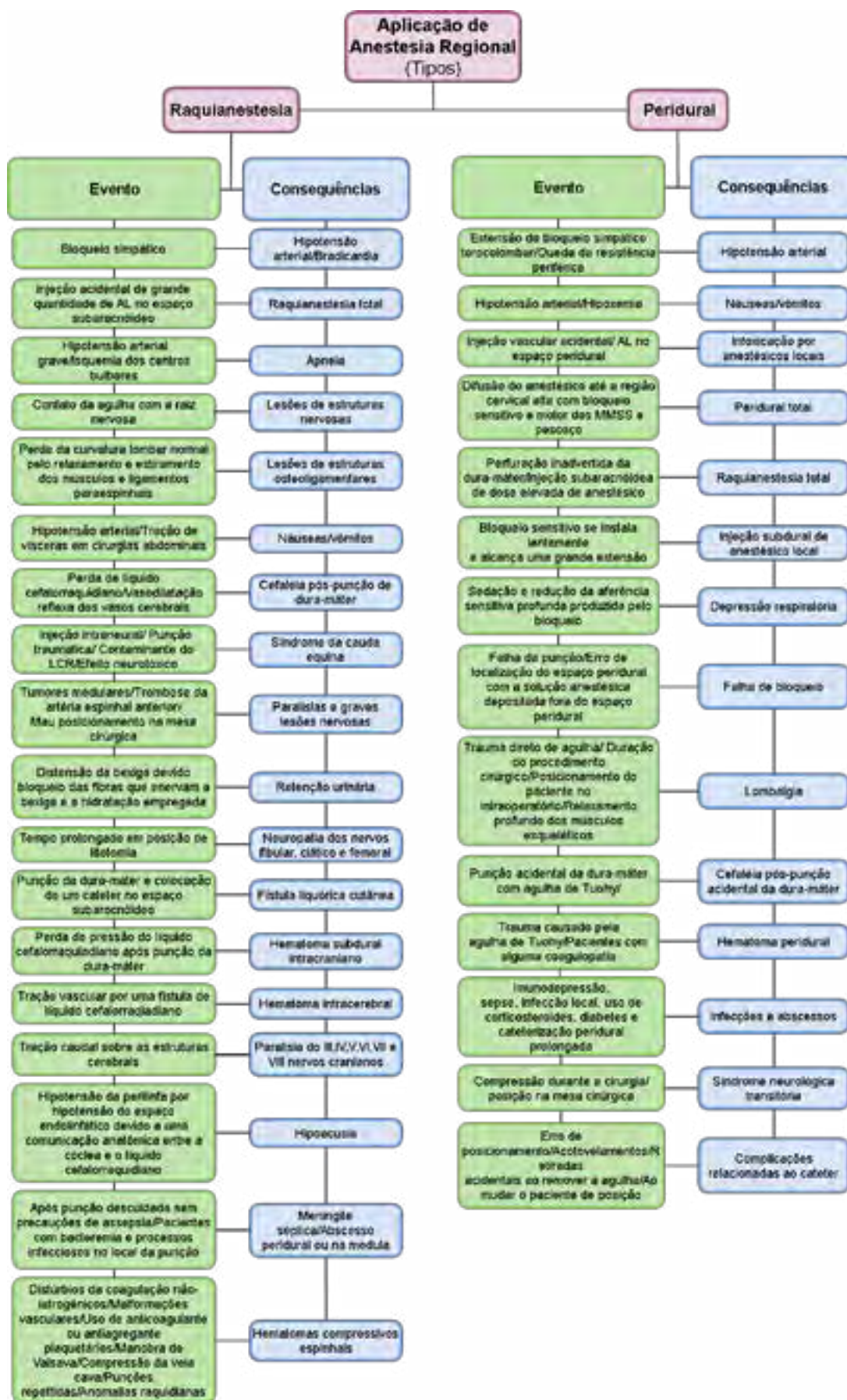


Figura 2. Fluxograma dos eventos e consequências da Aplicação de Anestesia Regional

A partir da modelagem conceitual do processo de aplicação de anestésias regionais, foi possível organizar e identificar as informações e necessidades de treinamento do procedimento. Tal modelagem é necessária para a definição das tarefas do simulador, bem como das habilidades que devem ser consideradas na prática.

Com os objetivos definidos foram estabelecidas 5 tarefas para o usuário realizar no simulador:

1. Escolher o tipo de anestesia;
2. Escolher materiais para o procedimento;
3. Escolher local de aplicação da anestesia;
4. Realizar antisepsia no paciente;
5. Aplicar anestesia.

As tarefas citadas anteriormente remetem-se a elementos pertencentes ao MC (Figura 1). Como o objetivo do simulador é o treinamento do procedimento da aplicação de anestésias regionais, descrito neste MC, as interseções de Anatomia, Fisiologia e Farmacologia foram necessárias, todavia não foram detalhadas, pois o usuário precisa apenas escolhê-los em função do procedimento. Neste caso, entende-se que o conhecimento destes elementos é anterior ao aprendizado do procedimento.

Considerando o foco do simulador representado como “Procedimento” no MC, será necessário observar para a realização do mesmo, os seguintes aspectos: local da punção, direção do bisel da agulha, calibre da agulha, velocidade e força de injeção, nível da injeção, difusão, barbotagem, posição do paciente.

Os mesmos elementos serão necessários para uma especificação mais detalhada dos aspectos a serem considerados durante a construção do módulo de avaliação automática²². Desta forma, o simulador visa avaliar as técnicas de aplicação da anestesia regional, especificamente, das anestésias peridural e raquianestesia, abrangendo todos os aspectos inerentes as mesmas: local da punção, tipo de agulha, direção do bisel da agulha, tipo de seringa e volume do anestésico, posição do paciente e o nível da injeção.

Considerações finais

A partir da observação de trabalhos anteriores, foi possível observar que simuladores voltados à prática de anestesia totalmente computacionais não apresentavam realismo suficiente ou eram limitados às atividades do anestesista, sem englobar a prática de habilidades psicomotoras. Simuladores híbridos, por sua vez, embora apresentem maior realismo e possam facilitar a colaboração, ainda dependem da presença física dos indivíduos, bem como do uso de componentes reativos na forma de manequins, geralmente de alto custo¹³. Em nenhum dos trabalhos foi verificada a presença de formas automáticas de avaliação das habilidades dos usuários.

Baseado no levantamento bibliográfico e nas necessidades para construção de um simulador virtual para o treinamento em anestesia regional, conclui-se que a simulação virtual oferece potencial para o processo de educação e treinamento de médicos residentes em anesthesiologia. Desta forma, representa uma nova estratégia de ensino que amortiza as dificuldades presentes para o treinamento da execução deste procedimento de alta complexidade.

A partir da modelagem conceitual do problema torna-se possível oferecer material de apoio ao desenvolvimento de um simulador, de modo que tarefas e habilidades podem ser identificadas e utilizadas no estabelecimento de tarefas e no processo de construção de módulos de avaliação automática. No presente trabalho, tais conceitos foram detalhadamente especificados para permitir a construção de um simulador que aborde tanto questões cognitivas quanto psicomotoras da aplicação de anestesia regional.

Para tornar o ambiente virtual mais realista, serão abordadas as etapas preliminares para a realização do procedimento, tais como a vestimenta, lavagem das mãos e colocação do capote. Os eventos mostrados no fluxograma serão abordados no simulador de acordo com as suas causas, seja por causa psicomotoras ou causas fisiológicas.

Os eventos psicomotores serão tratados de acordo com os erros do usuário. Temos como exemplo a falha da punção correta que começará o evento correspondente a falha do bloqueio nervoso e deverá ser tratada pelo usuário. As causas fisiológicas serão tratadas de forma aleatória formando eventos poucos comuns. Um exemplo a ser citado é a malformações vasculares no qual não está relacionado com as habilidades psicomotoras do usuário, mas esse evento deverá ser tratado pelo mesmo. Os eventos serão adicionados à avaliação final caso algum evento ocorrer durante a simulação.

Observa-se, ainda, que a colaboração, destacada por Manica¹³ como principal vantagem para o uso de simuladores híbridos, já pode ser abordada a partir de simulações colaborativas nas quais os indivíduos da equipe podem estar reunidos em um ambiente totalmente virtual²³.

Este simulador virtual para treinamento da anestesia regional está sendo desenvolvido no LabTE-VE (Laboratório de Tecnologias para o Ensino Virtual e Estatística) por uma equipe composta por pesquisadores e profissionais das áreas de Computação, Medicina e Enfermagem. Após seu término, serão realizadas avaliações com residentes do 1º, 2º e 3º anos da residência em anesthesiologia, para posterior validação do simulador.

Agradecimentos

Este trabalho tem financiamento do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), processo 310561/2012-4, e da Universidade Federal da Paraíba, por meio de bolsas PIBIC e PIBITI.

Referências

- [1] Nunes FLS, Machado LS, Moraes RM. Evolução da Realidade Virtual e Aumentada em Saúde: Uma Reflexão a partir dos 15 Anos de SVR. In: Symposium on Virtual and Augmented Reality 2014. Salvador/BA - Brazil. 2014, p. 220-229.
- [2] James JT. A new, evidence-based estimate of patient harms associated with hospital care. *Journal of Patient Safety*. 2013; 9 (3): 122-128.
- [3] Shakil O, Mahmood F, Matyal R. Simulation in echocardiography: An ever-expanding frontier. *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia*. 2012; 26 (3): 476-485.
- [4] Satava RM, Gallagher AG, Pelegri CA. Surgical competence and surgical proficiency: definitions, taxonomy and metrics. *Journal of the American College of Surgeons*. 2003; 196 (6): 933-937.
- [5] Balcombe, J. Medical training using simulation: toward fewer animals and safer patients. *ATLA*. 2004; 32 (Suppl 1B): 553-560.
- [6] Coles T et al. Integrating haptics with augmented reality in a femoral palpation and needle insertion training simulation. *IEEE Transaction on Haptics*. 2011; 4 (3):199-209.
- [7] Macedo ER. Um simulador baseado em realidade virtual para o treinamento de estudantes na administração de medicamentos injetáveis. 2015. 110 f. (Dissertação de Mestrado em Computação) João Pessoa: Universidade Federal da Paraíba, 2015.
- [8] Abrahamson S, Denson JS, Wolf RM. Effectiveness of a simulator in training anesthesiology residents. *Academic Medicine*. 1969; 44 (6): 515-9.
- [9] Gaba DM. Human Works Environment and Simulators, em: MILLER R, D. *Anesthesia*, 5th Ed, New York, Churchill Livingstone. 2000, p. 2613-2668.
- [10] Chopra, V. Anaesthesia simulators. *Bailliere's Clinical Anesthesiology* 1996; 10: 297-315.

- [11] Gaba DM, Fish KJ, Howard SK. *Crisis Management in Anesthesiology*. New York: Churchill Livingstone Inc.; 1994.
- [12] Eisenach JC, Gutierrez KT. Anesthesia simulator consultant Version 2.0. *Anesthesiology*. 1995; 83 (1391).
- [13] Manica J. *Anestesiologia: Princípios e Técnicas*. 3ª ed. Porto Alegre: Artmed; 2008.
- [14] Kopacz DJ, Bridenbaugh LD. Are anesthesia residency programs failing regional anesthesia? The past, present, and future. *Reg Anesth*. 1993; 18:84-87.
- [15] Hadzic A, Vloka JD, Kuroda MM et al. The practice of peripheral nerve blocks in the United States: a national survey. *Reg Anesth Pain Med*. 1998; 23:241-246.
- [16] Hadzic A, Vloka JD, Koenigsamen J. Training requirements for peripheral nerve blocks. *Curr Opin Anaesthesiol*. 2002; 15:669-673.
- [17] Kopacz DJ, Neal JM. Regional anesthesia and pain medicine: residency training - the year 2000. *Reg Anesth Pain Med*. 2002; 27:9-14.
- [18] Helayel PE et al. Actitudes de anestesiólogos y médicos en especialización en anestesiología de los CET/SBA con relación a los bloqueos nerviosos de los miembros superior e inferior. *Rev. Bras. de Anest*. 2009; 59 (3): 332-340.
- [19] Cicuto CAT, Mendes BC, Correia PRM. Nova abordagem para verificar como os alunos articulam diferentes materiais instrucionais utilizando mapas conceituais. *Rev. Brasileira de Ensino de Física*. 2013; 35 (3).
- [20] Amaral, J.L.G.; Geretto, P. *Guia de Anestesiologia e Medicina Intensiva*. 1ª ed. São Paulo: Manole; 2011.
- [21] Yamashita AM, Takaoka F, Auler Júnior JOC, Iwata NM. (ed.) *Sociedade de Anestesiologia do Estado de São Paulo - SAESP*. 5ª Ed. São Paulo/Rio de Janeiro/Belo Horizonte: Editora Atheneu; 2001.
- [22] Moraes RM, Machado LS. Assessment Systems for Training Based on Virtual Reality: A Comparison Study. *SBC Journal on 3D Interactive Systems* 2012, 3: 9-17, SBC.
- [23] Paiva, PVF, Machado LS, Valença AMG. A Virtual Environment for Training and Assessment of Surgical Teams In: *Symposium on Virtual and Augmented Reality*. Cuiabá/MT – Brazil. 2013, p. 17-26.

Contato

Professora Dra. Liliane S. Machado.
Universidade Federal da Paraíba, Centro de
Informática. liliane@di.ufpb.br, (83) 3216-7785
ramal 219.

SEGMENTAÇÃO POR BLOCOS EM IMAGENS MÉDICAS UTILIZANDO EXTRATORES DE CARACTERÍSTICAS

Aline Dartora¹ e Lucas Ferrari de Oliveira¹

¹Departamento de Informática/Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba, Brasil.

Resumo: Com uma boa técnica de segmentação é possível aumentar a acurácia diagnóstica em sistemas de auxílio ao diagnóstico. Objetivo: Este trabalho tem como objetivo propor uma metodologia de segmentação por blocos em imagens de Tomografia de pulmão por meio de extratores de características, utilizando duas classes para a classificação, pulmão e não-pulmão. Métodos: Os extratores testados foram *Local Binary Pattern (LBP)*, *Completed Local Binary Pattern (CLBP)*, Matriz de coocorrência de níveis de cinza (GLCM), Momentos do Histograma, Histograma de níveis de cinza e Transformação *Top-hat*. Foi utilizada uma Máquina de Vetor de Suporte e a validação cruzada *leave-one-patient-out*. Resultados e Conclusão: A melhor classificação entre as duas classes foi obtida com os métodos de *Top-hat* e Histograma com uma acurácia de 98,25% e 98,16%, respectivamente, mostrando uma maior taxa de acerto em relação a literatura existente.

Palavras-chave: Tomografia Computadorizada. Doenças Pulmonares Intersticiais. Projeto Auxiliado por Computador.

Abstract: *With an effective technique of segmentation it is possible to increase the diagnostic accuracy in computer-aided diagnostic systems. Objectives: This paper proposes a method to evaluate the features extractors used in the pattern classification of lung tissue. Method: The features descriptors used were the Local Binary Pattern (LBP), Completed Local Binary Pattern (CLBP), Gray-Level Co-Occurrence Matrix (GLCM), Histogram Moments, Gray Level Histogram and Top-hat Transformation. The pattern classification was performed using support vector machines (SVM) and a cross validation leave-one-patient out approach. Results and Conclusion: The best lung tissue classification was obtained combining the top-hat and histogram methods, with an accuracy of 98.26% and 98.16% respectively, that represent higher accuracy when compared with the current literature.*

Keywords: *Computed Tomography. Lung Diseases. Computer-Aided Design.*

Resumen: *Con una buena segmentación técnica es posible aumentar la exactitud diagnóstica de la ayuda a los sistemas de diagnóstico. Objetivos: Este trabajo tiene como objetivo proponer una metodología de segmentación en bloques de imágenes de tomografía pulmonar a través de extractores de características, utilizando dos clases de clasificación, de pulmón y de no pulmón. Métodos: Los extractores se probaron Local Binary Pattern (LBP), Completed Local Binary Pattern (CLBP), matriz de co-ocurrencia de niveles de gris (GLCM), Histograma Destacados, el Histograma de Niveles de Gris y la transformación de sombrero de copa. Se utilizó una máquina de vectores soporte y validación cruzada leave-one-patient-out. Resultados y Conclusiones: La mejor clasificación entre las dos clases se obtuvo a partir de los métodos de sombrero y de histograma con una precisión de 98.25% y 98.16%, respectivamente, que muestran una tasa de éxito mayor en comparación con la literatura existente.*

Descriptors: *Tomografía Computarizada. Enfermedades Pulmonares Intersticiales. Diseño Asistido por Computador.*

Introdução

Um sistema CAD é composto pelas etapas de pré-processamento, segmentação, extração do candidato, extração de características e classificação. As quatro primeiras fases são consideradas

processamento de imagem e a fase final trabalha com padrões que são representados como pontos em um espaço de características¹. Neste sistema, o reconhecimento de padrões do pulmão em imagens de Tomografia Computadorizada de Alta Resolução (TCAR) é um pré-requisito para o diagnóstico de Doenças Pulmonares Intersticiais (DPIs).

Nesse contexto, o presente trabalho propõem um método de segmentação em blocos por meio de uma análise completa sobre a predição de padrões com diferentes métodos de extração de características. Esta proposta dentro de um sistema computacional visa delimitar as regiões de interesse para as próximas etapas (extração de características e classificação) de um sistema CAD que irá classificar padrões de doenças pulmonares em imagens de TCAR.

Trabalhos Relacionados

Vários estudos foram feitos para a classificação de padrões em imagens de tecido pulmonar associadas com DPIs². Porém, em nenhum deles a classificação de tecidos pulmonares e não pulmonares para segmentação foi testada, com isso a comparação não pode ser feita de forma direta, pois os escopos são diferentes. Os artigos utilizam a mesma base de imagens deste trabalho³⁻⁷, porém classificam somente tecidos pulmonares (saudável, enfisema, vidro fosco, fibrose e micronódulos). Os trabalhos (8-15) utilizaram outras bases de imagens, mas são relacionadas a segmentação pulmonar ou a predição de padrões para o desenvolvimento de sistemas CAD, estes trabalhos são listados a seguir.

O primeiro estudo correlacionado com o problema de identificação de padrões pulmonares é o trabalho de (8). Os autores propuseram um método de segmentação pulmonar patológica que leva em conta os vizinhos e gera um sistema de reconhecimento de patologias. Nele foi extraído o parênquima pulmonar da imagem e em seguida foi estimado o volume do pulmão usando informações torácicas. Os extratores de características utilizados foram o Comprimento de Primitiva a Nível de Cinza (GLRLM), a matriz de coocorrência de níveis de cinza (GLCM) e na classificação de padrões foi escolhida a técnica de floresta aleatória. A base de exames utilizada consiste em mais de 400 imagens de TC. Os resultados quantitativos obtidos melhoram a identificação dos padrões devido a sua alta sensibilidade e especificidade.

O trabalho realizado por (9) também aborda o problema de segmentação dos pulmões em tomografias. Nesta pesquisa foi utilizada uma floresta contexto decisão seletiva *Context Selective Decision Forest - CSDF* como um novo classificador discriminativo. Primeiramente foi selecionado o contexto usado para cada órgão e depois adicionados seletivamente rótulos para os dados de treinamento de modo que o classificador aprenda uma aparência distinta e o modelo de localização espacial para cada classe. Essa técnica foi aplicada usando uma base de dados rotulados de 110 pacientes, e outra base de dados de 55 indivíduos com diferentes patologias. O resultado atingido foi de 94% de acerto.

Já na publicação de (10) é proposto um método de classificação usando o *context-sensitive SVM* de aprendizado automático de características. O autor propõe uma técnica de aprendizagem não-supervisionada para construir seu próprio extrator de características por meio de uma rede neural multiescala denominada Gaussiana RBM. O vetor obtido é classificado em 5 categorias empregando o SVM atingindo uma acurácia de 89,68%.

No artigo de (11) foram classificados os padrões normal, enfisema, vidro-fosco, faveolamento, opacidade reticular e consolidação por meio de máquinas de vetores de suporte com arquitetura de árvore binária. Para a extração de características o autor utilizou histograma, gradiente, matriz de comprimento, GLCM, transformação *top-hat* e análise de agrupamentos. A base de imagens foi composta por 600 ROIs e o resultado geral obtido na classificação foi de 92,63%.

Por último, no trabalho de (12), é feita a classificação de cinco categorias de tecidos pulmonares com base em recursos de *image patch approximation*. Os extratores de características utilizados foram os padrões binários locais de Gabor invariantes a rotação (*Rotation-invariant Gabor-Local Binary Patterns - RGLBP*), descritor de textura, e o *multi-coordinate histogram of oriented gradients* (MCHOG) descritor de gradiente e multi coordenadas. A classificação dos diferentes padrões foi

baseada em estimativas probabilísticas. O método proposto é avaliado numa base de dados acessível ao público, mostrando um desempenho de 82,64% de sensibilidade.

Métodos

O presente trabalho propõe um método de análise de diversos extratores de características na classificação de imagens de padrões de tecido pulmonar e não pulmonar para uma segmentação em blocos que visa separar a região de tecido pulmonar do restante da imagem.

Dada uma base de imagens com blocos de TCAR do pulmão, a metodologia proposta (Figura 1) primeiro extrai as características da base, em seguida, usa um classificador SVM para distinguir padrões pulmão de não-pulmão, posteriormente, avalia os resultados comparando com a base de máscaras do pulmão já segmentadas o que permite uma segmentação em blocos na imagem original de TCAR de acordo com a saída do classificador.



Figura 1: Visão Geral do Método Proposto

Base de Imagens

Para a realização deste trabalho foi utilizada a base de imagens pública com casos de Doenças Pulmonares Difusas (DPDs) cedida por 13 que contêm imagens de TCAR com uma espessura de corte de 1 mm com casos de doenças pulmonares de 113 pacientes e, cada conjunto possui de 11 a 61 cortes tomográficos. As imagens são disponibilizadas em alta resolução no formato DICOM com tamanho de 512 x 512 *pixels* e cada paciente possui um conjunto de segmentação dos padrões radiológicos encontrados nas imagens.

Destas imagens foram extraídos 16.521 blocos (ROIs - *Region Of Interest*) de tamanho 32x32 com meia sobreposição no eixo x e no eixo y que foram rotulados nas 2 classes estudadas (Figura 2) e pertencem a um conjunto de 103 pacientes. Para ser considerado um bloco válido pelo menos 75% da ROI deveria conter os padrões radiológicos estudados. Dos 16.521 blocos, 2755 pertencem a classe não-pulmão e 13766 pertencem a classe de tecido pulmonar (saudável, enfisema, vidro fosco, fibrose e micronódulos).

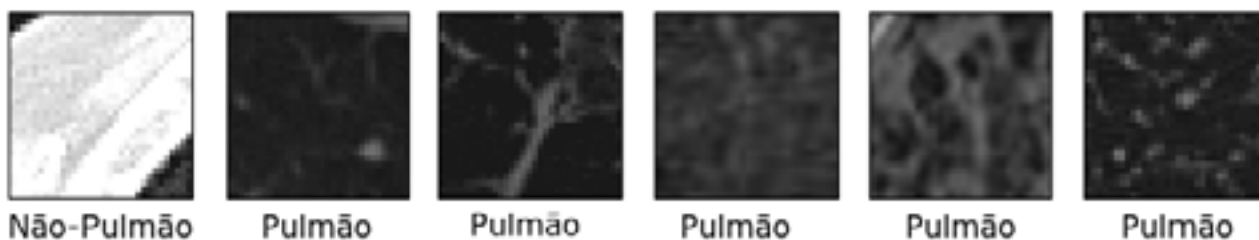


Figura 2: Exemplo de Blocos de Imagem do Pulmão e Não-Pulmão

Extração de Características

Na etapa de extração de características foram testados seis descritores para verificar qual deles se adaptava melhor ao problema de reconhecimento do padrão pulmão e não-pulmão, sendo eles o LBP, CLBP, GLCM, Momentos de Histograma, Histograma de Níveis de Cinza e Transformação *Top-Hat*.

A quantidade de características provenientes da saída de cada extrator é variada. Na tabela 1 são listadas essas relações para demonstrar a dimensionalidade e o contexto do problema.

Tabela 1: Relação do Descritor, do Número de Características e do Tipo da Característica

Descritor	Número de Características	Tipo de Característica
LBP_u_8_2	59	Textura
LBP_riu_8_2	10	Textura
CLBP_riu_8_2	200	Textura
GLCM	20	Textura
MOM. HISTOGRAMA	4	Textura
HISTOGRAMA	26	Textura
TOP-HAT	4	Forma

Os padrões anormais observados em imagem podem ser analisados com base na forma, textura e informações atenuação vistas em imagens de TC^{8, 4-7, 12}. Foram utilizadas duas variações do LBP, o LBP uniforme e o LBP invariante a rotação. Os parâmetros do LBP, número de vizinhos e raio, foram testados com os valores 8 e 2 respectivamente.

As principais preocupações na fase de seleção de características foram manter as informações extraídas associadas ao paciente e fazer a normalização dos dados. Os dados foram transformados para a faixa de valores de [-1, +1].

Classificação

O classificador *Support Vector Machines* (SVM) que têm sido amplamente aplicado a problemas de classificação padrão e regressões não-lineares¹⁶. A escolha deste algoritmo foi baseado na comparação de três técnicas de classificação em sistemas CAD do pulmão em que as máquinas de vetor de suporte (SVM) obtiveram o melhor desempenho quando trabalham com textura¹⁶.

O algoritmo de classificação utilizado foi o SVM, implementado em *Python* com auxílio da ferramenta *Scikit-learn*, o qual é um *framework open-source* de aprendizado de máquina e que utiliza as plataformas *Numpy/Scipy* e *Matplotlib*.

O modelo *leave-one-patient-out* é um caso especial da validação cruzada de *N Folds* onde *N* representa o número de casos e cada bloco consiste no conjunto de todos os exemplos de cada caso individual. Com isso, a separação completa entre o treinamento e a validação é assegurada, e a variabilidade entre pacientes é levada em consideração. Este modelo foi utilizado na metodologia do trabalho, pois ele faz uma avaliação completa sobre a variação do modelo em relação aos dados utilizados, realizando *N* cálculos de erro para cada dado.

Foram testados *N* SVMs, em cada um deles um paciente foi retirado do treinamento e foi testado. Após o término da execução do classificador SVM foram analisados os resultados e identificado qual a melhor predição de acordo com sua taxa de reconhecimento.

Resultados

As taxas de acerto obtidas na classificação das classes pulmão e não-pulmão deste estudo estão compiladas na Tabela 2, apresentada a seguir.

Tabela 2: Resultado da Classificação do SVM

Descritor	Acurácia
LBP_u_8_2	92,55%
LBP_riu_8_2	86,26%
CLBP_riu_8_2	97,33%
GLCM	81,26%
MOM. HISTOGRAMA	67,44%
HISTOGRAMA	98,18%
TOP-HAT	98,26%

Por meio dos resultados obtidos é possível observar que os extratores histograma e *top-hat* tiveram a taxa de acerto mais alta, ambos acima de 98%.

Para um melhor entendimento das predições dos vetores de características do histograma e do *top-hat*, a Figura 3 apresenta um comparativo da taxa de reconhecimento para cada conjunto de imagens dos pacientes. Pode-se verificar a relação entre a taxa de reconhecimento e cada paciente, os valores estão na faixa de 0.6703 e 1.0, representando em porcentagem uma taxa de acerto de 67% a 100%.

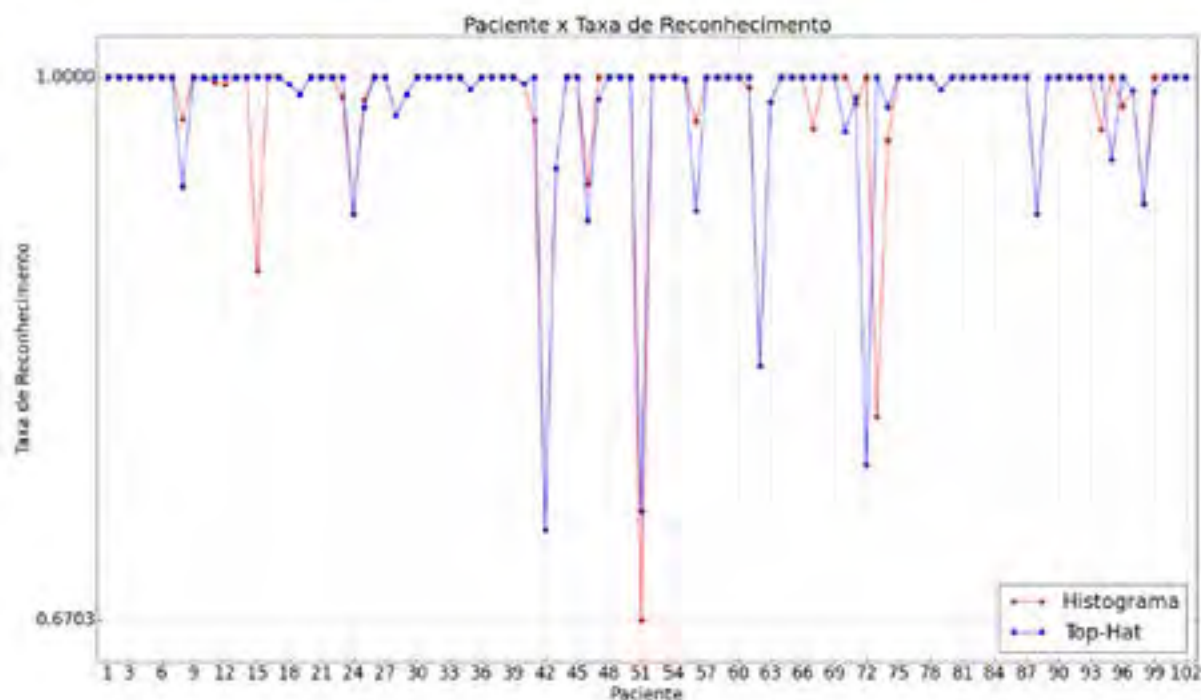


Figura 3: Classificação dos Conjuntos de Imagens por Paciente

Conclusão

Este estudo buscou diminuir as limitações do uso dos sistemas CAD nos exames de acompanhamento e diagnóstico de doenças. Em uma aplicação CAD, que faz a detecção, classificação e quantificação de DPIs, a segmentação precisa do pulmão é um passo de pré-processamento extremamente importante.

Neste estudo, foi proposto um método de análise de extratores de características para definir quais são as características mais discriminantes na classificação entre tecido pulmonar e outros tipos de tecidos para melhorar os sistemas de auxílio ao diagnóstico de DPIs.

A primeira contribuição do método proposto foi a identificação dos melhores descritores de características para o problema em questão. Outra contribuição deste estudo é a análise dos extratores ser feita por meio de um modelo completo com abordagem *leave-one-patient-out* que está de acordo com a realidade vista na prática clínica onde o diagnóstico não deve depender do conhecimento prévio do histórico clínico do paciente.

Quando comparados os resultados obtidos com a literatura, o presente trabalho mostrou-se uma acurácia maior na classificação dos blocos de imagens. Muito embora, o número de classes utilizadas limita-se somente a pulmão e não-pulmão. Quando aplicada na rotina clínica esta abordagem irá auxiliar na delimitação das regiões de interesse que necessitam ser processadas, sendo essa uma etapa de pré-processamento de extrema importância. A precisão da metodologia em imagens completas segmentadas será feita posteriormente. Também, tamanhos de blocos menores serão testados visando verificar se a precisão com o atual tamanho de 32 x 32 *pixels* se mantém.

Referências

- [1] Kim TJ, Han DH, Jin KN, Won Lee K. Lung cancer detected at cardiac CT: prevalence, clinico-radiologic features, and importance of full-field-of-view images. *Radiology*. 2010;255(2):369–76.
- [2] Archontogeorgis K, Steiropoulos P, Tzouvelekis A, Nena E, Bouros D. Lung cancer and interstitial lung diseases: a systematic review. *Pulm Med [Internet]*. 2012;2012:315918.
- [3] Depeursinge A, Van De Ville D, Platon A, Geissbuhler A, Poletti P-A, Müller H. Near-Affine-Invariant Texture Learning for Lung Tissue Analysis Using Isotropic Wavelet Frames. *IEEE Trans Inf Technol Biomed*. 2012;16(4).
- [4] Banu SS, Farmhand SS, Prabakaran P, Malathi L. Detection and Classification of Lung Tissue Using Block Based Intensity Features. *J Adv Eng Res*. 2014;1(1):97–101.
- [5] Dash JK, Madhavi V, Mukhopadhyay S, Khandelwal N, Kumar P. Segmentation of interstitial lung disease patterns in HRCT images. *SPIE Med Imaging [Internet]*. 2015;9414:1–6.
- [6] Asherov M, Diamant I, Greenspan H. Lung texture classification using bag of visual words. 2014;9035(Ild):90352K.
- [7] Bagesteiro LD, Oliveira LF, Weingaertner D. Blockwise Classification of Lung Patterns in Unsegmented CT Images. (DId).
- [8] Mansoor A, Bagci U, Xu Z, Foster B, Olivier KN, Elinoff JM, et al. A Generic Approach to Pathological Lung Segmentation. *IEEE Trans Med Imaging*. 2014;33(12).
- [9] Montillo A. Context Selective Decision Forests and their application to Lung Segmentation in CT Images. *MICCAI Work Pulm Image Anal [Internet]*. 2011;
- [10] Q. Li W. Cai DDF. Lung image patch classification with automatic feature learning. 2013.
- [11] Y. Chang J. Lim NK et al. A support vector machine classifier reduces interscanner variation in the HRCT classification of regional disease pattern in diffuse lung disease: Comparison to a Bayesian classifier. 2013.

- [12] Song Y, Cai W, Zhou Y, Feng DD. Feature-based image patch approximation for lung tissue classification. *IEEE Trans Med Imaging*. 2013;32(4):797–808.
- [13] A. Depeursinge A. Vargas AP et al. Building a reference multimedia database for interstitial lung diseases. 2011.
- [14] Fazli S, Jafari M, Safaei A. Automated Lung CT Image Segmentation Using Kernel Mean Shift Analysis. 2013.
- [15] Wang L. Support Vector Machines : Theory and Applications. 2005;
- [16] Yao J, Dwyer A, Summers RM, Mollura DJ. Computer-aided Diagnosis of Pulmonary Infections Using Texture Analysis and Support Vector Machine Classification. *Acad Radiol*. 2011;18(3):306–14.

Contatos

Aline Dartora, Bacharel em Informática
Biomédica pela Universidade Federal do
Paraná – UFPR, Curitiba, Paraná, Brasil.
Email: adartora@inf.ufpr.br

Autor de contato:

Lucas Ferrari de Oliveira, Professor Associado
do Departamento de Informática da
Universidade Federal do Paraná - DInf/UFPR,
Curitiba, Paraná, Brasil.
Email: lferrari@inf.ufpr.br

HOME E-CARE: MONITORAMENTO DE QUEDAS EM IDOSOS ATRAVÉS DE SMARTWATCHES

Maurício César Pinto Pessoa¹, Geraldo Braz Junior¹ e Tiago Bonini Borchardt¹

¹Núcleo de Computação Aplicada (NCA)
Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação (PPGCC)
Universidade Federal do Maranhão (UFMA), São Luís, Brasil

Resumo: Pessoas da terceira idade normalmente possuem a saúde mais frágil, elas ficam cada vez mais dependentes de ajuda na medida em que vão envelhecendo, principalmente na ocorrência de acidentes como quedas. Por esse motivo, torna-se necessário a existência de métodos automatizados de monitoramento e notificação da ocorrência de tais acidentes. **Objetivo:** Este trabalho apresenta uma metodologia para detecção automatizada de quedas em idosos, através do uso do acelerômetro presente em *smartwatches* com *Android Wear* e de detecção de quedas baseada em limiares. As ocorrências de queda são notificadas automaticamente para contatos de emergência. **Resultados:** A aplicação criada alcançou resultados satisfatórios, obtendo 89,29% de especificidade, 75% de sensibilidade e 83,33% de acurácia. **Conclusão:** Concluiu-se que a abordagem adotada caracteriza uma alternativa robusta e viável para a detecção automatizada de quedas que contribui para a qualidade de vida para pessoas da terceira idade.

Palavras-chave: Processamento de Sinais Assistido por Computador, Acidentes por Quedas, Smartphone

Abstract: *The elderly population is growing worldwide, and with that the concerns about their quality of life become more important. As the elderly normally have frail health, which tends to get worse as they age, they grow even more dependent on someone else, specifically in the event of an accident such as a fall. For that reason, an automated monitoring and notification mechanism for accidents is necessary. Objective: This work aims to present an automated fall detection and notification methodology through the use of the android smartwatches embedded accelerometer and threshold based algorithms. Notifications of falls will be sent to emergency contacts. Results: The developed system reached satisfactory results, with 89,29% of specificity, 75% of recall and 83,33% of accuracy.*

Conclusion: *We could observe that Home e-Care and the TBA are a robust and viable solution for automated fall detection, and can improve the elderly's quality of life.*

Keywords: *Signal Processing, Computer-Assisted, Accidental Falls, smartphones.*

Introdução

A população mundial está envelhecendo, e o número total de idosos vai dobrar até 2050, sendo que no Brasil esse número deverá triplicar. Segundo relatos da Organização Mundial da Saúde (OMS), pela primeira vez na história da humanidade a população de idosos no mundo irá superar a população de até 15 anos, inclusive no Brasil¹.

Pessoas acima de 60 anos normalmente possuem as condições físicas mais debilitadas além de outras possíveis complicações de saúde oriundas da idade, tornando-os cada vez mais dependentes da ajuda de terceiros a medida em que vão envelhecendo².

O problema é que nem sempre o idoso poderá contar com a ajuda de outra pessoa em tempo integral. Essa é a preocupação de muitas famílias que possuem os parentes idosos, pois em muitos casos

não possuem tempo suficiente para dedicar, aos seus relativos, que ficam sozinhos em suas residências, suscetíveis aos mais diversos tipos de acidentes domésticos, como quedas não intencionais.

Se torna perigoso para um idoso permanecer muito tempo sozinho, ou até mesmo morar longe de outras pessoas, devido ao risco de acidentes domésticos, principalmente pela demora no atendimento, quadro agravado pelo estado atual de saúde do mesmo.

A demora para ser atendido costuma ser mais perigosa que o acidente por si só, pois as quedas podem resultar em diversas fraturas e lesões temporárias ou permanentes, podendo inclusive levar ao óbito³. Existe ainda o fator psicológico onde o idoso se torna cada vez mais dependente de terceiros para realizar suas atividades rotineiras, devido ao medo de recorrência dos acidentes.

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS)³, a cada ano, aproximadamente 28% a 35% das pessoas acima de 65 anos sofrem ao menos uma queda e esse número sobe para 32% a 42% nas pessoas que tem mais de 70 anos.

Com a intenção de reduzir o problema e aumentar a qualidade de vida de idosos, a tecnologia tem desenvolvido Sistemas Pessoais de Atendimento Emergencial, do inglês *Personal Emergency Response System* (PERS). Um PERS é um sistema eletrônico de alarme pessoal responsável por detectar a presença de situações de risco para a saúde de seu usuário e gerar notificações⁴.

Tal notificação pode ser gerada através de softwares desenvolvidos para dispositivos como *smartphones* e *smartwatches*, que contam com aproximadamente um bilhão de usuários no mundo em 2015, sendo que somente no Brasil são 48,6 milhões de usuários, e esse número só tende a aumentar nos próximos anos⁵, onde é possível detectar quedas através do uso de um acelerômetro de 3 eixos e de um algoritmo classificador, conforme foi provado em diversos estudos^{6,7,8}.

Por se tratar de dispositivos móveis e a necessidade de rodar em tempo real, o Algoritmo Baseado em Limiares, ou no inglês, *Threshold Based Algorithm* (TBA), é o mais utilizado neste tipo de aplicação. Este é utilizado em diferentes aplicações, como por exemplo no OpenSerum, uma aplicação para o monitoramento de soro hospitalar que utiliza o TBA para detectar se o soro do paciente se encontra em atividade ou não⁹.

Além do TBA, podem ser utilizadas metodologias baseadas em técnicas de aprendizagem de máquina, como no trabalho proposto por Kulkarni, que utiliza os dados provindos do acelerômetro e do magnetômetro presentes em *smartphones* Android em conjunto com um classificador gerado pelo Ambiente Waikato para Análise de Conhecimento, do inglês *Waikato Environment for Knowledge Analysis* (WEKA)^{10,11}. Quando um padrão de queda é detectado em ambos os sensores, é inferido que houve a ocorrência de uma queda e um alerta é gerado e enviado para os contatos de emergência do usuário.

A principal vantagem de se utilizar um classificador como o WEKA vem de sua melhor precisão e adaptabilidade quando comparado com algoritmos mais simples de detecção de quedas. Entretanto, o uso contínuo desse algoritmo de detecção de quedas resultou na diminuição de 43,49% da duração da bateria do *smartphone*, quando comparado com situações onde a aplicação de detecção de quedas não estava sendo executada¹⁰.

Este trabalho tem como objetivo propor o *Home e-Care*, uma ferramenta para a detecção e notificação automatizada de quedas em idosos, fazendo uso da análise do acelerômetro presente nos *smartwatches* para reconhecer o evento de queda. Esta ferramenta ainda tem como capacidades a integração com contatos de emergência e análise de queda prolongada, o que pode significar uma situação de risco para o idoso. Também é importante que a aplicação consiga distinguir corretamente as ocorrências de queda das outras atividades do cotidiano, ou no inglês, *Activities of Daily Living* (ADL).

ADLs são definidas como qualquer atividade comum do cotidiano de uma pessoa, como andar, sentar, subir ou descer uma escada, tomar banho, comer, dormir, entre outros¹².

O restante deste trabalho está organizado da seguinte forma. Na Seção de métodos, temos a descrição detalhada da metodologia proposta para a classificação dos eventos como quedas ou ADLs,

além de informações sobre a implementação. Na Seção de resultados e discussão são apresentados os resultados obtidos através da implementação de referência e discorre sobre eles. A Seção de conclusão apresenta algumas considerações finais e trabalhos futuros. Por fim, na última Seção, encontram-se as referências bibliográficas utilizadas.

Métodos

O *Home e-Care* consiste de vários algoritmos e dispositivos trabalhando em conjunto com a finalidade de agilizar o atendimento ao idoso na ocorrência de uma queda.

Tal objetivo pode ser alcançado através da detecção da queda em tempo real e sua posterior notificação automatizada para contatos de emergência através de diversos meios de comunicação. Após receberem o alerta, os contatos responsáveis pela pessoa acidentada podem acionar um resgate, como por exemplo, uma ambulância.

A Figura 1 exemplifica o funcionamento geral dessa aplicação. O idoso veste um *smartwatch* que possui o *Home e-Care* instalado, e a partir da ocorrência de uma queda, um alerta é gerado e enviado para o *smartphone* pareado via *bluetooth*. Ao receber a mensagem de alerta provinda do *smartwatch*, ela é encaminhada através da internet para o módulo web. Esse módulo então encaminha a mensagem aos contatos de emergência por todos os meios de comunicação cadastrados. Por fim, ao receber a mensagem, os contatos podem acionar um resgate para o idoso acidentado, ou tomar outras providências.

O *Home e-Care* está dividido em três módulos trabalhando em conjunto. Um módulo de detecção de quedas no *smartwatch*, um módulo de comunicação no *smartphone*, e por fim, um módulo web. Cada um deles é responsável por realizar uma etapa do processo de alerta aos contatos de emergência e posterior resgate da pessoa acidentada. Todos são apresentados em detalhes nas subseções seguintes.

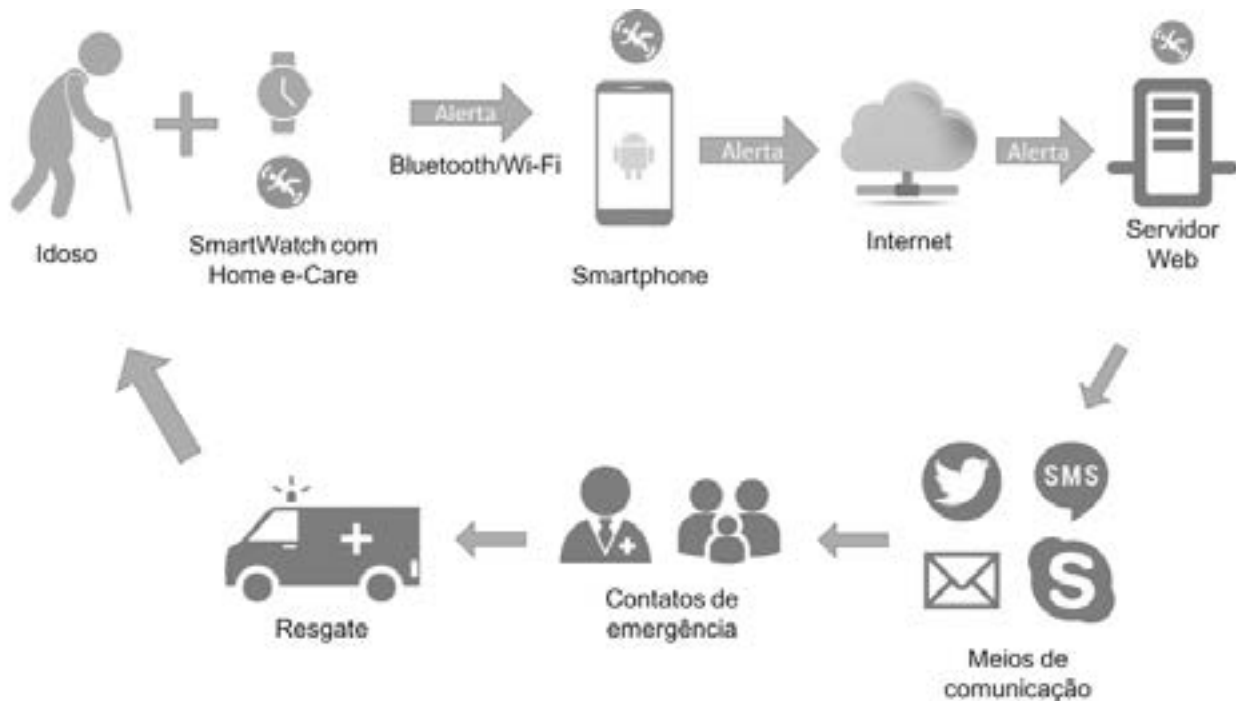


Figura 1: Visão geral do *Home e-Care*.

Módulo de detecção de quedas

O módulo de detecção de quedas que é implantado no *smartwatch* do idoso fica responsável por analisar os dados fornecidos pelo acelerômetro do dispositivo em tempo real, até detectar o padrão de uma queda. A partir desse momento um alerta é enviado. O módulo continua a monitorar os dados fornecidos pelo acelerômetro, para então verificar se a pessoa acidentada continua caída no chão por um período prolongado de tempo, enviando um novo alerta caso isso ocorra.

O acelerômetro fornece dados de aceleração em três eixos, ou seja, é possível detectar a variação na aceleração do usuário, nos eixos ortogonais X, Y e Z.

Como pelo menos um dos eixos sofre com a ação da gravidade é aplicado um Filtro Passa Baixa e posteriormente um Filtro Passa Alta para isolar o sinal gerado pela gravidade e removê-lo dos eixos^{13,14}. Em seguida, com base nessas informações, é calculada a magnitude da aceleração, conforme a Equação 1:

$$M_A = \sqrt{A_X^2 + A_Y^2 + A_Z^2} \quad (1)$$

onde M_A é a magnitude de aceleração e A_X , A_Y e A_Z são as acelerações nos eixos X, Y e Z, respectivamente.

Para analisar o comportamento dessa magnitude de aceleração durante uma queda, foi utilizado um algoritmo coletor de dados rodando no *smartwatch*, que continuamente lê os dados fornecidos pelo acelerômetro, calcula sua magnitude usando a Equação 1 e salva essa informação em um banco de dados.

O *Home e-Care* lê os valores do acelerômetro presente no *smartwatch*, calcula a magnitude da aceleração e aplica o TBA para categorizar o evento como uma queda ou uma ADL.

O algoritmo TBA é baseado na escolha do limiar superior e do limiar inferior estimados conforme experimentos de *Panagiotis et al*¹⁵, sendo limiar superior e inferior, respectivamente, valores entre 10 a 18 m/s² e 2 a 7 m/s². Uma vez que a magnitude exceda o limite superior, o algoritmo detecta que aquele evento pode representar uma possível queda. O processo abre então uma janela de tempo de 6 segundos para verificar essa ocorrência. Após o primeiro pico de aceleração, o algoritmo espera um pequeno intervalo de tempo inferior a 1 segundo, e se após esse intervalo a aceleração ainda estiver acima do limite inferior, um contador interno de ocorrências é incrementado. Esse processo se repete enquanto a janela de tempo não ultrapassar os 6 segundos.

Após essa etapa, o algoritmo verifica o valor armazenado no contador de ocorrências, que representa quantas vezes a condição anterior foi verdadeira. Se esse valor for menor que um número pequeno, a ocorrência pode ter sido ativada por um movimento súbito da pessoa monitorada, e caso o contador seja maior que um valor, o evento não categoriza uma queda, e sim alguma outra atividade como uma corrida ou outra atividade física mais intensa. Porém, caso o valor do contador seja, aquele evento caracteriza uma queda real e um alerta deve ser gerado. Os valores de M_A e C foram estimados conforme *Panagiotis et al*¹⁵. Os valores de comparação do contador podem assumir M_A e C . Tais parâmetros variam de acordo com a idade, peso e altura da pessoa que está utilizando o *smartwatch*. Esses valores foram aplicados no *Home e-Care*, como mecanismo automatizado de detecção de quedas.

A Figura 2 demonstra o fluxo de eventos desse processo. O módulo funciona com base em um serviço que fica rodando em segundo plano no *smartwatch*, continuamente lendo os dados fornecidos pelo acelerômetro, filtrando e processando o sinal para então aplicar o algoritmo de detecção de queda propriamente dito.

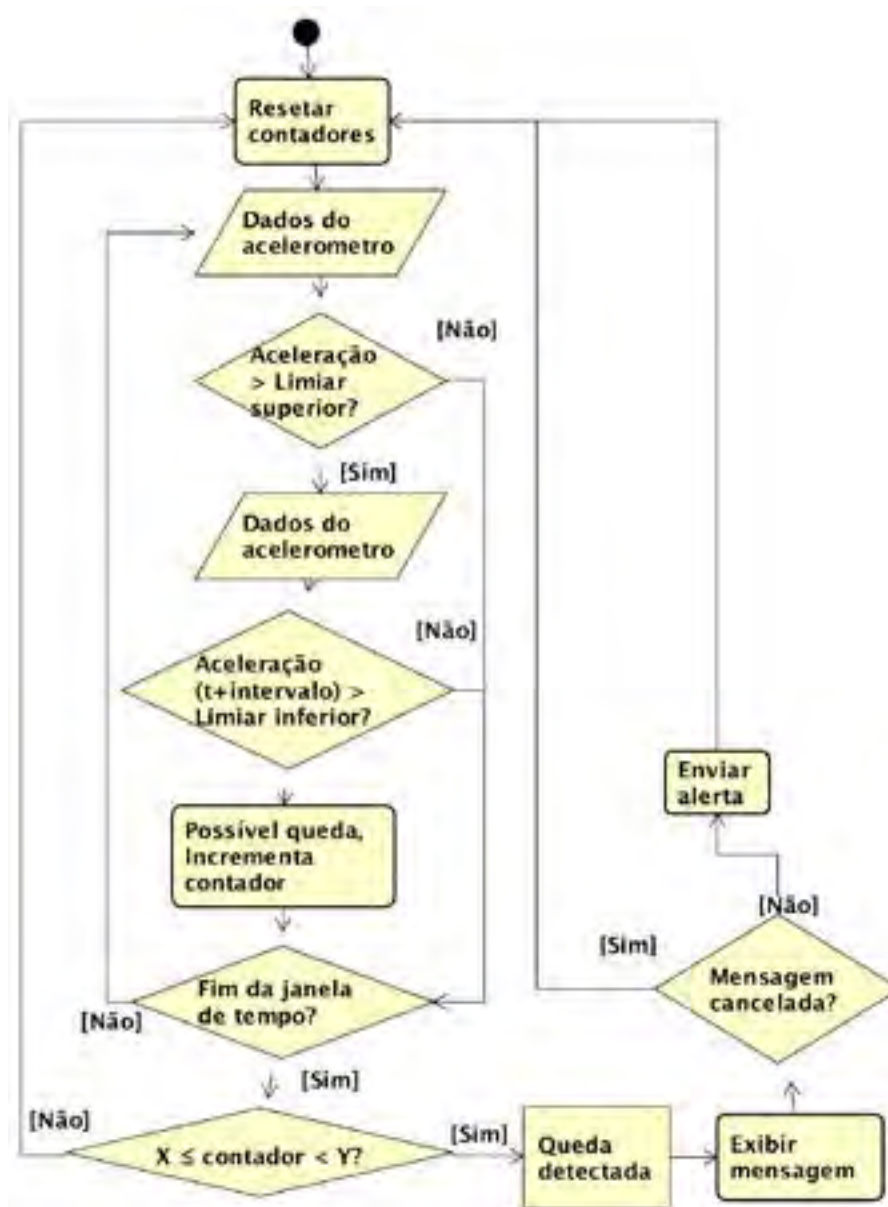


Figura 2: Algoritmo de detecção de quedas utilizado no *Home e-Care*

Conforme a Figura 3, uma vez que um padrão de queda for detectado, o serviço utilizará do gerador de notificações para exibir uma mensagem na tela do *smartwatch* com um *timer* em contagem regressiva, dando a possibilidade de o usuário cancelar o envio do alerta caso tenha sido um falso positivo, ou caso a pessoa julgar desnecessário um resgate. Caso a mensagem não seja cancelada depois de um determinado tempo, o relógio enviará uma mensagem de alerta para o *smartphone* utilizando a API de comunicação do sistema.

Uma vez que o alerta de queda for gerado, o algoritmo continuará recebendo valores do acelerômetro, com o intuito de verificar o comportamento da pessoa acidentada. Nessa etapa do processo é aplicado um limiar de aceleração independente da etapa anterior. Esse novo limiar será utilizado para determinar se a pessoa conseguiu ou não se recuperar da queda dentro de um curto período de tempo pré-determinado.

Caso a pessoa não se levante até o fim desse tempo, o *smartwatch* irá gerar uma nova notificação, que assim como na primeira etapa, pode ser cancelada pelo usuário caso ele consiga e julgue necessário. O processo é demonstrado graficamente pelo fluxograma da Figura 4.



Figura 3: Capturas de tela do *smartwatch*. (a) Notificação com *timer*.
(b) Opção de cancelar o alerta no *smartwatch*

Módulo *smartphone*

O módulo do *smartphone* possui a função de manter um registro dos alertas recebidos pelo *smartwatch* e de encaminhá-los para o módulo web, além de garantir que essas mensagens sejam entregues corretamente, efetivamente funcionando como uma ponte entre o *smartwatch* e o mundo exterior.

O *smartphone* fica ativo escutando o *smartwatch* pareado até receber algum alerta de que uma queda foi detectada. Quando tal evento ocorrer, o *smartphone* cria um registro em seu banco de dados interno e envia o alerta para o módulo web, através do protocolo HTTP via POST.

Caso o envio falhe por problemas na conexão, o algoritmo realiza novas tentativas até que o envio seja concluído. O processo para envio dos alertas de atendimento urgente segue exatamente os mesmos passos dos alertas comuns.

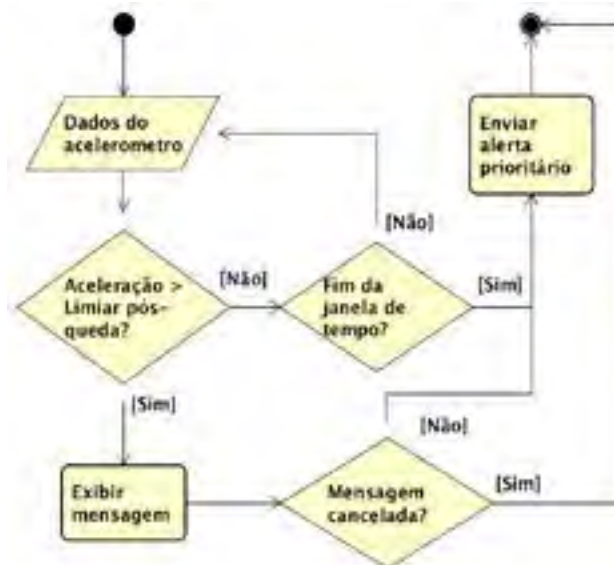


Figura 4: Análise de comportamento pós queda. Para verificar se a pessoa permanece no chão.
Módulo web

O módulo web tem como principais funções receber todas as mensagens geradas pelos *smartphones* dos idosos, criar um registro dessas ocorrências e encaminhar os alertas para os respectivos contatos de emergência de cada idoso, usando os diversos meios de comunicação cadastrados no banco de dados desse módulo.

O módulo web escuta continuamente por alertas enviados pelos *smartphones* cadastrados no sistema. As mensagens são recebidas utilizando o protocolo HTTP, com métodos POST. Ao receber um alerta, esse módulo salva o evento em seu banco de dados para referências futuras e automaticamente notifica os contatos de emergência, enviando mensagens pelos meios de comunicação cadastrados, como e-mail, Twitter, SMS, Skype em texto ou voz, entre outros. Nesta implementação de referência está disponível a notificação via Twitter, conforme ilustrado pela Figura 5.



Figura 5: Exemplo de alerta recebido via Twitter emitido pelo *Home e-Care*

Os contatos de emergência, ao receberem a mensagem do módulo web ficarão cientes que a pessoa monitorada sofreu um acidente e poderão escolher a melhor forma de abordar o evento, seja ligando para a pessoa, ou chamando uma ambulância para resgatá-la.

Resultados e Discussão

Todos os experimentos foram realizados com o *smartwatch* Motorola Moto 360, rodando a versão 5.1 do *Android Wear* pareado com um *smartphone* Motorola Moto Maxx XT1225, rodando a versão 5.0.2 do Android. O relógio estava fixado no braço esquerdo durante todos os testes. Os parâmetros do algoritmo de detecção de quedas, descritos na Seção de métodos, foram configurados conforme a Tabela 1.

Tabela 1: Parâmetros de configuração do algoritmo de detecção de quedas.

Campo de configuração	Valor utilizado	Unidade de medida
Limiar superior	18	m/s ²
Limiar inferior	7	m/s ²
Limite inferior do contador	1	Número de ocorrências
Limite superior do contador	10	Número de ocorrências
Janela de tempo de detecção	6	Segundo
Intervalo de tempo entre contagens	150	Milissegundos

Para verificar a eficiência e confiabilidade do algoritmo de detecção de quedas utilizado pelo módulo do *smartwatch*, foram realizados um total de 240 testes, sendo que 140 correspondem a ADLs e 100 correspondem a quedas simuladas.

As ADLs foram divididas em: andar, correr, subir escadas, descer escadas, sentar, levantar e acenar. Enquanto os testes de queda foram divididos em: queda frontal, queda de costas, queda lateral

com impacto no lado esquerdo do corpo, queda lateral com impacto no lado direito do corpo e queda de joelhos. Cada categoria de teste foi repetida 20 vezes.

Durante a execução de cada caso de teste, foi observado se o algoritmo conseguiria categorizar corretamente a atividade que estava sendo executada, ou seja, se um alerta era gerado ou não durante as ADLs e as quedas simuladas. Os resultados foram anotados em duas tabelas, uma para os testes com ADLs e outra para os testes de quedas.

Após realizar a coleta de dados, foi montada a matriz de confusão apresentada na Tabela 2. Além disso, cada caso de teste teve sua taxa de acertos calculadas conforme ilustrado nos gráficos presentes nas Figuras 7 e 8. Com esses dados, tornou-se possível analisar a eficiência do *Home e-Care*.

Tabela 2: Matriz de confusão dos experimentos realizados.

Matriz de confusão	Queda (Real)	Não-Queda (Real)	Total classificado
Queda (Classificado)	75	15	90
Não-Queda (Classificado)	25	125	150
Total real	100	140	240
Sensibilidade		75%	
Especificidade		89,29%	
Precisão		83,33%	
Acurácia		83,33%	

Foi possível detectar corretamente três a cada quatro quedas testadas, caracterizando uma sensibilidade de 75%. Dentre as 90 quedas detectadas pelo *Home e-Care*, 75 foram quedas verdadeiras, enquanto 15 foram falsos positivos, caracterizando uma precisão de 83,33%.

Entre as 140 ADLs testadas, 125 foram corretamente classificadas como tal, resultando em uma especificidade de 89,29%. De um total de 240 casos de teste realizados, 200 foram corretamente categorizados, ou seja, a acurácia do *Home e-Care* foi de 83,33%.

Diante das métricas obtidas é possível concluir que o *Home e-Care* obteve resultados promissores na detecção de quedas de seus usuários. Conforme as estatísticas por grupo de ADL, apresentada na Figura 6, dentre os 7 tipos de ADL, o *Home e-Care* classificou com 100% de acurácia 3 tipos, ou seja, nos testes em que o usuário precisou andar, subir escadas e descer escadas, não houve nenhum falso positivo. Essa eficiência se deve ao fato da magnitude de aceleração não alcançar o limiar superior utilizado pelo algoritmo de detecção de quedas.

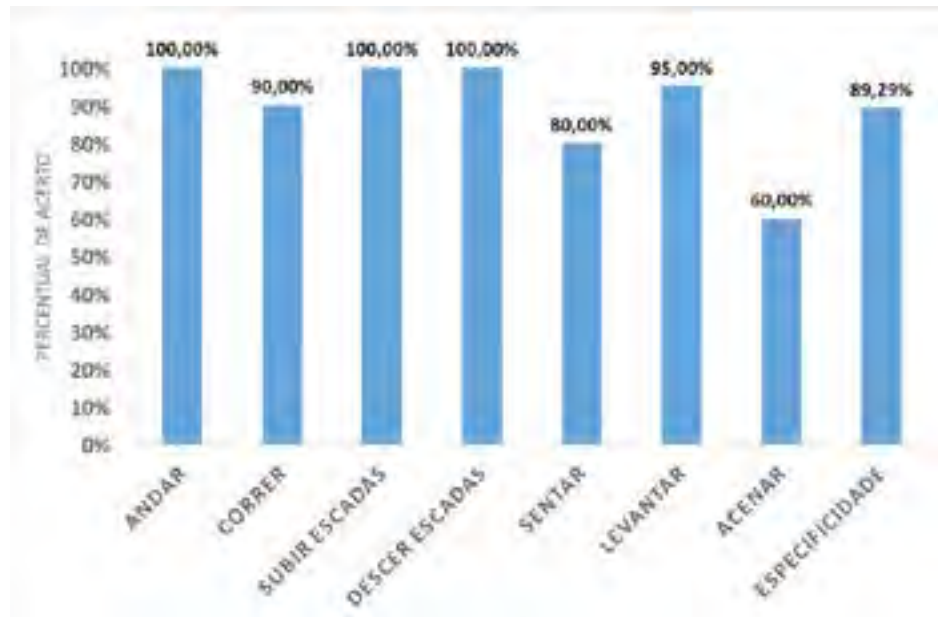


Figura 6: Resultado dos testes de ADL

Ao testar o *Home e-Care* em situações onde o usuário estava correndo, obteve-se uma acurácia de 90%. Os casos que geraram falsos positivos ocorreram quando a corrida teve uma duração inferior à janela de tempo de 6 segundos utilizada como parâmetro do algoritmo de detecção de quedas.

Os testes caracterizados como sentar em uma cadeira resultaram em uma acurácia de 80%, sendo que os falsos positivos somente foram gerados em alguns casos em que o usuário sentou subitamente na cadeira, o que gerou um padrão de aceleração similar ao de uma queda.

Os testes em que o usuário precisou levantar-se da cadeira resultaram em uma acurácia de 95%, sendo que o único caso que gerou um falso positivo ocorreu quando o ato de se levantar foi súbito e similar a um pulo para fora da cadeira.

O *Home e-Care* teve seu pior resultado nos testes em que o usuário acenou com o braço onde o *smartwatch* estava fixado, classificando corretamente apenas 60% dessa ADL, pois nesses testes a magnitude de aceleração alcançou valores similares aos observados em uma queda real devido à rápida movimentação do pulso.

Com base nas informações sobre acerto nas categorias de quedas, apresentadas na Figura 7, é possível verificar que o *Home e-Care* conseguiu melhores resultados de classificação nas quedas frontais e de costas, obtendo uma taxa de acerto de 90% em ambos os tipos de queda.

Os testes com quedas laterais também apresentaram acurácia satisfatória, onde 70% das quedas com impacto no lado direito e 85% das quedas com impacto no esquerdo do usuário foram corretamente classificadas. Também pode-se observar que o *Home e-Care* teve um desempenho maior na detecção das quedas com o impacto no lado esquerdo, onde o *smartwatch* estava localizado.

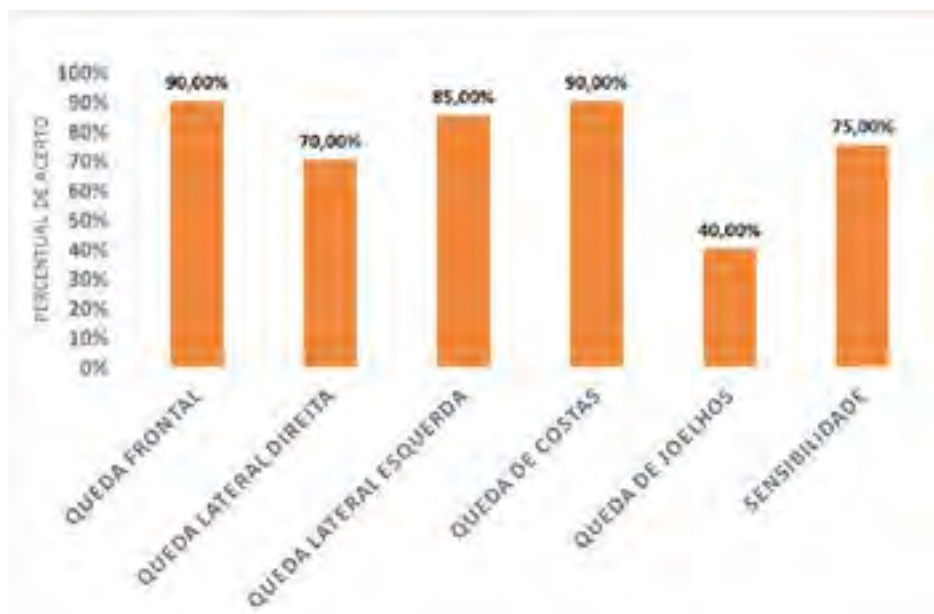


Figura 7: Resultado dos testes de queda

Por fim, observou-se que o *Home e-Care* teve o seu pior resultado nos testes onde o usuário caía de joelhos, classificando corretamente apenas 40% dessas quedas. Tal resultado se deve ao fato desse tipo de queda ser mais suave e pela distância entre o *smartwatch* e o ponto de impacto. Neste caso, é comum que a vibração causada pelo impacto não gere uma magnitude de aceleração suficientemente alta para alcançar o limiar superior de aceleração.

Conclusão

Este trabalho apresentou uma solução para o problema de acidentes de queda em pessoas da terceira idade, através do desenvolvimento de um PERS automatizado denominado *Home e-Care*.

Após a realização de testes com o *Home e-Care*, verificou-se que esse PERS obteve resultados promissores na detecção de quedas e notificação automatizada. Vale ressaltar que com a criação do módulo *web* do *Home e-Care*, é possível trabalhar com notificações de uma forma genérica, pois esse módulo funciona como uma central, podendo receber alertas gerados por outros dispositivos de monitoramento além do detector de quedas do módulo do *smartwatch*. Ou seja, efetivamente é possível expandir o *Home e-Care* para monitorar e notificar outras situações de risco.

Portanto, conclui-se que o objetivo desse trabalho foi alcançado, pois o TBA utilizado pelo *Home e-Care* foi testado e validado, e os alertas foram corretamente encaminhados quando eventos de queda foram detectados. Entretanto torna-se necessário um estudo mais aprofundado de outras técnicas além do TBA, de forma a melhorar a acurácia do PERS e torná-lo mais confiável.

Como trabalhos futuros, aponta-se utilizar a técnica de fusão de sensores, ou seja, agregar os outros sensores presentes no *smartwatch* em conjunto com o acelerômetro, para melhorar a sua eficiência, e enviar a localização do GPS após a detecção da queda. Ainda é desejável que seja realizado estes do *Home e-Care* em ADLs com usuários idosos, de forma a obter resultados mais próximos da realidade do seu público alvo, dentro evidentemente de todos os parâmetros de segurança. Pretende-se ajustar os limiares de acordo com o perfil do usuário que utiliza o *Home e-Care* e analisar outros fatores que influenciam na detecção da queda, como a idade, peso e altura do usuário. E finalmente, temos interesse em fazer análises usando outros classificadores, como o *cost-Sensitive Support Vector Machine* com a finalidade de melhorar a taxa de sensibilidade da aplicação.

Agradecimentos

Os autores agradecem à CAPES e a FAPEMA, pelo apoio financeiro.

Referências

- [1] World Health Organization. WHO: Number of people over 60 years set to double by 2050; major societal changes required. [Online].; 2015 [cited 2016 Janeiro 05. Available from: <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2015/older-persons-day/en/> .
- [2] World Health Organization. World report on Ageing and Health. Estático. Geneva: World Health Organization, WHO; 2015. Report No.: ISBN 9789240694811.
- [3] World Health Organization. WHO global report on falls prevention in older age. Estático. Geneva: World Health Organization, Ageing, and Life Course Unit; 2007. Report No.: 9789241563536.
- [4] Edlich RF, Redd JL, Zura RD, Tanner AE, Walk EE, Wu MM. Personal emergency response systems. *Journal of Burn Care & Research*. 1992 agosto; p. 453-459.
- [5] eMarketer. eMarketer. [Online].; 2014 [cited 2016 janeiro 05. Available from: <http://www.webcitation.org/6iBlGIFiK> .
- [6] Kazi SB, Sikander S, Yousafzai S, Mazhar S. Fall Detection Using Single Tri-Axial Accelerometer. In ASEE 2014 Zone I Conference; 2014; Bridgeport. p. 4.
- [7] Panagiotis K, Nunes T, Salvi K, Deriaz M, Torrent J. Increased Fall Detection Accuracy in an Accelerometer-Based Algorithm Considering Residual Movement. In 4th International Conference on Pattern Recognition Applications and Methods; 2015; Lisbon. p. 7.
- [8] Luque R, Casilari E, Morón MJ, Redondo G. Comparison and characterization of android-based fall detection systems. *Sensors*. 2014 novembro; 14(10): p. 18543-18574.
- [9] da Silva Silva C, Sarinho VT. OpenSerum--Um Sistema Aberto de Monitoramento de Soro Hospitalar. *Journal of Health Informatics*. 2016 abril; 8(2).
- [10] Chaitanya Kulkarni D. Design and Development of a Smartphone-based Fall Detection and Alerts Generation System [Masters]. NC State University; 2011.
- [11] Hall M, Frank E, Holmes G, Pfahringer B, Reutemann P, Witten I. The WEKA data mining software. *SIGKDD Explor Newsl*. 2009;11(1):10.
- [12] Foti D, Kanazawa L. Activities of daily living. *Pedretti's Occupational Therapy: Practice Skills for Physical Dysfunction*. 2008; 6(7): p. 146-194.
- [13] Kircher K. Kircher Electronics. [Online].; 2014 [cited 2016 fevereiro 20. Available from: <http://www.webcitation.org/6iBosBQXi> .
- [14] Android. Motion Sensors. [Online].; 2016 [cited 2016 fevereiro 22. Available from: <http://www.webcitation.org/6iBpM4TRf> .
- [15] Panagiotis K, Nunes T, Salvi K, Deriaz M, Torrent J. F2D: A fall detection system tested with real data from daily life of elderly people. In IEEE HEALTHCOM 2015, 17th International Conference on E-health Networking, Application & Services; 2015; Boston: IEEE. p. 7.

Contato

Maurício César Pinto Pessoa
Programa de Pós-Graduação em Ciência
da Computação – Universidade Federal do
Maranhão (UFMA)
mauricio.ufma@gmail.com

MÉTODOS PARA AVALIAÇÃO DE SISTEMAS DE APOIO À DECISÃO

Gabrielle dos Santos Leandro¹ e Claudia Maria Cabral Moro¹

¹ Programa de Pós-graduação em Tecnologia em Saúde (PPGTS), Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUC-PR), Brasil

Resumo: Os sistemas de apoio a decisão em saúde (SAD) devem ser avaliados abordando vários aspectos, porém definir a metodologia para esta tarefa requer conhecimento dos métodos disponíveis e de como utilizá-los. **Objetivo:** Identificar as principais metodologias para avaliação de SAD, indicando como aplicá-las. **Método:** Revisão sistemática no PubMed (maio de 2006 a maio de 2016), incluindo descrição dos principais métodos identificados. **Resultados:** No aspecto usabilidade, a tendência são metodologias que avaliam a sequência de tarefas, seguidos pelas entrevistas, *think-out-loud sessions*, questionários e vídeos. A metodologia predominante para avaliação da eficácia foi o ensaio controlado randomizado; na eficiência, a análise de indicadores; na confiabilidade, a comparação dos dados; e na efetividade, as entrevistas, questionários, análise de documentos e estudo de coorte. **Conclusão:** Para assegurar a qualidade da avaliação dos SADs propõem-se a integração de diferentes métodos de avaliação abordando diversos aspectos.

Descritores: Sistemas de Apoio a Decisões Clínicas, Avaliação em Saúde, Avaliação.

Abstract: The clinical decision-support system (CDSS) should be evaluated considering different aspects, but to define the methodology to this task is necessary to know the available methods and how to use them. **Objective:** Identify the main methodologies for CDSS evaluation, indicating how to apply them. **Methods:** Systematic review on PubMed (May 2006 to May 2016), including descriptions of the main methods. **Results:** Considering the usability aspect, trends are methods to evaluate tasks' sequence, followed by interviews, *think-out-loud sessions*, questionnaire and videos. Randomized controlled trial is the major method related to efficacy evaluation; to efficiency, indicator's analysis; data comparison to reliability aspect; and in effectiveness, interview, questionnaires, document analysis and cohort study. **Conclusion:** To ensure CDSS evaluation quality, the proposal is to integrate several evaluation methods integrating deferent aspects.

Keywords: Clinical Decision Support Systems, Health Care Evaluation Mechanisms, Evaluation Studies as Topic.

Introdução

Apoio à decisão clínica engloba o fornecimento de informações selecionadas de forma inteligente, apresentadas aos profissionais de saúde em momentos apropriados, e com o intuito de melhorar a assistência ao usuário⁽¹⁾.

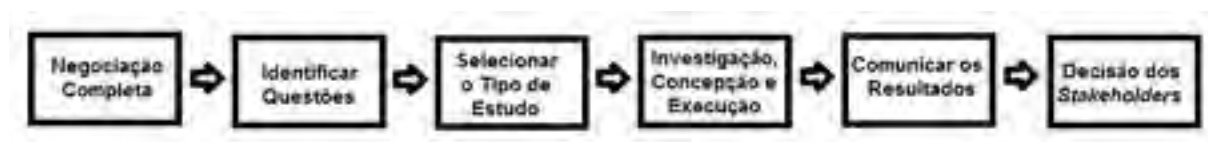
A partir desse conceito, os sistemas de apoio à decisão (SAD) auxiliam na recuperação de informações do paciente, considerando seu contexto clínico particular, oferecendo assim, informações e recomendações diante de uma situação específica. Sua utilização tende a crescer por razões como: aumento dos desafios relacionados à gestão da informação na prática clínica, a pressão para adotar o registro eletrônico em saúde, e o crescente objetivo dos serviços de saúde em oferecer um atendimento personalizado⁽²⁾.

Mesmo com tantos benefícios, a aplicação do SAD não é totalmente isenta de danos, pois sistemas mal concebidos, mal implementados, ou mal utilizados, podem gerar consequências não intencionais

e introduzir novos tipos de erros médicos, sendo fundamental que esses sistemas sejam devidamente avaliados e testados⁽²⁾. Dessa forma, a avaliação dos SADs se torna indispensável, sendo necessárias análises que avaliem o máximo de suas características⁽³⁾.

Nesse contexto, a avaliação de tecnologias em saúde (ATS) pode ser definida como um processo contínuo de avaliação que visa ao estudo sistemático das consequências tanto a curto quanto a longo prazo da utilização de uma determinada tecnologia ou de um grupo de tecnologias ou de um tema relacionado à tecnologia no setor saúde⁽⁴⁾. Ela é o ato de medir ou explorar propriedades de um sistema de informação em saúde (SIS), nos momentos do planejamento, desenvolvimento, aplicação ou funcionamento, sendo que seus resultados dão suporte para a tomada de decisão do gestor em um contexto específico, pois por meio da ATS são avaliadas qualidade, valor, efeitos e impactos da tecnologia da informação no ambiente de cuidados de saúde⁽⁵⁾.

Os vários tipos de estudo de avaliação podem ser divididos em etapas, conforme ilustra a Figura 1. Os estudos devem começar com uma fase de negociação envolvendo todos os responsáveis pela realização do estudo, avaliadores e partes interessadas; seguido pela identificação das questões que determinam o que vai ser avaliado⁽⁶⁾. As questões identificadas podem ser classificadas de acordo com o aspecto envolvido: usabilidade, eficácia, eficiência, confiabilidade dos dados e efetividade⁽⁷⁾. No quadro 1 são apresentados os principais utilizados na avaliação de SIS, suas definições e perguntas relacionadas.



Fonte: Adaptado de Friedman e Wyatt ⁽⁶⁾

Figura 1 - Estrutura geral de todos os tipos de Estudos de Avaliação

Quadro 1 - Principais aspectos abordados na avaliação de SIS.

Aspecto	Definição	Perguntas
Usabilidade	Avalia a simplicidade, naturalidade, uso efetivo da linguagem, interações eficientes, facilidade da leitura, preservação do contexto, facilidade de aprendizado ⁽⁸⁾ .	O sistema é fácil de usar? ⁽¹⁰⁾
Eficiência	Refere-se aos estudos de custo-efetividade ou custo-utilidade ⁽⁸⁾ . Recursos relevantes podem incluir o tempo para completar a atividade (recursos humanos), materiais, ou o custo financeiro de uso ⁽⁹⁾ .	Qual a relação custo benefício do recurso tecnológico? ⁽⁴⁾
Confiabilidade dos dados	Os dados devem ser adequados para a tomada de decisão informada, eles não devem ser excessivos, e com qualidade, evitando imprecisões, diferenças na terminologia, ilegibilidade, entre outros ⁽²⁾ .	Pode se confiar nos dados introduzidos, gerados e no resultado final? ⁽¹⁰⁾
Eficácia	Probabilidade de que indivíduos de uma população definida obtenham um benefício da aplicação de uma tecnologia a um determinado problema em condições ideais de uso ⁽⁴⁾ .	O sistema trará benefícios em situações ideais? ⁽¹⁰⁾
Efetividade	Probabilidade de que indivíduos de uma população definida obtenham um benefício da aplicação de uma tecnologia a um determinado problema em condições normais de uso ⁽⁴⁾ .	O sistema trará benefícios em situações reais? ⁽¹⁰⁾

Depois da seleção do tipo de estudo, inicia-se a investigação, concepção e execução da avaliação. Nessa fase, duas formas tradicionais de pesquisas de avaliação podem ser encontradas: as quantitativas e qualitativas⁽⁶⁾, e um dos principais problemas é a escolha adequada dos métodos de avaliação⁽¹¹⁾, pois para que uma avaliação tenha êxito, essas etapas devem estar bem elaboradas. Posteriormente, segue-se a fase de comunicação dos resultados permitindo que os *stakeholders* possam tomar a decisão mais assertiva a respeito do recurso tecnológico⁽⁶⁾.

A ATS pode ser dividida em avaliação formativa e avaliação sumativa. A avaliação formativa é aquela realizada durante o processo de desenvolvimento do sistema, com o intuito de fornecer informações para melhorar sua implementação. A avaliação sumativa é focada em avaliar o efeito ou resultado do sistema desenvolvido após a implementação⁽⁵⁾. Os dois tipos de avaliação são de suma importância para garantir a qualidade do *software*, contudo neste estudo será abordado a avaliação sumativa.

A avaliação sumativa é uma tarefa complexa, envolvendo a definição de objetivos e abordagens a serem utilizadas, considerando os interesses da instituição em que é realizada, podendo englobar diferentes aspectos, tais como: eficiência, eficácia, efetividade, confiabilidade e usabilidade⁽¹⁰⁾, esses aspectos são os mais avaliados quando se considera os aspectos humanos e sócio técnicos⁽¹²⁾.

Pouco se encontrou, contudo, na literatura sobre os principais tipos de metodologias utilizadas para a avaliação sumativa de cada um dos aspectos citados e o que se propõem avaliar. Portanto, o objetivo deste estudo é pesquisar quais são as principais metodologias utilizadas na avaliação sumativa de SAD abordando os aspectos: eficiência, eficácia, efetividade, confiabilidade e usabilidade; e posteriormente, realizar uma breve descrição sobre cada uma destas metodologias considerando a fase da avaliação, a confiabilidade do método, o grau de dificuldade da aplicabilidade e o custo da avaliação.

Métodos













Como parte do objetivo deste estudo é pesquisar quais são as principais metodologias utilizadas na avaliação sumativa de SAD de acordo com os aspectos mais utilizados, foi realizado um levantamento bibliográfico da seguinte maneira:

Para pesquisar por usabilidade se buscou os termos ((*method usability evaluation*) OR *method usability assessment*) AND *clinical decision-support system*, para eficiência foi procurado por ((*method efficiency evaluation*) OR *method efficiency assessment*) AND *clinical decision-support system*, para confiabilidade usou-se (((*method reliability evaluation*) OR *method reliability assessment*) AND *clinical decision-support system*) AND *health information system*, para eficácia foi utilizado ((*method efficacy evaluation*) AND *clinical decision-support system*) AND *health information system*; e finalmente, para efetividade investigou-se ((*method effectiveness evaluation*) AND *clinical decision-support system*) AND *health information system*. Essas buscas foram realizadas na base de dados PubMed, limitando os estudos realizados do tipo humano, considerando o período de maio de 2006 a maio de 2016.

A busca voltou os seguintes resultados: usabilidade (76 artigos), eficiência (68 artigos), confiabilidade (28 artigos), eficácia (30 artigos), efetividade (75 artigos). Foi lido o resumo de cada artigo e identificado o tipo do estudo e a metodologia utilizada. Para o critério de inclusão, foi avaliado se o tema realmente era avaliação de SAD, se o estudo trazia a descrição do método utilizado (sendo excluídos os artigos de revisão bibliográfica); e, por último, se a metodologia realmente avaliava o aspecto pertinente, nos casos que não abordava o tema pesquisado, o artigo foi incluso no aspecto correto com o intuito de obter a maior quantidade de informações relevantes sobre o assunto. Após esse refinamento, foram identificados 47 artigos de avaliação de usabilidade, 6 de eficiência, 7 de confiabilidade, 6 de eficácia e 19 de efetividade.

Na descrição dos principais métodos utilizados considerou-se a fase da avaliação, a confiabilidade do método, o grau de dificuldade da aplicação e o custo da avaliação, fundamentando-se no *Handbook* de Métodos de Avaliação de Informática em Saúde⁽¹³⁾, que para melhor compreensão foi explicado no Quadro 2.

Quadro 2 – Legenda para classificação dos métodos de avaliação.

Fases da avaliação	
	Fase exploratória. Inicia com a concepção da ideia para uma solução e aborda as questões estratégicas, tais como objetivos, intenções, princípios básicos, relevância e viabilidade ⁽¹³⁾ .
	Fase de desenvolvimento técnico. Esta fase preocupa-se com a implementação técnica. Os métodos inclusos nessa fase auxiliam no desenvolvimento e instalação da tecnologia da informação ⁽¹³⁾ .
	Fase de adaptação. Abrange as fases iniciais da prática real do sistema de tecnologia da informação na operação diária, com foco na adaptação, procedimentos de trabalho e funções do sistema para o usuário ⁽¹³⁾ .
	Fase de evolução. Esta fase inclui a manutenção a longo prazo e um maior desenvolvimento do sistema, tanto em termos técnicos e organizacionais. As atividades de avaliação nesta fase estão preocupados com a avaliação dos efeitos imprevistos ou adversos e efeitos a longo prazo em uma ampla perspectiva organizacional, incluindo o cumprimento dos objetivos e avaliação do impacto ⁽¹³⁾ .
Confiabilidade do método	
	Um <i>smiley</i> significa que o método deve ser usado somente se não tiver outro melhor disponível para o mesmo propósito ⁽¹³⁾ .
	Dois <i>smileys</i> significa que este método é adequado para a finalidade indicada podendo existir problemas na sua aplicação, mas estes podem ser superados ⁽¹³⁾ .
	Três <i>smileys</i> indicam que o método é adequado para o propósito ⁽¹³⁾ .
Grau de dificuldade em aplicar o método	
	Pouca, pessoas com pouco conhecimento prévio ou experiência no método apresentado podem aplicá-lo ⁽¹³⁾ .
	Dificuldade média. Estes métodos precisam de uma compreensão da teoria do método, princípios, abordagens e experiência prévia ⁽¹³⁾ .
	Difícil. Para usar estes métodos é necessário o cumprimento de pré-requisitos especiais com relação à formação profissional ⁽¹³⁾ .
Custo da aplicação	
	O símbolo do <i>dinheiro</i> refere-se à magnitude dos recursos econômicos necessários à realização de uma avaliação por meio deste método. Não é possível colocar uma classificação mais específica sobre esse aspecto, uma vez que depende muito do tipo de sistema, a necessidade específica de exatidão e precisão, e outras condições locais. Quanto mais <i>dinheiro</i> , mais caro ⁽¹³⁾ .
	
	

Fonte: Adaptado de Brender⁽¹³⁾

Resultados e Discussões

Durante esse estudo, foi constatado que os termos eficiência, eficácia e efetividade nem sempre foram utilizados conforme a definição fornecida aqui. Por exemplo, quando se buscou por *usability* (usabilidade) muitos estudos traziam acoplados os termos de eficácia e efetividade. Quando foi pesquisado *effectiveness* (efetividade), muitos resultados traziam o termo *cost-effectiveness* (custo-efetividade), o artigo abordava a avaliação da eficiência do sistema. A palavra *efficacy* (eficácia) trouxe resultados que abordavam pesquisas de efetividade e algumas vezes usabilidade. Já, *efficiency* resultou em alguns artigos que tratavam de efetividade e usabilidade. Sendo assim, para não perder artigos devido a essa dificuldade conceitual dos termos, estes artigos foram reclassificados.

A Tabela 1 mostra a porcentagem dos artigos encontrados nas buscas iniciais, conforme descrito na metodologia, a quantidade que possuía os requisitos para serem inclusos nesse estudo, os descartados por não estarem dentro dos critérios, e os artigos adicionados das outras buscas devido à dificuldade conceitual dos termos.

Tabela 1 – Classificação dos artigos para o estudo.

Aspectos	Artigos da pesquisa inicial				Artigos de outras buscas	
	Utilizados		Descartados		Nº	P(%)
	Nº	P(%)	Nº	P(%)		
Usabilidade	41	50%	35	43%	6	7%
Eficiência	2	3%	66	91%	4	6%
Confiabilidade	7	25%	21	75%	0	0%
Eficácia	5	16%	25	81%	1	3%
Efetividade	9	11%	66	77%	10	12%

No aspecto usabilidade, a porcentagem de artigos descartados foi menor, em contraste com eficiência e eficácia, nesses quesitos muitos artigos corresponderam a pesquisas de efetividade e usabilidade respectivamente. Em usabilidade, termos como eficácia, eficiência e efetividade foram encontrados. Isso justifica-se, pois a ISO 9241-11⁽¹⁴⁾ define usabilidade como a capacidade de avaliar o uso de um produto por um grupo específico de usuários, em certo contexto, coletando dados sobre: a eficácia, a eficiência e a satisfação.

Ao analisar a aplicação de um ou mais métodos para avaliação de cada aspecto, percebeu-se que na avaliação da eficiência, da confiabilidade e da efetividade, foram usados apenas um método de avaliação. Contudo, para usabilidade e eficácia, foram aplicados dois ou mais métodos para a avaliação, conforme mostra a Tabela 2. Isso é justificado, pois testes de usabilidade tradicionais, como o uso de cenários e metodologia tais como o *Think-out-loud* podem fornecer uma avaliação útil, porém incompleta, por isso o uso de outro método, como o *Near-live* pode melhorar o desempenho da avaliação⁽¹⁵⁾.

Tabela 2 – Quantidade de métodos usados na avaliação de cada aspecto.

Quantidade de Métodos	Usabilidade		Eficiência		Confiabilidade		Eficácia		Efetividade	
	Nº	P (%)	Nº	P (%)	Nº	P (%)	Nº	P (%)	Nº	P (%)
Um	19	40%	6	100%	7	100%	2	33%	18	95%
Dois	20	43%	0	0%	0	0%	3	50%	1	5%
Três	6	13%	0	0%	0	0%	1	17%	0	0%
Quatro	2	4%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%

Na avaliação da usabilidade, foi constatado que a maioria dos artigos avaliaram alguma sequência de tarefas realizadas pelo sistema, assim como a realização de entrevistas. Outros procedimentos usados foram o *Think-out-loud sessions*, questionários, vídeos, avaliação do tempo, avaliação heurística, notas sobre o comportamento do usuário, entre outros. A Tabela 3 apresenta os métodos e a quantidade de artigos que avaliaram a usabilidade utilizando esses procedimentos.

Tabela 3 – Métodos de avaliação de usabilidade encontrados na pesquisa.

Métodos	Total	P(%)
Avaliação de tarefas e Critérios Ergonômicos	15	18%
Entrevistas	15	18%
Think-out-loud (TOLs)	12	14%
Questionários	10	12%
Vídeos / Recursos audiovisuais	7	8%
Avaliação do tempo	6	7%
Avaliação heurística	5	6%
Análise comportamental	3	5%
Comparação de Interfaces	2	2%
Near live	2	2%
Questionários da Escala de Likert	2	2%
System Usability Scale (SUS)	2	2%
Grounded Theory	1	1%
I-MeDeSa	1	1%
Delphi Method	1	1%
Morae (®)	1	1%

Na avaliação da eficácia, conforme já relatado em estudos⁽¹⁶⁾, o Ensaio Controlado Randomizado (ECR) é o predominante (33%), seguido por entrevistas (17%), questionários (17%), análise comportamental (17%), recursos audiovisuais (8%) e análise de documentos como prontuários e SAD (8%). Na efetividade, grande parte das metodologias se fundamenta na aplicação de entrevistas e questionários (30%), seguido pela análise de documentos (20%), estudo de Coorte (20%), ECR

(15%), aparecendo ainda algumas metodologias isoladas como: o *HOT-fit evaluation framework*, a Plataforma paralela de modelagem preditiva (PARAMO) e o Processo de Avaliação Rápida, todos com 5% cada.




Na confiabilidade dos dados, a maioria dos estudos trouxe comparação dos dados do SAD com algum parâmetro (43%), a fim de encontrar ilegibilidade ou outro erro, seguido por questionários (29%) realizados para a própria pesquisa ou utilizando o método *Delphi* (14%) e métodos estatísticos (14%).

A análise de indicadores foi o principal método usado na avaliação da eficiência (66%), sendo que alguns utilizados foram *Charge Efficiency Index (CEI)*, *Time Efficiency Index (TEI)* e o *Inpatient Mortality of Low-Risk Group cases (IMLRG)*⁽¹⁷⁾, seguido pelos ECR (17%) e aplicação de questionários (17%).

Para a descrição dos métodos identificados, foi construído o Quadro 3, que aborda os principais métodos citados nesse estudo com as classificações e descrições. Por exemplo, os questionários, de acordo com sua classificação, são utilizados nas fases exploratória, de adaptação e de evolução; sua aplicação pode não estar isenta de problemas, contudo esses podem ser superados; são difíceis de aplicar corretamente no que diz respeito a escolha correta do questionário ou de como se elaborar um; e o seu custo de aplicação é médio.

Ainda, é importante ressaltar, que um dos métodos de avaliar a qualidade dos sistemas de informação é o *International Standard Organization's Software product Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) – Guide to SQuaRE*, com a última revisão em 2014 (ISO/IEC 25000), porém nesta pesquisa não foram encontrados estudos que aplicassem esta normativa, impossibilitando a verificação de tal abordagem.

Quadro 3 – Classificação das metodologias de avaliação de SAD.

Método	Classificação
<p>Avaliação de Tarefas e Critérios Ergonômicos</p> <p>As avaliações ergonômicas simulam pequenas tarefas operacionais. São usados cenários do cotidiano como uma base para identificar as tarefas adequadas. Alguns aspectos considerados na avaliação ergonômica são: alertas, agrupamento de informações, <i>feed-back</i> imediato, legibilidade, carga sensorial, consistência, tratamento de erros e flexibilidade⁽¹³⁾.</p>	
<p>Entrevistas</p> <p>Adequadas para a elucidação de opiniões, atitudes e percepções sobre fenômenos e observações dos indivíduos. São usadas para conseguir um tipo de conversação formalizada podendo ser: estruturada em diferentes níveis, controlada para uma maior ou menor extensão pelo entrevistador, e realizada com indivíduos ou em grupos⁽¹³⁾.</p>	
<p>Think Aloud</p> <p>“Pensar em voz alta” é um método que requer que os usuários falem como eles interagem com um sistema para resolver um problema ou executar uma tarefa, gerando assim dados sobre os processos de pensamento em curso durante a execução de tarefas. Os dados de interação do usuário coletados geralmente incluem a gravação de vídeo de todos os monitores juntamente com a gravação de áudio correspondente de verbalizações dos usuários⁽¹³⁾.</p>	

Questionários



Questionários são usados em estudos investigativos qualitativos, sua principal vantagem é a facilidade de investigar qualquer assunto. Há uma nítida distinção entre os questionários, quando são feitos sob medida para determinado estudo, ou quando são padronizados⁽¹³⁾. Quando um questionário padronizado é escolhido, se faz necessário investigar os pressupostos da qualidade que satisfazem suas necessidades. São exemplos de questionários padronizados: Escala de Likert e o *System Usability Scale (SUS)*. Um exemplo de questionário feito para determinado estudo é o Método Delphi, em que uma equipe interroga um grupo de especialistas, de forma interativa, para formular o conhecimento de um tema pré-definido, e após elabora o questionário⁽¹³⁾.

Vídeos e Recursos Audio-visuais



Monitoramento e documentação como forma de analisar os procedimentos de trabalho e as atividades dos usuários, a fim de investigar padrões complexos de interação. Um desafio, é o fato de que a gravação de vídeo não apenas apresenta atos físicos e comunicação verbal, mas também uma grande quantidade de comunicação não-verbal (linguagem corporal)⁽¹³⁾. Uma ferramenta que utiliza estes recurso é o *Near-live*, em que são utilizados vídeos dos usuários articulado no cenário⁽¹⁵⁾.

Avaliação Heurística



Em princípio, este método é de inspeção e pode ser usado para quase tudo, mas na prática é mais utilizado para a avaliação de interfaces do usuário, onde existem alguns métodos que ajudam o usuário no exercício da sua própria avaliação, numa base formal⁽¹³⁾.

Comportamento do usuário



Este método se propõe analisar o quanto um sistema está em conformidade com o modo de pensar dos usuários, identificando onde e por que correm erros operacionais, as causas dos problemas com relação à facilidade de uso e; conseqüentemente, a identificação de áreas de serem melhoradas⁽¹³⁾.

I-MEDESA. Considera os fatores humanos, de forma quantificável, utilizando respostas com números binários: 0 equivale a “não” (ausência da característica) e 1 a “sim” (presença)⁽¹⁸⁾.

Ensaio Controlado Randomizado



Verifica a eficácia da tecnologia sob condições ideais no atendimento ao paciente. Ela ajuda a identificar as diferenças entre dois (sendo um grupo de referência, controle) ou mais tipos de tratamento. O princípio é que o grupo controle e o grupo de intervenção sejam tratados exatamente da mesma forma (com exceção da intervenção), tornando desse modo possível medir a diferença, comparando o efeito da intervenção⁽¹³⁾.

Estudos de coorte incluem grupos de pessoas que são seguidos no tempo para determinação da incidência da história natural da doença, assim como dos fatores de risco para os vários resultados. Esses estudos permitem determinar as características das doenças e a relação de causalidade entre a exposição e a doença. Eles são divididos em prospectivos e retrospectivos⁽¹⁹⁾.

Conclusão

Neste estudo foram pesquisados os principais métodos utilizados na avaliação sumativa de SAD, incluindo uma descrição sucinta dos mesmos. Foi constatado que para a realização de ATS é importante ter clareza do objetivo da avaliação, para então definir quais aspectos serão considerados, e escolher os métodos adequados.

A integração de vários métodos na ATS mostra ser útil a fim de assegurar a qualidade da avaliação do sistema, e melhorar o processo. Existem métodos que possuem abordagens repetidas, outros são complementares e, alguns, são indispensáveis para o sistema funcionar e assegurar seus benefícios.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo financiamento desta pesquisa, por meio da concessão da bolsa de estudo.

Referências

- [1] Osheroff J, Piffer E, Sittig D, Jenders R. Clinical decision support implementers' workbook. Chicago: HIMSS. 2004
- [2] Musen MA, Middleton B, Greenes RA. Clinical Decision-Support Systems. In: Shortliffe EH, Cimino JJ (eds). Biomedical Informatics: Computer Applications in Health Care and Biomedicine. 4 ed. New York: Springer, 2014: 643-674.
- [3] Amorim FF *et al.* Avaliação de Tecnologias em Saúde: Contexto Histórico e Perspectivas. Com. Ciências em Saúde. 2010; 21(4):343-348.
- [4] Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria Executiva. Área de Economia da Saúde e Desenvolvimento. Avaliação de Tecnologias em Saúde: Ferramentas para a Gestão do SUS. Série A. Normas e Manuais Técnicos. Brasília (DF): Ministério da Saúde; 2009.
- [5] Nykänen P, Brender J, Talmon J, Keizer N, Rigby M, Beuscart-Zephir MC, Ammenwerth E. Guideline for good evaluation practice in health informatics (GEP-HI). International Journal of Medical Informatics. 2011; 80: 815-827.
- [6] Friedman C P, Wyatt J C. Evaluation of Biomedical and Health Information Resources. In: Shortliffe E H, Cimino J J (eds). Biomedical Informatics: Computer Applications in Health Care and Biomedicine. 4nd ed. New York: Springer; 2014: 355-387.
- [7] Rahimi B, Vimarlund V. Methods to evaluate health information systems in healthcare settings: A literature review. Journal of Medical Systems, 2007.
- [8] Cintho L M M, Machado R R, Moro C M C. Métodos para avaliação de Sistema de Informação em Saúde. Journal of Health Informatics. 2016/Abril-Junho; 8(2): 41-8.
- [9] International Standard Organization. Systems and software engineering – Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) – Measurement of quality in use. ISO/IEC 25022. 03/07/2012.
- [10] Ammenwerth E, [Gräber S](#), [Herrmann G](#), [Bürkle T](#), [König J](#). Evaluation of Health Information Systems- problems and challenges. International Journal of Medical Informatics. 2003; 71 (2-3): 125-135.
- [11] Ammenwerth E, [Gräber S](#), [Bürkle T](#), [Iller C](#). [Evaluation of Health Information Systems: Challenges and Approaches](#). In: Mehdi Khosrow-Pour. [Evaluation of Health Information Systems](#). 2009.
- [12] Borim HC, Mukai LM, Silva e Oliveira LE, Lopes VJ, Moro CMC. Integrating Methods to Evaluate Health Information Systems. Context Sensitive Health Informatics: Many Places, Many Users, Many Contexts, Many Uses E.M. Borycki et al. (Eds.) 2015: 100-104.

- [13] Brender J. Handbook of evaluation methods for health informatics. New York-USA: Academic Press; 2006.
- [14] International Standard Organization e International Electrotechnical Commission, “Guidance on Usability”. ISO/DIS 9241-11. 1994.
- [15] Li AC, Kanny JL, Kushniruk A, Chrimes D, McGinn TG, Edonyabo D, Mann DM. Integrating usability testing and think-aloud protocol analysis with “near-live” clinical simulations in evaluating clinical decision support. *International Journal of Medical Informatics*. 2012; 761-772.
- [16] Boyko EJ. Observational Research Opportunities and Limitations. *J Diabetes Complications*. 2013; 27(6): doi:10.1016/j.jdiacomp.2013.07.007.
- [17] Jian W, Huang Y, Hu M, Zhang X. Performance evaluation of inpatient service in Beijing: a horizontal comparison with risk adjustment based on Diagnosis Related Groups. *BMC Health Services Research*. 2009. 9: 72.
- [18] Cho I, Lee J, Han H, Phansalkar S, Bates DW. Evaluation of a Korean version of a tool for assessing the incorporation of human factors into a medication – related decision support system: The I-MeDeSA. *Applied Clinical Informatics*. 2014: 571-588.
- [19] Fernandes SM, Carneiro AV. Tipos de Estudos Clínicos: Estudos de Coorte. *Revista Port Cardiol*. 2005; 24(9): 1151-1158.

Contato

Gabrielle S. Leandro
gdsgabi@gmail.com

Claudia Moro
c.moro@pucpr.br

Rua Imaculada Conceição, 1155,
CEP: 80.215-901, Curitiba PR – Brasil
Fone: +55 41 271-1657

APLICATIVOS COMO ESTRATÉGIA DE ENSINO NA DOENÇA RENAL CRÔNICA INFANTIL: UMA REVISÃO DA LITERATURA

Cristina Célia de Almeida Pereira Santana¹, Alessandra Vitorino Naghettini², Ana Tereza Vaz de Souza Freitas³, Gilson Oliveira Barreto⁴, Renata Mazaro-Costa⁵

¹ Hospital das Clínicas, Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiânia, Brasil

² Faculdade de Medicina (FM/UFG), Goiânia, Brasil

³ Faculdade de Nutrição (FANUT/UFG), Goiânia, Brasil

⁴ Laboratório de Tecnologias e Mídias para Educação (LabTIME), Goiânia, Brasil

⁵ Instituto de Ciências Biológicas (ICB/UFG), Goiânia, Brasil

Resumo: Objetivos: Realizar um levantamento sobre o desenvolvimento de aplicativos voltados para o paciente renal crônico infantil no Brasil e propiciar uma reflexão sobre sua contribuição no âmbito do autocuidado. Método: Utilizou-se revisão da literatura, com consulta às bases de dados LILACS, MEDLINE e SCIELO entre janeiro e abril de 2016. Foram identificados 73 artigos e selecionados 14 para o estudo. Resultados: Não foram encontradas publicações abordando dispositivos voltados para pacientes renais, porém os estudos escolhidos discutem o potencial dos aplicativos para promoção da saúde através do repasse de informações, melhoria na comunicação, estímulo à autonomia e inclusão social. Conclusão: A utilização dessa tecnologia na saúde surge como estratégia de ensino-aprendizado, sendo factível como ferramenta para a criança portadora de doença renal. Dessa forma, propõe-se validar o *BIM*, aplicativo com vistas à educação para percepção de saúde, autocuidado e melhoria na qualidade de vida dessa população.

Palavras-chave: Educação em Saúde; Tecnologia Biomédica; Aplicativos Móveis.

Abstract: Objectives: To conduct a survey on the development of applications facing child chronic renal patients in Brazil and provide a reflection on their contribution in the self-care. Method: We used literature review, in consultation with the databases LILACS, MEDLINE and SCIELO between January and April 2016. We identified 73 articles and 14 selected for the study. Results: Publications addressing facing devices for renal patients were not found, but studies chosen discuss the potential of health promotion for applications through the transfer of information, improved communication, stimulating autonomy and social inclusion. Conclusion: The use of this technology in health emerges as a teaching and learning strategy is feasible as a tool for child with kidney disease. Thus, it is It proposes to validate BIM app with a view to education for perceived health, self-care and improve the quality of life of this population.

Keywords: Health Education; Biomedical Technology; Mobile Applications.

Introdução

O crescente desenvolvimento nos campos da ciência e tecnologia tem propiciado profundas mudanças no panorama das populações humanas. São observadas transformações nos âmbitos demográfico, econômico e socioambiental, trazendo como consequência alterações na inter-relação dos indivíduos e nas condições de vida, como aumento no desenvolvimento de doenças crônicas⁽¹⁻²⁾.

As condições crônicas não transmissíveis são agravos com grande impacto na saúde pública, representam grande ônus e 72% das causas de morte. A Doença Renal Crônica (DRC) inclui-se nessa categoria. Caracterizada pela perda progressiva e irreversível da função renal, possui prognóstico

desfavorável e elevada taxa de morbimortalidade. Em censo publicado em 2014, pela Sociedade Brasileira de Nefrologia, estimava-se que em 2013 havia, aproximadamente, 100.000 pacientes em modalidades dialíticas no país, sendo 6.000 (6%) com idade inferior a 18 anos⁽¹⁻³⁻⁴⁾.

A adesão do paciente infantil à terapêutica para DRC tornou-se um grande desafio, por incluir mudanças impactantes em sua rotina diária, como dieta específica, medicações e sessões dialíticas, fazendo-se necessária a implementação de ações que visem ampliar a promoção em saúde, com foco na prevenção e fortalecimento do cuidado integral, o que engloba mudança nos processos de trabalho dos profissionais, ampliação de estratégias de gestão e incorporação de novas tecnologias na assistência⁽¹⁻³⁻⁵⁾.

Nesse contexto, estão inseridas as Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) que têm permitido experiências de interação em todos os cenários sociais e estímulo à pró-atividade dos indivíduos na busca e aprimoramento do conhecimento, em todas as áreas. Com progressiva inovação, as TIC permitem agregar valores, explorar potencialidades e ampliar saberes significativos dos indivíduos⁽⁶⁻⁷⁻⁸⁾.

São exemplos de tecnologias viáveis na educação em saúde, para profissionais e pacientes, as redes de telessaúde, o uso de softwares educacionais, computadores para simulações e internet. Faz-se necessário o desenvolvimento de tecnologias específicas, com características particulares de uma população, tanto nos sistemas de informação, quanto nos processos educacionais voltados à saúde, pois são recursos adicionais para efetivar as ações de assistência⁽⁶⁻⁸⁻⁹⁻¹⁰⁾.

Os dispositivos móveis, como tablets e smartphones, são exemplos dessa tecnologia e permitem amplo acesso à informação e integração social. Através desses instrumentos, é possível atender diferentes perfis de usuários, individual ou coletivamente, em localidades geográficas diversificadas e em inúmeros serviços como entretenimento, negócios, educação e saúde⁽⁶⁻⁸⁻⁹⁻¹¹⁾.

O uso de dispositivos móveis vem crescendo entre profissionais da saúde, o que pode ser utilizado e explorado para divulgar informações e promover conhecimento. Constitui um recurso adicional às ações de assistência, principalmente, voltadas à população infantil, em que a interação com recursos virtuais e multimídia, como jogos interativos, pode aumentar a motivação e encorajar o envolvimento ativo na aprendizagem, ou seja, pró-atividade no processo de educação em saúde e melhor apreensão de conteúdos específicos pela criança⁽⁶⁻¹⁰⁻¹²⁾.

Percebendo a potencialidade dos recursos tecnológicos enquanto ferramentas para o processo de ensino-aprendizagem, com vistas a promover cuidados em saúde, pergunta-se: Como está o desenvolvimento de aplicativos para dispositivos móveis voltados para o ensino na saúde no Brasil? Esses aplicativos são utilizados como estratégias para motivar o autocuidado? Existem trabalhos específicos voltados para os pacientes infantis portadores de DRC?

Com essas questões norteadoras, objetivou-se realizar uma revisão da literatura acerca do desenvolvimento e utilização de aplicativos para dispositivos móveis voltados para a prática assistencial ao paciente infantil portador de DRC, por entender sua complexidade e a necessidade de desenvolver estratégias para o ensino do autocuidado dessa população, visando dinamizar o processo de educação em saúde e prevenção de agravos.

Métodos

Para este estudo foi realizada uma revisão da literatura que incluiu a análise das publicações nacionais mais relevantes sobre o uso de aplicativos móveis no ensino em saúde, possibilitando reflexão e síntese do conhecimento sobre o tema, bem como proposição de sua aplicabilidade na prática assistencial, em nosso contexto.

Os artigos foram obtidos através de acesso à Biblioteca Virtual em Saúde (BVS), com consulta às bases de dados: LILACS (Literatura Latino Americana e do Caribe em Ciências da Saúde),

MEDILINE (Medical Literature Analysis and Retrieval System Online) e SCIELO (Scientific Electronic Library Online). Utilizou-se os descritores (Decs): Educação em saúde, Tecnologia biomédica e Aplicativos móveis.

Como critérios para inclusão no estudo, determinaram-se: artigos disponíveis na íntegra, nos últimos quatro anos (2012-2016), nos idiomas inglês ou português, que abordassem a temática nos seguintes eixos: desenvolvimento de aplicativos para o ensino-aprendizado em saúde e aplicativos desenvolvidos para pacientes com DRC. Os critérios de exclusão no estudo foram os artigos que não estavam disponíveis, na íntegra, online ou que não atenderam aos aspectos definidos.

A busca pelos descritores combinados demonstrou o levantamento de 73 artigos, dos quais, 14 foram selecionados para o estudo, conforme demonstrado na Figura 01.

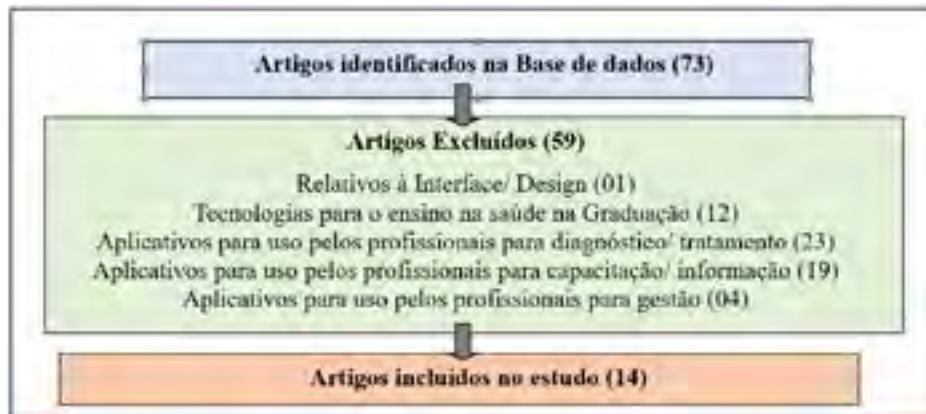


Figura 1: Fluxograma com a descrição dos artigos selecionados, excluídos e incluídos no estudo sobre o uso de aplicativos móveis no ensino na saúde (2016)

Realizou-se leitura dos artigos selecionados, com observância de sua correlação às questões norteadoras do estudo para determinação de conclusões sobre a contribuição dos dispositivos para tecnologia móvel no âmbito da saúde.

Como revisão da literatura, não implicou em risco para os autores estudados, portanto foram mantidos os preceitos éticos quanto aos direitos autorais e publicação dos resultados.

Resultados e Discussão

Não foram identificados, durante o levantamento, publicações relativas ou voltadas para o paciente com DRC, dessa forma, priorizaram-se as que abordavam o uso de aplicativos para a promoção da saúde. Dos 14 artigos selecionados obteve-se a seguinte distribuição por ano de publicação: 2013 (três), 2014 (sete), 2015 (três) e 2016 (um), sendo que no ano de 2012, não houve artigos selecionados para este estudo. Os dados foram analisados e dispostos visando à sua descrição nos seguintes aspectos: título, autor(es), método, objetivo e considerações do estudo, organizados por ano de publicação (Quadro 1).

Observa-se maior quantitativo de publicações no ano de 2014 sendo que após, o número global de estudos sobre o tema mostrou-se reduzido. Tal fato vai ao encontro dos autores que ressaltam que, apesar da tecnologia móvel voltada à saúde estar em expansão, as publicações sobre o desenvolvimento de aplicativos para a saúde são escassas⁽¹³⁻¹⁴⁾.

Quadro 1 – Características das publicações referentes ao uso de aplicativos móveis em saúde (2016).

Ano	Estudo/Referência	Método	Foco/Objetivo	Considerações do Estudo
2013	Sistema de informação da melhor idade – SIMI: Uma proposta de aplicativo para a promoção da saúde na terceira idade. Caran GM, Marcolino A, Silva RAD, Bento LM, Biolchini JCA.	Relato de Experiência	Desenvolver o Sistema de Informação da Melhor Idade (SIMI).	<ul style="list-style-type: none"> - Foi elaborada proposta para desenvolvimento do aplicativo através do levantamento de requisitos para a promoção em saúde; - Acredita-se na contribuição dessa tecnologia para a promoção da inclusão e integração social, autonomia e segurança do idoso; - Fatores externos como divulgação devem ser discutidos, para efetivar adesão à proposta.
2013	Processo de criação de um aplicativo móvel na área de odontologia para pacientes com necessidades especiais. Souza RC, Alves LAC, Haddad AE, Macedo, MCS, Ciamponi, AL.	Relato de Experiência	<ul style="list-style-type: none"> - Relatar a experiência de criação de um aplicativo para dispositivos móveis em todas as etapas; - Avaliar a usabilidade do mesmo com pacientes e profissionais de saúde. 	<ul style="list-style-type: none"> - O aplicativo proposto é de fácil manejo, favorece seu uso por pessoas com pouco conhecimento em informática; - Para maior qualidade do produto final a construção do aplicativo deve ser feita por profissionais capacitados; - O aplicativo foi nomeado “OdontoPNE”, possui um protótipo funcional e será aprimorado em sua interface de usuário para melhor desempenho.
2013	Sistema nutricional Web e mobile – NUTRILIFE. Fernandes FG, Oliveira LC, Barbosa AJ, Moura CCO, Oliveira FS.	Estudo Descritivo	-Realizar o desenvolvimento de um <i>software Web</i> e para dispositivos móveis em Java para promoção da saúde nutricional.	<ul style="list-style-type: none"> - O sistema denominado NUTRILIFE possui grande importância e utilidade por sua aplicabilidade na área da saúde; - Comprovou-se que o sistema é uma ótima ferramenta para auxiliar no controle da alimentação e do peso, promovendo uma vida mais saudável.
2014	Aplicativos móveis desenvolvidos para a área da saúde no Brasil: Revisão integrativa da literatura Tibes CMS, Dias JD, Mascarenhas SHZ.	Revisão Integrativa da Literatura	-Identificar desenvolvimento de pesquisas no Brasil, envolvendo tecnologia móvel aplicada à saúde.	<ul style="list-style-type: none"> - A tecnologia móvel voltada à saúde está em expansão; - Comprovou-se maior desenvolvimento de estudos na área multiprofissional; - Ressalta-se a importância de desenvolver aplicativos vinculados à pesquisa em saúde para serem testados/ validados por profissionais capacitados.

2014	<p>Avaliação da usabilidade do Guia Alimentar Digital móvel segundo a percepção dos usuários</p> <p>Caivano S, Ferreira BJ, Domene SMA.</p>	Estudo transversal	<p>- Avaliar a percepção dos usuários em relação à usabilidade do aplicativo (Guia Alimentar Digital).</p>	<p>- Observa-se pouca literatura a respeito do tema;</p> <p>- A forma de funcionamento do aplicativo constitui uma novidade, tendo em vista a escassez de produtos similares;</p> <p>- O aplicativo, segundo a percepção de seus usuários, apresenta boa usabilidade contribuindo na promoção de escolhas alimentares saudáveis e de transição para o peso adequado;</p> <p>- Aplicativos constituem recurso adicional às ações de assistência.</p>
2014	<p>Development of a Serious Game for children with hemophilia</p> <p>Matsunaga R.M, Moraes RLO, Borges MAF, Matta MAP, Ozelo MC.</p>	Estudo Descritivo	<p>- Desenvolver a interface de um jogo educativo destinado a crianças com hemofilia.</p>	<p>- O envolvimento das crianças no processo de construção do jogo foi importante para identificação/ interação com o mesmo;</p> <p>- O uso do jogo poderá permitir maior responsabilização das crianças em relação à sua patologia e monitorização / cuidado;</p> <p>- A técnica utilizada pode ser útil para desenvolvimento de jogos similares para outros grupos.</p>
2014	<p>Mobile application to aid people with speech disorders.</p> <p>Basile FRM, Silva DP, Amate FC.</p>	Estudo Descritivo	<p>- Desenvolver um aplicativo para dispositivos móveis, direcionados para plataforma <i>Android</i>, com objetivo de ajudar pessoas com dificuldade de comunicação.</p>	<p>- Há um crescente uso de TCI na área da saúde, e mobilidade e acessibilidade são pontos importantes;</p> <p>- Não havia disponibilidade de um aplicativo semelhante. O processo de desenvolvimento do <i>TalkbyMe</i> incluiu qualidade técnica para organização, design e validação. A interface foi fundamental para garantir usabilidade.</p> <p>- Será ferramenta útil para assistência primária, pois possui representação de sentimentos que auxiliam o usuário a comunicar-se com os profissionais de saúde.</p>
2014	<p>Jogos digitais e reabilitação neuropsicológica: Delineando novas mídias.</p> <p>Rocha P, Alves L, Nery J.</p>	Estudo qualitativo	<p>- Qualificar a interação e avaliar as contribuições do <i>Gamebook</i> para as funções cognitivas de crianças com transtorno do déficit de atenção com hiperatividade (TDAH).</p>	<p>- O <i>Gamebook</i> se insere como ferramenta para potencializar aspectos motores, sociais, culturais, afetivos e cognitivos;</p> <p>- Pretende-se que o aplicativo crie situações de leitura gamificada, permitindo que as crianças (com ou sem o transtorno) desenvolvam níveis significativos de concentração e atenção indispensáveis para a aprendizagem.</p>

2014	<p><i>Mobile Health</i> e excesso de peso: Uma revisão sistemática.</p> <p>Sarno F, Canella DS, Bandoni DH.</p>	Revisão Sistemática da Literatura	<p>- Avaliar o impacto da utilização das tecnologias de <i>mobile health (mHealth)</i> na prevenção do ganho de peso ou tratamento do excesso de peso ou da obesidade.</p>	<p>- Estratégias como definição de metas e automonitorização podem levar à manutenção e perdas sustentáveis de peso;</p> <p>- Portabilidade, conveniência, interatividade proporcionadas pela tecnologia móvel tornam possível o desenvolvimento de ações de promoção de saúde;</p> <p>- Existe a necessidade de verificar a sustentabilidade das modificações no comportamento dos participantes após a intervenção, ou seja, sua sustentabilidade a longo prazo.</p> <p>- Fazem-se essenciais a padronização dos protocolos de intervenções e definições para o avanço da área/ tecnologia em saúde.</p>
2014	<p>Realidade virtual e aumentada (RVA) aplicada em reabilitação fisioterapêutica utilizando o sensor <i>kinect</i> e dispositivos móveis.</p> <p>Fernandes FG, Santos SC, Oliveira LC, Rodrigues ML, Vita, SSBV.</p>	Estudo Descritivo	<p>- Mostrar a implementação de uma aplicação utilizando RVA voltada para o acompanhamento fisioterapêutico.</p>	<p>- O usuário interage com o equipamento, escolhendo exercícios e recebendo orientações. Ocorrerá monitorização da atividade por captura e movimentos;</p> <p>- O sistema possibilita a manipulação dos dados dos pacientes imediatamente e posteriormente às sessões de fisioterapia, propiciando melhor análise e definição do plano de tratamento;</p> <p>- A aplicação torna mais dinâmica a rotina de exercícios para equilíbrio, postura e alongamento;</p> <p>- Demonstrou ser uma ferramenta muito significativa para a área da saúde, propiciando acompanhamento personalizado;</p> <p>- Fazem-se necessários, para uso, funcionamento correto do sistema e aprovação por profissional habilitado.</p>
2015	<p>Revisão: Aplicativos para dispositivos móveis (“Apps”) na automonitorização em pacientes diabéticos.</p> <p>Arrais RF, Crotti PLR.</p>	Revisão da Literatura	<p>- Descrever as características básicas dos aplicativos e visualizar sua incorporação no futuro.</p>	<p>- A literatura demonstra haver aplicativos com boa potencialidade de monitorização, porém faltam publicações a respeito na América Latina;</p> <p>- Necessária determinação de diretrizes para o desenvolvimento de aplicativos para diabéticos, para garantir multifuncionalidade, interoperabilidade, comunicação e integração com equipe cuidadora, bem como, sigilo/confidencialidade das informações.</p>
2015	<p>Elaboração de aplicativo de avaliação nutricional para telefones celulares com sistema <i>Android</i>.</p> <p>Cruz DL, Nacif M.</p>	Estudo Descritivo	<p>- Elaborar um aplicativo de avaliação nutricional para telefones celulares com o Sistema <i>Android</i>.</p>	<p>- O aplicativo foi elaborado com sucesso e oferece sete opções ao usuário, entre elas: cálculo das necessidades energéticas, registro alimentar, consulta aos alimentos;</p> <p>- Demonstrou que pode contribuir para que os indivíduos aprendam a fazer escolhas alimentares mais adequadas e prevenir o desenvolvimento de doenças crônicas não transmissíveis.</p>

2015	<p>Educação em Saúde no Brasil: uma revisão sobre aprendizagem móvel e desafios na promoção de saúde no Brasil</p> <p>Farias AB, Pereira MX, Henrique MS, Almeida RA.</p>	Revisão Sistemática da Literatura	<p>- Compreender o real impacto desta medida (dispositivos móveis para promoção da educação em saúde) na melhoria da qualidade de vida da população geolocalizada nos rincões brasileiros.</p>	<p>- A informática e tecnologias móveis estão mais presentes no ambiente educacional e possuem credibilidade com relação ao impacto na promoção da saúde;</p> <p>- Trabalhos com direcionamento para processo de ensino-aprendizagem foram concebidos em formato jogos tradicionais/ virtuais, objetivando potencializar recursos dos aplicativos e melhor adesão da população jovem e com baixa escolaridade;</p> <p>- A aplicação da Realidade Aumentada no ramo do ensino por meio de dispositivos móveis é uma ótima tendência;</p> <p>- Não se constataram trabalhos para a promoção da saúde, por meio de dispositivos móveis, p/ promoção de saúde - populações geolocalizadas;</p> <p>- A participação de profissionais no processo de soluções educativas que envolvam alternativas com mobilidade, apresenta-se escassa.</p>
2016	<p>Saúde Móvel: novas perspectivas para a oferta de serviços em saúde.</p> <p>Rocha TAH, Fachini LA, Thumé E, Silva NC, Barbosa ACQ, Carmo M et al.</p>	Revisão da Literatura	<p>- Revisar e discutir novas perspectivas para ofertas e serviços em saúde por tecnologia móvel.</p>	<p>- Os serviços em saúde por tecnologia móvel vêm aumentando;</p> <p>- O impacto da tecnologia mudará a oferta dos serviços de saúde;</p> <p>- Fazem-se necessárias a discussão e a regulamentação destes serviços para garantir sua confidencialidade.</p>

As publicações se concentraram nas áreas: Multiprofissional (seis), Nutrição (quatro), odontologia (um), Fonoaudiologia (um), Fisioterapia (um) e Neuropsicologia (um), com enfoque assistencial na promoção e reabilitação da saúde.

Os estudos com abordagem multidisciplinar possuem seu foco de problematização nas ações e experiências desenvolvidas com aplicativos móveis para promoção da saúde. Desse total, cinco estudos foram realizados por método de revisão da literatura, sendo que dois estudos realizaram levantamentos acerca das perspectivas e desafios dos aplicativos móveis voltados para a saúde no Brasil.

O desenvolvimento de aplicativos móveis contou com 07 artigos, sendo 02 relatos de experiência e 05 estudos descritivos. Os demais estudos (dois) foram respectivamente: abordagem transversal e abordagem qualitativa.

Importância do desenvolvimento de aplicativos para dispositivos móveis voltados para o ensino na saúde

A temática discutida reforça que as inovações, nos campos da informação e comunicação, emergem e propiciam à sociedade uma nova concepção em inúmeras áreas, inclusive na saúde. Correlacionam que esse processo pode favorecer a equipe profissional a comunicar-se com o cliente, permitem o repasse de informações, visando à promoção ou manutenção da saúde⁽⁵⁻¹⁴⁻¹⁵⁻¹⁶⁾.

A expansão do mercado de dispositivos móveis tem gerado oportunidades comerciais e sociais. A utilização dessas ferramentas se amplia pela quebra nas barreiras da mobilidade e pela crescente acessibilidade a elas. Sua utilização, enquanto instrumentos na saúde, vem ganhando espaço e se fortalecendo como estratégia, para profissionais e pacientes, no que tange ao repasse de informações e à busca ou consolidação do conhecimento⁽¹⁴⁻¹⁵⁻¹⁶⁻¹⁷⁻¹⁸⁾.

Para os profissionais de saúde, o uso da tecnologia em dispositivos móveis pode favorecer a assistência em múltiplos aspectos, entre eles: oportunização de capacitação, geração e armazenamento de dados, auxílio na definição diagnóstica ou tomada de decisão para definição de condutas mais assertivas de tratamento e monitorização de pacientes in loco ou a distância, como em *Home Care*⁽¹⁰⁻¹⁴⁻¹⁵⁻¹⁶⁻¹⁸⁾.

Em todas essas possibilidades, a utilização dos aparatos tecnológicos tem demonstrado impactos positivos e credibilidade crescente. Tal fato tem contribuído para o interesse dos profissionais em se apropriarem das tecnologias, incorporando-as em suas rotinas assistenciais, bem como participarem do desenvolvimento de novas tecnologias específicas para suas áreas de atuação⁽¹³⁻¹⁴⁻¹⁵⁻¹⁶⁻¹⁷⁻¹⁸⁻¹⁹⁾.

Assim, a motivação para o desenvolvimento de dispositivos móveis para o ensino-aprendizado em saúde está centrada no suporte que esses instrumentos podem propiciar aos profissionais, com vistas ao alcance de resultados mais precisos e agilidade em suas ações. A busca pela melhoria da qualidade da assistência, autonomia dos pacientes e promoção da saúde estão culminando em projetos para o acompanhamento individualizado de pacientes, educação para autocuidado e inclusão social⁽¹¹⁻¹²⁻¹⁷⁻²⁰⁻²¹⁻²²⁻²³⁻²⁴⁾.

A promoção da saúde, centrada na inclusão pela percepção das vulnerabilidades e na educação para o autocuidado, está inserida em projetos que desenvolvem aplicativos como: SIMI (promoção da saúde na terceira idade), OdontoPNE (atendimento de pacientes portadores de necessidades especiais em odontologia), Guia Alimentar Digital (promoção de escolhas nutricionais saudáveis), Serious Game (jogo virtual para crianças portadoras de Hemofilia), TalkbyMe (auxílio na comunicação de pessoas com distúrbio na fala), Gamebook (Jogo digital para crianças com transtorno do déficit de atenção com hiperatividade)⁽¹¹⁻¹²⁻¹⁷⁻²⁰⁻²¹⁻²³⁾.

A disponibilização das novas tecnologias aos pacientes tem demonstrado resultados favoráveis. A interface simples e autoexplicativa propicia melhor adesão e comunicação dos usuários, bem como a participação dos próprios usuários na construção das ferramentas, garantindo integração com a realidade e proximidade das necessidades vivenciadas⁽¹¹⁻¹²⁻¹⁴⁻¹⁷⁻²¹⁻²⁴⁾.

A maioria dos estudos correlacionou o uso das ferramentas digitais à viabilidade de acesso a informações para a promoção da saúde. O conhecimento propicia empoderamento aos indivíduos e reforça sua autonomia, culminando em ações mais efetivas na busca e manutenção de sua saúde. O autocuidado é demonstrado na tomada de decisões para escolhas mais saudáveis, monitorização mais assertiva nas doenças crônicas, acompanhamento do estado pessoal de saúde, aumento da comunicação e inter-relação com a equipe cuidadora, ou seja, atitude pró-ativa que propicia melhor qualidade de vida⁽⁵⁻¹¹⁻¹²⁻¹⁴⁻¹⁷⁻¹⁹⁻²⁰⁻²¹⁻²²⁻²⁴⁾.

Desafios para incorporar as novas tecnologias no contexto da saúde no Brasil e na prática assistencial dos profissionais

Apesar dos aspectos positivos no uso dos dispositivos móveis na saúde e de sua contribuição para desenvolver aspectos importantes para o autocuidado, alguns estudos enumeram e refletem sobre fatores intervenientes que devem ser discutidos para implementação mais segura e eficaz das ferramentas digitais, no cotidiano da assistência em saúde.

O desenvolvimento de um aplicativo engloba custos, conhecimento técnico-científico, compromisso dos profissionais envolvidos, entre outros elementos. Faz-se necessária a discussão, entre sociedade e instâncias veiculadas à pesquisa, para determinação e regulamentação de protocolos específicos, de diretrizes, que visem nortear o processo de criação e validação dessas ferramentas. Tal medida propõe garantir preceitos éticos, como o sigilo das informações e a segurança dos sujeitos⁽¹³⁻¹⁶⁻¹⁸⁾.

A construção do projeto de um aplicativo, também, deve prever a participação do usuário que poderá contribuir para validar etapas importantes como identificação com o conteúdo do instrumento, manejo e interação com a interface. Nos jogos virtuais, essa integração profissional-usuário pode garantir maior usabilidade e efetividade do aplicativo. A conexão positiva do paciente com o aplicativo potencializará sua adesão ao recurso tecnológico⁽¹²⁻¹⁴⁻¹⁸⁾.

A divulgação dos dispositivos, após sua disponibilização ao público, é considerada um fator externo com aspecto vital para sua validação, aperfeiçoamento e efetivação. Fazem-se necessários investimento dos gestores, interesse dos profissionais e engajamento de setores da comunicação junto à sociedade⁽²⁰⁾.

Após operacionalização do dispositivo, é necessária a monitoração dos usuários, principalmente, daqueles que utilizam o dispositivo para alcance de metas a longo prazo, como nos programas para estabilização do peso corporal, acompanhamento de doenças crônicas, reabilitação e similares. Esses casos devem ser supervisionados periodicamente por profissionais de saúde capacitados, objetivando verificar a sustentabilidade das mudanças na busca pela saúde, ou seja, das ações efetivadas voltadas para o autocuidado⁽¹⁸⁾.

A incorporação das tecnologias móveis no cuidado em saúde necessita de acompanhamento e validação por profissionais capacitados. É imprescindível que o desenvolvimento e aplicação dessas mídias sejam sustentados por pesquisas científicas e metodologias rigorosas. Esse é um amplo campo a investigar e deve ser pautado e estruturado com conhecimento, ética e respeito⁽¹⁴⁻¹⁵⁻¹⁹⁻²¹⁻²⁴⁾.

Conclusão

O aumento da expectativa de vida e o risco de desenvolvimento das Doenças Crônicas Não Transmissíveis têm demandado em aumento na qualidade de atenção, o que engloba mudança nos processos de trabalho das equipes assistentes, incorporação de novas tecnologias e ampliação de estratégias de gestão, concebendo a utilização de dispositivos móveis como instrumento para promoção da saúde nesse âmbito.

A utilização de tecnologias para promover a saúde surge como método atual de ensino-aprendizagem, e o desenvolvimento de novas ferramentas e seu emprego por profissionais de saúde vêm oportunizando um processo ativo e dinâmico, no qual o usuário é encorajado a buscar o conhecimento.

Considera-se ser propício e necessário o desenvolvimento de recursos, em forma de aplicativos, para o paciente renal crônico infantil tanto pela complexidade de sua patologia e tratamento como pelo impacto nas dimensões bio-psico-social dos envolvidos, ou seja, criança, família e equipe assistencial.

Diante dessa percepção surgiu, como proposta multidisciplinar, a idealização e o desenvolvimento de um aplicativo específico para essa população. Trata-se de um jogo, em tecnologia 3D, cujo personagem virtual, nomeado *BIM*, é portador de DRC e exercerá interação em diversos cenários comumente vivenciados pela criança em tratamento dialítico.

A lógica pedagógica do aplicativo reside no sistema de identificação e recompensa. O projeto já recebeu parecer favorável do Comitê de Ética e Pesquisa do Hospital das Clínicas/EBSERH-UFG (sob o nº 1.455.896). A validação do aplicativo ocorrerá em três etapas, englobando as crianças usuárias, seus responsáveis e a equipe assistencial. Durante a intervenção também serão realizadas a avaliação dos exames laboratoriais e cognitivo-comportamental das crianças.

Neste contexto, espera-se que o aplicativo se caracterize como ferramenta para o ensino e possa otimizar a comunicação entre equipe assistencial e criança. A autoidentificação, através do *BIM*, poderá proporcionar à criança usuária uma reflexão sobre sua saúde e favorecer a atitude pró-ativa, a agregação de conhecimentos e o exercício do cuidar. Acredita-se que estes fatores possam culminar em maior adesão ao tratamento, com consequente prevenção de agravos e melhoria na qualidade de vida.

Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG) e LabTIME.

Referências

- [1] Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. Diretrizes para o cuidado das pessoas com doenças crônicas nas redes de atenção à saúde e nas linhas de cuidado prioritárias. – Brasília (DF): Ministério da Saúde; 2013.
- [2] Malta DC, Neto OLM, Junior JBS. Apresentação do plano de ações estratégicas para o enfrentamento das doenças crônicas não transmissíveis no Brasil, 2011 a 2022. *Epidemiol. Serv. Saúde*. 2011; 20(4):425-438.
- [3] Fassbinder TRC, Winkelmann ER, Schneider J, Wendland J, Oliveira OB. Capacidade funcional e qualidade de vida de pacientes com doença renal crônica pré-dialítica e em hemodiálise-Estudo transversal. *J Bras. Nefrol*. 2015; 37(1):47-54.
- [4] Sesso RC, Lopes AB, Thomé FS, Lugon JR, Santos Dr. Inquérito Brasileiro de diálise crônica 2013 – Análise das tendências entre 2011-2013. *J Bras. Nefrol*. 2014; 36(4):476-481.
- [5] Taddeo P.S, Gomes KWL, Caprara A, Gomes AMA, Oliveira GC, Moreira TMM. Acesso, prática educativa e empoderamento de pacientes com doenças crônicas. *Ciência & Saúde Coletiva*. 2012;17(11):2923-2930.
- [6] Schmitt LEA, Triska, R. Informação na área da saúde em tempos de comunicação móvel, big data e computação cognitiva. *Razón y Palabra*. 2015;18(88).
- [7] Cavalcante MTL, Vasconcellos MM. Tecnologia de informação para a educação na saúde: duas revisões e uma proposta. *Ciência & Saúde Coletiva*. 2007;12(3):611-622.
- [8] Silva RJ, Urssi NJ. UrbX – como os aplicativos móveis potencializam a vida urbana. *Revista de Iniciação Científica, Tecnológica e Artística. Edição Temática: Comunicação, Arquitetura e Design*. 2015; 5(1). Santo Amaro. São Paulo. [Internet]. Disponível em: http://www1.sp.senac.br/hotsites/blogs/revistainiciacao/wpcontent/uploads/2015/06/98_artigo_Iniciacao_ed-vol-5_n1_2015.pdf
- [9] Cavalcante RB, Ferreira MN, Maia LLQGN, Araújo A, Silveira RCP. Uso de Tecnologias da Informação e Comunicação na educação em saúde de adolescentes escolares. *J. Health Inform*. 2012;4(4):182-6.
- [10] Pereira TA, Tarcia RML, Sigulem D. Tecnologias móveis: aliadas na educação e na saúde. In: *Anais do XII Congresso Brasileiro de Informática em Saúde*; 2012. nov.19-23; Curitiba. Paraná. [Internet]. Disponível em: <http://www.bibliotecacsp.unifesp.br/Documentos-Apostila/teresa-cbis-2012>
- [11] Caivano S, Ferreira BJ, Domene SMA. Avaliação da usabilidade do Guia Alimentar Digital móvel segundo a percepção dos usuários. *Ciência & Saúde Coletiva*. 2014;19(5):1437-1446.
- [12] Matsunaga R.M, Moraes RLO, Borges MAF, Matta MAP, Ozelo MC. Development of a Serious Game for children with hemophilia. *J. Health Inform*. 2014;6(Número Especial): 114-119.
- [13] Arrais RF, Crotti PLR. Revisão: aplicativos para dispositivos móveis (“Apps”) na automonitorização em pacientes diabéticos. *J. Health Inform*. 2015; 7(4):127-33.
- [14] Farias AB, Pereira MX, Henrique MS, Almeida RA. Educação em Saúde no Brasil: uma revisão sobre aprendizagem móvel e desafios na promoção de saúde no Brasil. In: *Anais do XXI Workshop de Informática na Escola*; 2015. out. 26 a 30; Maceió. Alagoas. [Internet]. Disponível em: <http://br-ie.org/pub/index.php/wie/article/view/5110>
- [15] Tibes CMS, Dias JD, Zem-Mascarenhas SHZ. Aplicativos móveis desenvolvidos para a área da saúde no Brasil: Revisão integrativa da literatura. *Reme- Rev. Min. Enferm*. 2014; 18(2): 471-478.
- [16] Rocha TAH, Fachini LA, Thumé E, Silva NC, Barbosa ACQ, Carmo M et al. Saúde Móvel: novas perspectivas para a oferta de serviços em saúde. *Epidemiol. Serv. Saúde*. 2016; 25(1):159-170.
- [17] Basile FRM, Silva DP, Amate FC. Mobile application to aid people with speech disorders. *J. Health Inform*. 2014; 6(2): 41-5.
- [18] Sarno F, Canella DS, Bandoni DH. Mobile health excesso de peso: uma revisão sistemática. *Rev. Panam. Salud Publica*. 2014;35(5/6):424-31.

- [19] Fernandes FG, Santos SC, Oliveira LC, Rodrigues ML, Vita, SSBV. Realidade virtual e aumentada aplicada em reabilitação fisioterapêutica utilizando o sensor kinect e dispositivos móveis. In: XII CEEL; 2014. out. 13 a17; Uberlândia. Minas Gerais. [Internet]. Disponível em: http://www.ceel.eletrica.ufu.br/artigos2014/ceel2014_artigo005_r01.pdf
- [20] Caran GM, Marcolino A, Silva RAD, Bento LM, Biolchini JCA. Sistema de informação da melhor idade – SIMI: Uma proposta de aplicativo para a promoção da saúde na terceira idade. In: XIV Encontro Nacional de Pesquisa em Ciência da Informação- GT 11: Informação e Saúde; 2013. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/126442/1/Marcolino-ENANCIB-2013.pdf>
- [21] Souza RC, Alves LAC, Haddad AE, Macedo, MCS, Ciamponi, AL. Processo de criação de um aplicativo móvel na área de odontologia para pacientes com necessidades especiais. Revista da ABENO. 2013; 13(2): 58-61.
- [22] Fernandes FG, Oliveira LC, Barbosa AJ, Moura CCO, Oliveira FS. Sistema nutricional web e mobile – NUTRILIFE. In: XI CEEL; 2013. nov.25 a 29; Uberlândia. Minas Gerais. [Internet]. Disponível em: http://www.ceel.eletrica.ufu.br/artigos2013/ceel2013_026.pdf
- [23] Rocha P, Filho NJ, Alves L. Jogos digitais e reabilitação neuropsicológica:delineando novas mídias. In: I Seminário Tecnologias Aplicadas a Educação e Saúde; 2014. out. 30 e 31; Salvador. Bahia. [Internet]. Disponível em: <http://www.revistas.uneb.br/index.php/staes/article/view/955>
- [24] Cruz DL, Nacif M. Elaboração de aplicativo de avaliação nutricional para telefones celulares com sistema Android. Demetra. 2015; 10(4); 977-988.

Contato

Cristina Célia A. P. Santana.
Enfermeira, Mestranda em Ensino na Saúde
pela Faculdade de Medicina-UFG.

Endereço Comercial: Primeira Avenida, s/nº,
Setor Universitário. Setor de Vigilância em
Saúde – Hospital das Clínicas/EBSERH/UFG.
Telefone: (62) 99150-7049 e 3269-8411.
E-mail ccaps44@gmail.com

REDE NEURAL ARTIFICIAL OTIMIZADA PARA CLASSIFICAÇÃO DE CÂNCER DE MAMA

Renan Cunha dos Santos¹, Luan Carlos Silva Casagrande¹, Yuri Crotti¹, Roderval Marcelino² e Vilson Gruber³

¹Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Araranguá, Santa Catarina, Brasil

²Departamento de Computação, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Araranguá, Santa Catarina, Brasil

³Departamento de Tecnologia da Informação e Comunicação, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Araranguá, Santa Catarina, Brasil

Resumo: Este artigo propõe a otimização de um sistema de classificação binária utilizado para determinar a natureza (benigno ou maligno) de um tumor. Utilizou-se da técnica de algoritmos genéticos para otimizar a topologia de uma rede neural artificial responsável por resolver o problema de classificação da base de dados Wisconsin Breast Cancer Database (WBCD). A WBCD é uma base de dados pública que agrega informações de tumores de câncer de mama analisados através de FNA (*Fine Needle Aspiration*). Dos 699 casos descritos na WBCD, o sistema de classificação conseguiu atingir 100% de acerto. O sistema inteligente utilizado no processo de classificação conseguiu atender todos os casos descritos na base de dados. Além disso, o sistema de otimização convergiu para uma solução considerada ótima no espaço de busca proposto.

Palavras-chave: Rede Neural Artificial, Neoplasias da Mama, Classificação.

Abstract: *This paper proposes the optimization of a binary classification system used to determine the nature (benign or malignant) of a tumor. Genetic algorithms technique was used to optimize the topology of an artificial neural network responsible for solving the classification problem of the Wisconsin Breast Cancer Database (WBCD). The Wisconsin Breast Cancer Database (WBCD), which is a public database that aggregates information about tissues analyzed by FNA. From the 699 cases reported in WBCD, the classification system reached 100% accuracy. The intelligent system used in the classification processes correctly analyzed all the cases described by the database. Furthermore, the optimization system converged to a solution considered optimal in the search space proposed.*

Keywords: *Neural Network, Breast Neoplasms, Classification.*

Introdução

A grande utilização de dispositivos tecnológicos em áreas como economia, meteorologia e principalmente na medicina, vem gerando uma quantidade significativa de informação digital. Estes grandes volumes de informações, também denominados de *Big Data*, demandam novas técnicas de mineração de dados que possibilitem interações inteligentes e rápidas nestas bases de dados⁽¹⁻⁴⁾.

Uma das áreas em que o uso de tecnologias de processamento de dados vem ganhando destaque é a área da saúde, no qual se dá majoritariamente devido à grande utilização de aparelhos tecnológicos na área da medicina. A partir da década de 80 começaram a surgir uma série de bases de dados biomédicas⁽³⁾ com o objetivo de agregar dados obtidos por intermédio de exames médicos, relacionando os mesmos com possíveis diagnósticos fornecidos por um profissional da área.

O surgimento de bases de dados biomédicas possibilitou o desenvolvimento de um segmento conhecido como CAD (*Computer-Aided Diagnosis*). O propósito do CAD é a utilização de métodos computacionais para auxiliar profissionais da saúde durante a análise de exames, provendo possíveis diagnósticos através de parâmetros extraídos do paciente⁽⁵⁻⁶⁾. É neste cenário que surge a necessidade do desenvolvimento de sistemas computacionais de classificação.

Segundo⁽⁶⁾, os componentes essenciais de um CAD são o sistema de classificação e a grande quantidade de dados utilizados para fornecer conhecimento a este sistema. Existe uma série de técnicas de classificação no mercado, porém, nos últimos anos se atribui maior importância para as que são fundamentadas no uso de redes neurais artificiais (RNA)⁷. De acordo com⁽⁸⁾, o uso de RNAs nestes sistemas tem diversas vantagens, dentre elas: auto aprendizado, memória associativa, tolerância a falhas entre outras. Como exemplo, em⁽⁹⁾ o autor utiliza RNA em conjunto com transformada *Wavelet* para a identificação de doença arterial coronariana. Já em⁽¹⁰⁾, uma rede neural artificial é utilizada a fim de se detectar e classificar grupos de microcalcificações em análises de mamografias.

Porém, na grande maioria dos casos, a arquitetura destas RNAs é definida arbitrariamente, sem nenhum fundamento matemático. Este modelo de decisão pode reduzir a qualidade do resultado, já que a arquitetura da RNA tem uma grande influência na performance da mesma. O propósito do uso de um algoritmo de otimização é encontrar a topologia ideal que maximiza a performance da rede neural proposta para o problema em questão.

Métodos

O câncer de mama é a principal causa de morte de mulheres em países desenvolvidos⁽³⁾. De acordo com⁽⁸⁾, a presença de nódulos nas mamas é um sinal de alerta, porém, não indica necessariamente a existência de um tumor maligno. Uma maneira comumente utilizada na medicina para realizar a identificação destes nódulos é a *Fine Needle Aspiration* (FNA), também conhecida como punção aspirativa por agulha fina⁽³⁾. Uma série de informações são obtidas a partir da análise microscópica das amostras de tecidos extraídos da área aspirada. A partir da análise exaustiva destas informações, o profissional da saúde é capaz de fazer a classificação do tumor, identificando se o mesmo é maligno ou benigno.

Devido à importância de se diagnosticar o câncer de mama de maneira eficiente, a partir da década de 80 começou a surgir uma série de base de dados visando agregar informações relacionadas ao câncer de mama. A mais influente destas bases é a WBCD. A mesma é composta por 699 casos, cada um deles definido por 11 parâmetros, no qual que todos os casos foram analisados e classificados por W.H Wolberg. Cada caso contido nesta base de dados é composto por 11 parâmetros, sendo que os 10 primeiros são valores extraídos através de exames e o último valor é um inteiro binário que identifica se o tumor é maligno (0) ou benigno (1).

A partir destas bases de dados, como a WBCD, métodos computacionais de *data mining* podem ser utilizados a fim de realizar a classificação do tipo do tumor. Conforme já citado, estas ferramentas de classificação fazem parte do segmento CAD (diagnóstico auxiliado por computador). É importante ressaltar que ferramentas CAD não tem como objetivo substituir em hipótese alguma o profissional da área médica, e sim de servir como um auxílio adicional durante o processo de diagnóstico.

Segundo⁽¹¹⁾ o interesse em redes neurais artificiais tem sido motivado pelo crescente conhecimento acerca do cérebro humano. Este tem a capacidade de processar informações de forma complexa, paralela e não linear. Pode-se dizer que as RNAs procuram simular os processos de funcionamento de uma rede neural humana como: aprendizagem, generalização, associação e abstração. Basicamente o processo de funcionamento de uma rede neural artificial consiste primeiramente na etapa de aprender através de experiência e, posteriormente, utilizar o aprendizado para se fazer inferências sobre novas experiências até então desconhecidas.

Já o algoritmo genético (AG) é baseado na proposta apresentada por Charles Darwin, o qual apresenta a teoria da evolução das espécies e a biologia evolutiva. A principal vantagem apresentada por AG, se comparado a outros métodos de otimização, é que o AG procura os melhores resultados baseado nos potenciais dos indivíduos da população¹².

A escolha da arquitetura e dos parâmetros de treinamento para a RNA é uma tarefa que impacta diretamente na performance do sistema de classificação. Sabe-se que definir os parâmetros de uma RNA por meio de técnicas de tentativa e erro pode resultar em uma RNA com baixo desempenho e com uma baixa capacidade de generalização.

Recentemente, na literatura, muitos pesquisadores estão utilizando AG em conjunto com RNA para realizar tarefas de busca e otimização. Tal combinação de técnicas computacionais já demonstrou, em diversos problemas, ter uma boa performance por conseguir encontrar o resultado ótimo no espaço de pesquisa proposto.

Existem diferentes formas do AG interagir com uma RNA ⁽¹³⁾ como:

- RNA contribuindo com AG: a rede neural cria a primeira população enquanto o AG otimiza;
- AG contribuindo com a RNA: Neste caso, o AG pode contribuir selecionando os parâmetros, regras de aprendizagem, funções de treinamento, funções de transferência, pesos e/ou os bias, dentre outros.

Em ⁽¹³⁻¹⁶⁾ muitas das interações citadas foram testadas em diferentes problemas, sendo que em todos os trabalhos a solução ótima para o espaço de busca foi obtida com sucesso.

O sistema de otimização pode ser descrito pelo fluxo de execução representado na Figura 1. De modo geral, este sistema está dividido em funções específicas que desempenham diferentes papéis no processo de otimização. Dentre elas, cita-se: Gerar e configurar os indivíduos, criar e analisar as RNAs, ordenar os indivíduos, eliminar os indivíduos considerados fracos, criar indivíduos evoluídos através de operações de *crossover* e mutar a geração em análise.

Considerando a criticidade da estrutura e dos parâmetros de uma RNA para o resultado final, decidiu-se que o sistema inicialmente iria randomizar a estrutura, as funções de transferência, as funções de *backpropagation* e a taxa de aprendizagem.

Tanto o número de camadas internas quanto o número de neurônios por camada foram gerados de forma randômica. Porém, objetivando a redução do custo computacional e a focalização da área de pesquisa, definiu-se que o número de camadas internas poderia variar entre 1 e 10. Já o número de neurônios foi variado entre 1 e 12 por camada interna.

Para cada camada, definiu-se uma função de transferência arbitrariamente. Cada camada teve sua função definida dentro de um grupo de três funções distintas: linear, *log-sigmoid* (1) e *hyperbolic tangent sigmoid* (2).

$$x(n) = \frac{1}{(1+e^{-n})} \quad (1)$$

$$x(n) = \frac{2}{(1+e^{-2n})} \quad (2)$$



Figura 1: Fluxo geral

Com a estrutura geral da RNA definida, o sistema determina as características gerais do sistema de classificação. Primeiro, a função de *backpropagation* foi definida aleatoriamente entre 10 opções disponibilizadas. Abaixo segue a lista de opções de algoritmos utilizados neste problema:

- *Levenberg-Marquardt optimization*
- *Bayesian Regularization Backpropagation*
- *BFGS quase-Newton method*
- *Resilient Backpropagation*
- *Scaled conjugate gradient backpropagation*
- *Conjugate gradient backpropagation with Powell-Beale restarts*
- *Conjugate gradient backpropagation with Fletcher-Reeves updates*
- *Conjugate gradient backpropagation with Polak-Ribière updates*
- *One-step secant backpropagation*
- *Gradient descent backpropagation*

Já a taxa de aprendizagem foi definida entre o valor mínimo e máximo (0 e 1).

Após a geração da estrutura e das características necessárias para representar um classificador baseado em *perceptron*, os dados são então estruturados em uma cadeia dinâmica de cromossomos. Nesta disposição, cada cromossomo representa uma camada da RNA contendo todas as suas características. Porém, os cromossomos que representam as camadas de saída e de entrada não seguem o padrão estabelecido para os cromossomos da camada interna por possuir características diferentes.

Os cromossomos que representam as camadas internas, além de conterem o número de entradas, armazenam todos os pesos entre os neurônios de entrada e os neurônios da primeira camada interna. Os cromossomos que definem as estruturas das camadas internas são organizados entre os genes que representam os bias dos neurônios da camada anterior para a atual, os pesos sinápticos que ligam a camada atual com a próxima camada e a função de transferência. Já os genes da camada de

saída dividem-se entre os valores de bias entre a última camada interna e a camada de saída, a função de transferência, taxa de aprendizado da RNA e a função de *backpropagation* utilizado para a aprendizagem.

A estrutura geral de um indivíduo genérico está apresentada na Figura 2.



Figura 2: Estrutura geral do indivíduo

Estes indivíduos são então ordenados e avaliados através do erro gerado pela RNA otimizada. Ressaltando que o erro em questão é a diferença entre o valor de saída da RNA com o valor esperado pelo set de treinamento. Tais processos são essenciais para avaliar se a condição de saída do sistema de otimização foi obtida e, caso negativo, quais indivíduos serão então eliminados pelo sistema. Após, utiliza-se os indivíduos considerados bons para a geração de novos indivíduos evoluídos. Para este processo, a cada dois indivíduos gerava-se um novo indivíduo teoricamente evoluído. O corte dos indivíduos selecionados foi realizado exatamente no centro do cromossomo.

Após o corte ser realizado, a primeira metade de um dos indivíduos e a segunda metade do segundo indivíduo são repassadas ao novo indivíduo. Porém, considerando-se o fato de que houve uma mudança no número de neurônios na camada de corte, geram-se novos valores randômicos para os pesos e as bias que representam este gene que ficaram no limite de corte.

Seguindo o processo, acontece então a operação de mutação. Sendo selecionado, o indivíduo a ser modificado tem chances iguais de sofrer modificação na taxa de aprendizagem, função de *backpropagation* e funções de transferência. Para o treinamento das RNAs, o conjunto de dados de treinamento foi montado utilizando-se 212 casos da base de dados WBCD. A taxa de crossover definida para o algoritmo de otimização foi de 50% e a de mutação foi de 40%.

Para validar o sistema, retirou-se os casos onde alguma informação estava faltando e os casos que foram utilizados para o treinamento, totalizando então uma base de teste de 471 casos.

Resultados

Definiu-se como condição de saída do algoritmo de otimização uma quantidade de épocas maior do que 500. Porém, no presente estudo o algoritmo atingiu uma condição de convergência após a 50ª época. Além disso, definiu-se que 500 indivíduos seriam analisados em cada geração. Para a avaliação do sistema, utilizou-se o valor mínimo e médio do fitness por geração. O fitness é uma medida que permite mensurar a qualidade de um indivíduo analisando sua taxa de acerto perante ao conjunto que o treinou. A Figura 3 representa a performance mínima por geração e a Figura 4 representa a performance média por geração.

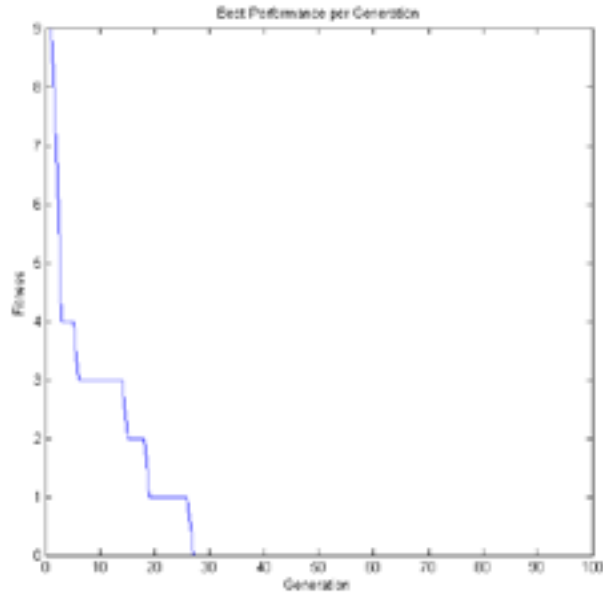


Figura 3: Performance mínima por geração

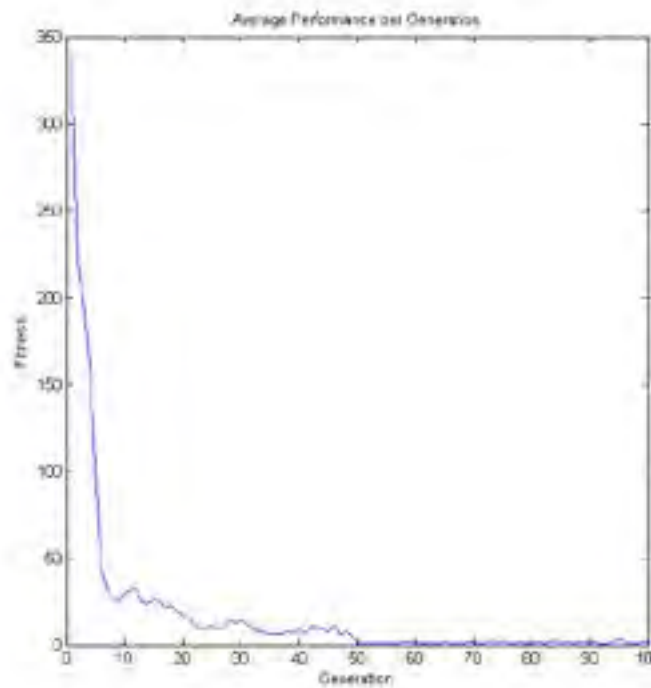


Figura 4: Estrutura cromossomo média por geração

É possível concluir através da Figura 3 que o AG produziu uma melhora considerável durante o tempo de busca, chegando então a uma solução ótima. Além disso, o sistema chegou ao seu melhor resultado na geração 27, evidenciando então a eficiência do sistema.

Já a partir da Figura 4, é possível constatar que há uma queda considerável no erro médio até a 9ª geração, comprovando novamente a eficiência do sistema. Além disso, a partir da geração 50, o sistema de otimização variou o valor médio em uma faixa muito próxima da ideal, demonstrando então que o sistema atingiu a convergência. A variação existente foi causada pela inserção de novos dados no espaço de busca através da operação de mutação.

A estrutura do melhor indivíduo está representada na Figura 5 onde “E” representa uma entrada da rede, “S” uma saída e “H” uma camada oculta. O primeiro valor após o “H” representa o nível da camada. Já o segundo valor, representa a identificação do neurônio no nível. Os números concatenados às letras “E” e “S” também representam a identificação do neurônio no nível.

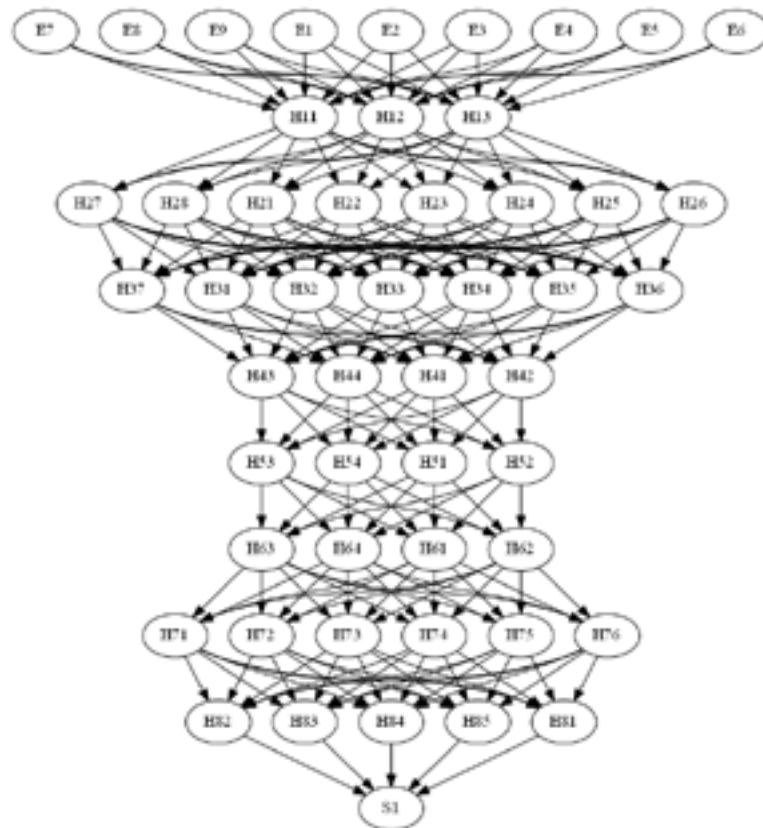


Figura 5: Estrutura da RNA ótima.

Destaca-se que todos os indivíduos da última geração apresentaram o mesmo número de camadas, neurônios, funções de transferência, pesos e bias, demonstrando então que estes parâmetros são ideais para o problema e o espaço de busca proposto. Porém, a função de treinamento e a taxa de aprendizagem não convergiram para o problema proposto, evidenciando então que a escolha destes parâmetros não é essencial para a otimização do sistema.

Discussão

Um grande número de trabalhos baseados na base de dados de WBCD foram realizados objetivando o desenvolvimento da melhor metodologia de otimização. Diferentes técnicas computacionais foram propostas baseadas em aprendizagem supervisionada e não supervisionada. Dentre as propostas baseadas em RNA, destacam-se as apresentadas em ^(3,17,19,20)

Em ⁽¹⁷⁾ os autores propõem o uso de RNA-MLP baseada em *Artificial Immune System* (AIS) para a solução do problema. Segundo os autores, este algoritmo se diferencia pelo baixo custo computacional e acelerada convergência pela integração do algoritmo já descrito na RNA. Já em ⁽³⁾, o autor apresenta uma proposta de RNA otimizada por AG que se dispõe a otimizar o número de camadas internas e funções de transferência.

Os autores em ⁽¹⁹⁾ apresentam uma comparação entre o uso de RNA baseada no uso do algoritmo de *backpropagation* e no uso da função radial. Eles concluíram que o uso do algoritmo *backpropagation* foi mais eficiente. Já em ⁽²⁰⁾, os autores visaram o uso de um sistema híbrido entre as técnicas

de *fuzzy* e redes neurais. Nesta, a *fuzzy* é responsável pelos dados de entrada e por avaliar os dados de saída da RNA.

Os resultados desses projetos estão demonstrados na Tabela 1. Na primeira linha da tabela é informado o autor do estudo em questão

Tabela 1: Tabela Comparativa.

Autores	17	3	19	20	Este trabalho
Acurácia	93,39%	98,60%	98,54%	98,20%	100%
Tamanho set Teste	25%	33,38%	35%	20%	68,69%

Um set de treinamento maior pode contribuir diretamente no resultado. Por este motivo, para cada projeto em análise, o tamanho do set de treinamento foi especificado na tabela. Em ⁽³⁾ os autores também atingiram 100% de acerto, porém, neste trabalho utilizou-se métodos lineares e não lineares para análise dos sets. Objetivando a análise em condições iguais os autores deste trabalho decidiram utilizar a experimentação dos autores ⁽³⁾ realizada nas mesmas condições.

Conclusão

Neste trabalho foi proposto um novo método de otimização de redes neurais utilizando algoritmos genéticos. Apesar de já existirem trabalhos propondo a utilização de AG na escolha da arquitetura de RNAs, este se destaca pelo fato de que está sendo variada grande maioria dos parâmetros possíveis que configuram uma rede neural artificial.

Através das comparações feitas com outros sistemas de classificação, ficou evidente que o sistema proposto conseguiu solucionar o problema de classificação da base de dados *Wisconsin Breast Cancer Database*. Além disso, ficou claro que o sistema de otimização conseguiu incrementar a performance do classificador baseado em RNA de maneira significativa. Os resultados aqui obtidos ainda podem ser melhorados fazendo-se ajustes no algoritmo de otimização (AG).

Conclui-se que ferramentas computacionais para classificação podem ser empregadas em inúmeras áreas dentro da medicina, visando auxiliar o profissional da saúde em suas tomadas de decisões. Este estudo mostrou detalhadamente o uso de inteligência artificial (IA) para classificar tumores baseados nos casos da base de dados WBCD. Vale ressaltar que a técnica de IA proposta neste trabalho é de caráter genérico e pode ser aplicada em qualquer outra base de dados médica que esteja à disposição.

Referências

- [1] Kulkarni P. Reinforcement and Systemic Machine Learning for Decision Making: Introduction to Reinforcement and Systemic Machine Learning. Canada: Wiley-ieee Press; 2012. 22 p.
- [2] Javed F, Luo Q, McNair M, Jacob F, Zhao M, Kang TS. Carotene: A Job Title Classification System for the Online Recruitment Domain. Big Data Computing Service and Applications (BigDataService) [Internet]. 2015 [2016 fev26]; 286-298. <http://dx.doi.org/10.1109/BigDataService.2015.61>.
- [3] Bevilacqua V. et al. A Novel Multi-Objective Genetic Algorithm Approach to Artificial Neural Network Topology Optimization: The Breast Cancer Classification Problem. The 2006 Ieee International Joint Conference On Neural Network Proceedings.2006 [2016 jan.02];1069-1076. <http://dx.doi.org/10.1109/ijcnn.2006.246940>

- [4] Duncan J. S., Ayache N. Medical image analysis: progress over two decades and the challenges ahead. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*. 200 [2016];22(1):85/106. 10.1109/34.824822.
- [5] Bradley J. Erickson, Brian Bartholmai. Computer-Aided Detection and Diagnosis at the Start of the Third Millennium. *Journal of Digital Imaging*. 2012;15(2):59/68.
- [6] Doi K. Current status and future potential of computer-aided diagnosis in medical imaging. *The British Journal of Radiology* [Internet]. 2005 [2016 mar.12];78(1):3/19. <http://dx.doi.org/10.1259/bjr/82933343>.
- [7] Abbass H. A, An evolutionary artificial neural networks approach for breast cancer diagnosis. *Artificial Intelligence in Medicine*, 2002;25(1):265-281. [Online]. Available: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0933365702000283>
- [8] Liu L, Deng M. An evolutionary artificial neural network approach for breast cancer diagnosis, *Knowledge Discovery and Data Mining Third International Conference*, 2010;10(1):593-596.
- [9] Karimi M, Amirfattahi R, Sadri S, Marvasti S. A. Noninvasive detection and classification of coronary artery occlusions using wavelet analysis of heart sounds with neural networks. *Medical Applications of Signal Processing*, 2005. The 3rd IEE International Seminar [Internet]. 2005 [2016 mar.10];20(3):117-120. <http://10.1049/ic:20050342>.
- [10] Dehghan F, Abrishami M H, Giti M. Automatic detection of clustered microcalcifications in digital mammograms: Study on applying Adaboost with SVM-based component classifiers. *Engineering in Medicine and Biology Society, 2008. EMBS 2008. 30th Annual International Conference of the IEEE* [Internet]. 2008 [2016 mar.10];4789-4792. <http://10.1109/IEMBS.2008.4650284>.
- [11] Simon Haykin. *Redes Neurais Princípios e Práticas*. Bookman; 2007.
- [12] Grefenstette J. Optimization of Control Parameters for Genetic Algorithms. *Transactions on Systems, Man, and Cybernetics* [Internet]. 1986 [2016 fev25];16(1):122-128. <http://dx.doi.org/10.1109/TSMC.1986.289288>.
- [13] Dykin VS. Application of genetic algorithm to configure artificial neural network for processing a vector multisensor array signal. *2015 International Siberian Conference on Control and Communications* [Internet]. 2015 [2016 fev26]; <http://dx.doi.org/10.1109/SIBCON.2015.7147049>.
- [14] Yan TS, Tao TQ, Cui DW. Research on handwritten numeral recognition method based on improved genetic algorithm and neural network. *International Conference on Wavelet Analysis and Pattern Recognition* [Internet]. 2007 [2016 fev26];3(1):1271-1276. <http://dx.doi.org/10.1109/ICWAPR.2007.4421630>.
- [15] Zhang L, Liu T, Sun Y, Chen L. Research on neural network blind equalization algorithm with structure optimized by genetic algorithm. *Sixth International Conference on Natural Computation* [Internet]. 2010 [2016 fev26];3(1):1451-1454. <http://dx.doi.org/10.1109/ICNC.2010.5582871>.
- [16] Çam ZG, Çimen S, Yıldırım T. Learning parameter optimization of multi-layer perceptron using artificial bee colony, genetic algorithm and particle swarm optimization. *Applied Machine Intelligence and Informatics* [Internet]. 2010 [2016 fev26];329-332. <http://dx.doi.org/10.1109/SAMI.2015.7061899>.
- [17] Daoudi R, Djemal, Benyettou A. Using artificial immune algorithm for fast convergence of multilayer perceptron in breast cancer diagnosis application. *Image Processing Theory, Tools and Applications Informatics* [Internet]. 2015 [2016 fev21];341-345. <http://dx.doi.org/10.1109/SAMI.2015.7061899>.
- [18] Ibrahim AO, Shamsuddin SM, Saleh AY, Abdelmaboud A, Ali A. Intelligent multi-objective classifier for breast cancer diagnosis based on multilayer perceptron neural network and Differential Evolution. *Computing, Control, Networking, Electronics and Embedded Systems Engineering* [Internet]. 2015 [2016 mar.10];20(4):422-427. <http://dx.doi.org/10.1109/ICCNEEE.2015.7381405>.

- [19] Pawar PS, Patil DR. Breast Cancer Detection Using Neural Network Models. *Communication Systems and Network Technologies* [Internet]. 2013 [2016 fev26];568-572. <http://dx.doi.org/10.1109/CSNT.2013.122>.
- [20] Bortolan G, Fusaro S. A neuro-fuzzy architecture in a biomedical application. *Fuzzy Information, 2004 Processing NAFIPS* [Internet]. 2004 [2016 fev26];2(1):545-549. <http://dx.doi.org/10.1109/NAFIPS.2004.133735>.

Contato

Renan Cunha dos Santos
Graduando em Engenharia de Computação,
UFSC – Universidade Federal de Santa
Catarina, campus Araranguá – SC.
(48) 9944-4944
renan.cs@grad.ufsc.br

ANÁLISE DO RELACIONAMENTO NA COMUNIDADE DE MÉDICOS DE SEGURADORAS DE SAÚDE

RELATIONSHIP ANALYSIS IN THE PHYSICIAN COMMUNITY FROM HEALTHCARE INSURANCE COMPANIES

ANÁLISIS DEL RELACIONAMIENTO EN LA COMUNIDAD MÉDICA DE LAS COMPAÑÍAS DE SEGURO MÉDICO

Márcia Ito¹, Luis G. Moyano², Ana Paula Appel³, Vagner Figueredo de Santana³

¹ Research Staff Member. IBM Research Brasil. IBM Brasil – IBM-BRL, São Paulo, SP, Brasil

² Joint Professor of Statistical Physics and Complex Systems. CONICET and Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza, Mendoza, Argentina

³ Research Staff Member. IBM Research Brasil. IBM Brasil – IBM-BRL, São Paulo, SP, Brasil

Resumo: O objetivo é analisar os relacionamentos entre médicos que possuem pacientes em comum a partir de sinistros de seguradora de saúde. Utilizou-se a técnica de analítica de grafos para modelar os relacionamentos e foram calculadas métricas de centralidades para encontrar a importância relativa dos médicos. Houve a concordância das métricas de grau e autovalor e de *betweenness* e *closeness* (10% a 15% no top 100 médicos). Além disso, os 5 médicos com maior valor na métrica de autovalor estão altamente conectados entre si. Conclui-se que as métricas captaram o relacionamento entre os médicos desta comunidade que coincidem com a literatura indicando que é possível encontrar médicos que colaboram entre si no cuidado do paciente dentro e fora do hospital. Além disso, os médicos de maior autovalor indicam que são referência para outros médicos e médicos que estão conectados com muitos outros sugerem que estes influenciam nas decisões de seus pacientes.

Descritores: Mineração de dados, Indicador de Qualidade, Seguro Saúde.

Abstract: The aim of this work is to analyze the relationship between physicians from a health insurance company, who attend the same patient. We use graph analytics to model the physician's relationship. Centrality metrics were calculated to find the relative importance of the physicians. There was the agreement on the metrics of degree and eigenvalue and of *betweenness* and *closeness* (10% to 15% in the top 100 physicians). In addition, physicians with 5 highest eigenvalue in the metric are highly interconnected. We conclude that the metrics captured the relationship between the physicians in this community that coincide with the literature, indicating that we can find physicians who collaborate on patient care within and outside the hospital. In addition, physicians with largest eigenvalue indicate that they are reference to other physicians, and physicians who are connected to many others, suggest, that they influence their patients' decisions.

Descriptors: Data Mining, Health Care, Insurance Health.

Introdução

O controle e gerenciamento das doenças crônicas são um dos grandes desafios da saúde e do desenvolvimento econômico no século XXI, pois estão diretamente relacionadas com a qualidade de

vida da população, assim como com a produtividade e os gastos mundiais. Tem-se que, anualmente, aproximadamente 16 milhões de pessoas morrem prematuramente antes dos 70 anos devido a doenças crônicas. Estima-se ainda uma perda de US\$ 7 trilhões em produtividade e gastos em saúde, nos próximos 15 anos, caso nenhuma medida seja tomada¹. Pacientes crônicos geralmente possuem um diagnóstico principal e outros secundários, exigindo atendimento por mais de uma especialidade médica, além de outros profissionais que o orientam em relação a mudanças de comportamentos necessários à sua saúde como nutricionistas e fisioterapeutas. Os profissionais que atendem a um mesmo paciente formam uma equipe denominada *time de cuidado*. Coordenar as atividades de assistência destes profissionais é essencial para o otimizar o uso dos recursos de saúde, denominado *coordenação de cuidado (care coordination)*. Ademais, de acordo com Owens² os gastos aproximados de um paciente em que não existe uma coordenação de cuidado é 75% mais alto do que daqueles que as tem. O autor sugere ainda que, ao melhorar a coordenação de cuidado pode-se diminuir em 35% os custos com o paciente. O conceito de gerenciamento da saúde do paciente por meio de equipes coordenadas ao cuidado tem sido explorado por diversos autores desde o fim da década de 1960. A coordenação de cuidado tem como objetivo diminuir a fragmentação do cuidado e melhorar a entrega dos serviços de saúde. Deste modo, existem vários esforços para implementar este tipo de programa³. Estudos realizados pelo Medicare⁴ em 2007 demonstraram que a maioria dos programas de coordenação de cuidado praticado pelas instituições de saúde americanas falharam. Concluíram que os que tiveram sucesso tinham uma característica comum, o relacionamento entre o coordenador de cuidado (*care coordinator*) e o paciente não ocorria somente em relação ao serviço médico. O coordenador conhecia as necessidades dos pacientes e conectava-se a ele de forma pessoal. Assim, o estudo conclui que o relacionamento entre o coordenador e o paciente é importante, pois o tratamento envolve mudança de comportamento e escolhas que estão sob o controle do paciente. Neste ponto, o coordenador tem fundamental importância em suas decisões, pois ele age como um conselheiro. Outros estudos^{5,6} indicaram que os programas de sucesso são aqueles em que se constroem relacionamentos duradouros e de confiança entre o paciente e o *time de cuidado* e entre os membros do *time de cuidado*. Sendo que a colaboração entre os membros de um *time de cuidado* é a característica mais importante, pois permite (1) planejar o tratamento de forma compartilhada, (2) facilitar a tomada de decisões, (3) definir os objetivos da assistência ao paciente, (4) coordenar de forma transparente na qual cada um assume a responsabilidade sobre a sua atuação no paciente, (5) trabalhar de forma cooperativa e (6) facilitar a comunicação entre os membros^{7,8,9}.

Por outro lado desde de 1995 e com um aumento considerável nos últimos anos tem se visto pesquisas que usam as técnicas de análise de redes sociais (*Social network analysis – SNA*) para avaliar o impacto das redes de profissionais de saúde, principalmente de médicos e enfermeiras em hospitais^{10,11,12,13,14,15}. No início estes trabalhos tinham como objetivo verificar se era possível extrair a rede de médicos por meio dos dados existentes nos hospitais e dele analisar melhorias na qualidade e segurança do paciente¹⁰. Mais recentemente encontram-se trabalhos que procuram por métricas e indicadores nestas redes que relacionem a rede de médicos com os custos e/ou re-internações em hospitais^{11,12,14,15}. A conclusão nestes trabalhos é que quanto mais os médicos colaboram entre si os custos tendem a ser mais baixos. Neste caso utilizaram o cálculo da densidade, grau (*degree*) e *betweenness*¹. A readmissão nos hospitais pode ser visto pela densidade em que hospitais com alto número de comunidades médicas tem uma baixa reinternação de seus pacientes¹¹. Um outro estudo apresentam como encontrar erros médicos e fraudes em seguradoras de saúde¹³.

No entanto, não foram encontrados estudos que usem as técnicas de SNA para analisar a forma como os médicos de consultório que possuem pacientes em comum se relacionam. Assim, este trabalho tem por objetivo apresentar métricas em que seja possível analisar as interações que ocorrem numa rede de médicos a partir de sinistros de consultas realizadas em seguradoras de saúde.

1 O termo não possui uma tradução padrão para o português.

Fonte de Dados

Seguradoras de saúde geram um grande número de dados como produtos de suas operações diárias. Estes dados estão relacionados com as suas demandas, como por exemplo os sinistros que são as informações que geram os pagamentos a serem feitos aos prestadores de serviços de saúde das seguradoras que neste trabalho são chamados de prestadores. Os sinistros informam todos os detalhes sobre os procedimentos e consultas realizadas pelos prestadores, como por exemplo, o profissional que realizou o procedimento, o procedimento em si, o segurado que recebeu o procedimento entre outros.

Neste artigo as definições utilizadas, a partir deste momento, são:

- **Segurado:** representa na base de dados fornecida, cada uma das pessoas que utilizaram serviços de seguro saúde e que em alguns momentos pode ser referenciado como **paciente**;
- **Médico:** representa cada um dos médicos que prestaram serviços ou estão registrados como tal na base de dados recebida;
- **Prestador:** representa as instituições de saúde que prestam serviços para seguradoras e na qual médicos atendem os segurados.

Os dados analisados neste trabalho correspondem aos sinistros originados em processos operacionais de uma grande companhia de seguros em saúde do Brasil. Foram fornecidos os sinistros de 18 meses que compreende o período de Janeiro de 2013 a Junho de 2014. O conjunto de dados incluem procedimentos médicos realizados em todo o território brasileiro e são todos os sinistros pagos pela seguradora e que correspondem a um total de 108.982.593 sinistros. A permissão do uso dos dados para o propósito de pesquisa foi feita por meio de um contrato entre ambas as partes (departamento de pesquisa e a seguradora). Antes de realizar a de-identificação dos médicos e pacientes realizou-se a limpeza dos dados (retirada dos CRMs inválidos), em que chegou-se ao resultado da possibilidade de utilizar 73% dos sinistros fornecidos, portanto de um total de 279.085 médicos, 81% foram considerados válidos. A quantidade de segurados é de 2.243.198 e todos foram considerados válidos. Finalmente, após considerar outras informações fornecidas pela seguradora que poderiam alterar os resultados, restaram para as análises 219.675 médicos que pertenciam a 12.924 prestadoras. Uma análise em relação às unidades da federação (UF) foram feita e encontrou-se que os locais com os dados mais consistentes são: São Paulo (61,7% dos registros válidos), Bahia (10,8% dos registros válidos), Distrito Federal (8,6% dos registros válidos), Rio de Janeiro (6,9% dos registros válidos) e Pernambuco (5,3% dos registros válidos). Porém para este estudo foram considerados todos os registros válidos de todas as UFs, pois a intenção é saber o alcance da importância do médico, inclusive geograficamente. Finalmente, a especialidade é outra informação importante para explicar a relação entre os médicos, pois ao encontrar um relacionamento entre médicos de especialidades correlatas pode-se concluir que estes formam uma time de cuidado dos pacientes em comum. Porém ao analisar este campo percebeu-se que uma limpeza adequada era necessária, pois nem sempre estavam preenchidos ou possuíam elementos e combinações que impediam o seu uso. Mesmo após a limpeza definiu-se que usar a relação do médico e de sua especialidade neste trabalho seriam limitadas.

Métodos

Para este trabalho usou-se a técnica analítica de grafos (*Graph Analytics*) para modelar os dados. A analítica de grafos é uma ferramenta matemática para modelar relações entre elementos, por exemplo, médico-paciente. Assim, o primeiro passo é mapear os dados do sinistro numa estrutura de grafos, definindo os nós (elementos de estudo) que neste caso podem ser os médicos e os pacientes. Depois é preciso estabelecer o tipo de relação entre eles. A relação é chamada aresta e deve ter uma razão para existir, por exemplo, neste caso pode ser o médico que deu assistência ao paciente. O conjunto

de todos os nós e arestas obtidos é chamado de grafo. Adicionalmente, outras informações podem ser incluídas nos grafos na forma de pesos nas arestas (por exemplo, a duração, o procedimento realizado, o custo entre outros), ou de atributos dos nós (por exemplo, dados demográficos do paciente ou a especialidade do médico). Tanto um quanto o outro podem ser representados no grafo e geralmente usam-se cores para nós diferentes e para os pesos o tamanho da largura da linha que conecta os dois nós.

Como neste trabalho o objetivo é analisar o relacionamento médico-médico do ponto de vista da comunidade médica da seguradora de saúde foi definido um grafo em que dois médicos estão conectados entre si se atenderam a um mesmo paciente. Para excluir o viés de possíveis relacionamentos que não indicassem a referência de um médico a outro, somente foram considerados os procedimentos do tipo consulta. Assim define-se o grafo como sendo médico-médico, na qual o V é o conjunto de nós que são os médicos e E é a aresta, que significa médicos que possuem um paciente em comum, e E .

O grafo resultante é apresentado na figura 1.

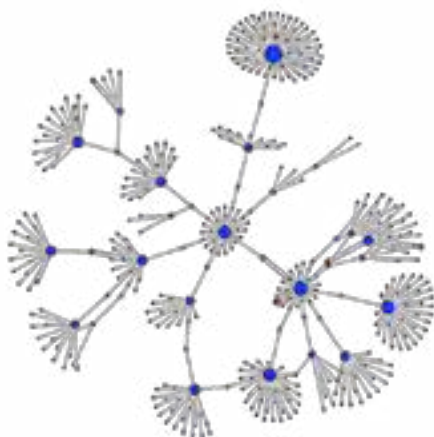


Figura 1 – Grafo do relacionamento médico—médico na qual dois médicos estão conectados entre si se atenderem a um mesmo paciente – fonte os autores

O fato dos médicos atenderem ao mesmo paciente não significa necessariamente que há uma colaboração entre eles no tratamento do paciente, mas se for muito recorrente pode indicar esta possibilidade. Por outro lado, se a quantidade de pacientes comuns entre eles for alto existe uma probabilidade muito alta de que eles possuem algum tipo de relacionamento profissional.

Resultados

Ao elaborar o grafo de relacionamento médico-médico é possível aplicar algumas métricas que definem a importância do médico nesta comunidade e as relações entre eles. Foram, então, definidas diferentes métricas de centralidades de análise de grafos na qual cada uma captura um sentido da importância relativa do médico na rede e possíveis colaborações entre eles no tratamento ao paciente:

- Grau (*degree*): Com esta métrica é possível encontrar a importância relativa que é proporcional ao número total de segurados compartilhados por outros médicos. Assim quanto maior o número de pacientes do médico compartilhados com outros médicos, mais central o médico é considerado e portanto tem alto poder de influenciar ou colaborar na decisão tanto de médicos quanto de pacientes.
- Autovalor (*eigenvalue*): Esta métrica apresenta o médico com mais autovalor, ou seja, que tem mais destaque na comunidade. O médico de destaque é aquele que possui mais pacientes em comuns do que seus outros pares, portanto os que exercem mais influência em seus pacientes e em relação aos outros médicos.

- *Betweenness*²: Ao estimar que um médico pode influenciar médicos próximos a ele, é possível obter o médico que provavelmente se conecta mais com outros médicos e portanto que pode influenciar e colaborar com outros profissionais, mais do que aqueles que não estão próximos.
- *Closeness*³: Mesmo não se conhecendo, os médicos podem estar conectados por causa da quantidade de outros médicos conhecidos entre si. Assim, é possível definir o grau de separação entre eles sendo que um grau baixo de separação significa que o médico é um candidato a colaborar com outro, pois a distância entre ele e o outro médico é baixa.

Definidas as métricas o cálculo foi feito no grafo considerando-se todas as UFs. Os resultados permitem associar as métricas a todos os médicos conectados a um grupo principal (maior componente conexa) dentro do intervalo de tempo de quartis (Q2 a Q4 de 2013 e Q1 a Q2 de 2014). A tabela 1 apresenta a quantidade de médicos e segurados por quartil em que os dados foram considerados para este estudo.

Tabela 1 – Quantidade de médicos e segurados dos dados analisados por quartil – fonte os autores

Quartil	Q2 2013	Q3 2013	Q4 2013	Q1 2014	Q2 2014
Quantidade de médicos	8.443	8.668	7.870	8.273	8.273
Quantidade de segurados	215.252	225.708	197.018	213.635	203.116

Ao calcular as quatro métricas notou-se a concordância entre as métricas entre 10% a 15% no top 100 médicos o qual é satisfatório tendo em vista que a base possui cerca de 8.000 médicos. Observou-se que a concordância ocorreu entre a métrica de grau e autovalor pois estes medem a relevância do médico na rede. Por outro lado a concordância entre as métricas de *betweenness* e *closeness* foi evidenciada, pois estes analisam a possibilidade de fluxo do paciente entre os médicos.

Uma característica interessante é a possibilidade de acompanhar a evolução dos médicos com as métricas. Isso pode ser visto na tabela 2 que contém a evolução do top 10 médicos pela métrica de autovalor.

Tabela 2 – Evolução temporal por quartis das posições dos médicos considerando os 10 mais relevantes no Q2 de 2013, incluindo todas as UFs – fonte os autores

Médico	Especialidade	2013 Q2	2013 Q3	2013 Q4	2014 Q1	2014 Q2
$M_{sp} 153$	Cardiologia	1	1	2	1	1
$M_{sp} 154$	-	2	3	1	2	2
$M_{sp} 164$	-	3	4	7	4	5
$M_{sp} 142$	-	4	5	3	3	3
$M_{sp} 242$	Nefrologia	5	10	10	14	12
$M_{sp} 243$	Ortopedia e Traumatologia	6	8	8	6	8
$M_{sp} 140$	-	7	2	4	5	4
$M_{sp} 148$	Cardiologia	8	7	5	13	11

2 O termo não possui uma tradução padrão para o português.

3 O termo não possui uma tradução padrão para o português.

M_{sp} 149	Hematologia e Patologia Clínica	9	12	14	12	16
M_{sp} 244	-	10	13	12	15	10

Pode-se perceber que há uma comportamento estável na posição dos médicos ao longo do tempo, por exemplo o médico M_{sp} 153 mantém a primeira posição em todos os quartis com exceção do quarto quartil de 2013 e permanece na segunda posição (não ficando longe da posição anterior). Desta forma é possível medir a subida ou descida do médico e assim saber o quanto é a influência e colaboração dele com outros médicos. Associada a especialidade pode-se analisar a métrica considerando a sazonalidade das doenças por exemplo o pneumologista ou alergologista ter valores altos no segundo e terceiro quartis.

O cálculo foi feito para todas as UFs e nota-se que os top 10 são do estado de São Paulo, ao fazer este cálculo para todas as regiões conclui-se que é possível definir qual é o alcance da influência e da colaboração do médico a outros colegas.

Outro resultado interessante da análise do grafo médico-médico é que mesmo tendo uma quantidade alta de médicos (cerca de 8.000 por quartil) os top 5 com maior valor na métrica de autovalor além de ter conexões, estão altamente conectados entre si, ou seja, cada um compartilha pacientes com os outros 5. Ao verificar a especialidade de cada um temos um otorrinolaringologista, um dermatologista, um endocrinologista, um hematologista e por fim um cardiologista. Além disso todos atendem seus pacientes na mesma região (Grande São Paulo), o único que fica um pouco mais longe dos outros médicos é o cardiologista. Esta análise principalmente ao ver as especialidades envolvidas sugerem fortemente uma colaboração entre eles no tratamento ao paciente. Assim, resolveu-se calcular a densidade (*density*) para medir o nível médio de relacionamento dos médicos. A densidade compara a quantidade de relacionamentos entre os médicos com a quantidade de potenciais relacionamentos que poderiam existir. Foi considerado que a quantidade total de conexões dos top 5 médicos é o número máximo de conexões e então o valor de densidade deles é igual a 1. Assim, no total de 8040 médicos a densidade é igual a 0,001512, porém ao considerar os top 40 médicos, a densidade é de 0,90, e considerando o top 100 a densidade ainda é de 0,60. Isso demonstra que quanto mais conectados estão os médicos maior a probabilidade deles estarem conectados entre si, ou seja, que possivelmente colaboraram entre si. A figura 2 apresenta a representação do grafo formado pelos médicos com maior valor da métrica de autovalor para o exemplo correspondente a Q2 de 2014, considerando todas as UFs. Este subconjunto possui 21 médicos com densidade 0,933, ou seja, estão praticamente todos conectados.



Figura 2 – Subconjunto de 21 médicos com maior relevância de todas as UFs e suas relações para Q2 2014 – fonte os autores

O gráfico 1 mostra como varia a densidade (em preto) em função do valor mínimo da métrica de autovalor. Em vermelho está representado o número de médicos do subconjunto que tem valores iguais ou maiores à coordena no eixo x . Desta forma, para valores altos da métrica (posição mais a direita no eixo x), tem-se o subconjunto dos top 5 médicos, com uma densidade igual a 1. Ao analisar valores menores da métrica, o subconjunto passa a ter mais médicos com queda das relações possíveis entre eles, mas ainda com valores altos. Como se pode ver nos dois casos marcados no gráfico 1 (densidade 0,9 para 40 médicos e 0,75 para 66 médicos).



Gráfico 1 – Quantidade de médicos no bloco dos “mais conectados” (vermelho) e a densidade (preto) que mede o quanto conectados estão estes médicos em função do número mínimo de conexões com outros médicos. – fonte os autores

Discussão

Este estudo analisou a influência do médico na comunidade, ou seja, quanto é provável o relacionamento dele com outro médico por meio de um paciente em comum. O estudo mostrou que médicos de diferentes ou mesmas especialidades possuem pacientes em comum e o médico que tem mais conexões com vários médicos provavelmente é referência para aquele conjunto de médicos. Por exemplo, um médico conclui que o paciente possui uma condição clínica que não se encontra no escopo de atendimento da sua especialidade e indica que o paciente consulte um outro especialista. O paciente

ao pedir uma sugestão de especialista, o médico indica aquele que considera referência para ele naquela especialidade. Portanto, o médico com muitas conexões indicam que ele é importante para as relações que existem na comunidade de médicos.

Ao modelar o relacionamento entre médicos desta forma permite-se individualizar os médicos que estão em posição destacadas entre os médicos, seja pelo fato de um determinado tipo de relacionamento entre os seus pares (algum tipo de colaboração entre eles por exemplo), seja porque ele mesmo está conectado com muitos outros médicos influentes, ou porque sem ele a estrutura de relacionamento muda de maneira considerável.

De acordo com Abdelzaher¹⁴, o compartilhamento de pacientes entre os médicos aumentam a probabilidade de interação e o compartilhamento de informações entre eles, além disso é alta a chance do tratamento de seus pacientes acontecerem de forma sincronizada. Pode-se então concluir que o compartilhamento do paciente entre médicos indicam fortemente que estes médicos formam um time de cuidado. Por outro lado, os estudos de Uddin¹¹ concluíram que médicos de hospitais com alto valor na métrica de grau indicam que há colaboração entre eles. Portanto é possível concluir que médicos com alto valor na métrica de grau, colaboram e compartilham informações entre si, assim como interação e sincronizam o atendimento aos pacientes que são comuns a eles. Isto tudo caracteriza uma coordenação do cuidado ao paciente e por consequência que eles formam um time de cuidado. Seguindo o mesmo raciocínio tem-se que os médicos com valores altos nas métricas de grau e autovalor mesmo não pertencendo a um hospital, possivelmente formam times de cuidados aos seus pacientes em comum. Isto pode ser constatado ao analisar os 5 tops médicos da amostra estudada que demonstraram estarem altamente conectados. Além disso as suas especialidades (dermatologista, endocrinologista, cardiologista, otorrinolaringologista e hematologista) sugerem a formação de um time de cuidado de um paciente crônico. Como dito o paciente crônico nem sempre tem um único diagnóstico e portanto são tratados por vários profissionais que precisam coordenar o cuidado em torno do paciente e formam assim times de cuidados formais (quando existe a figura do coordenador de cuidado) ou informais (o paciente neste caso é o elo de ligação entre eles). Além disso, estudos relatados em Cunningham¹⁰, afirmam que ter redes coesas e de colaboração (de profissionais ou de instituições de saúde) podem ser benéficos para o atendimento e segurança (*safety*) do paciente, assim estes times de cuidados informais indicam que a assistência e segurança do paciente são boas e devem ser apoiadas e estimuladas pelas seguradoras.

Por outro lado, os médicos que estão conectados a médicos influentes ou a muitos outros médicos sugerem que estes agem como conselheiro de seus pacientes e portanto seriam candidatos a serem o coordenador de cuidado do paciente, pois segundo Craig⁴ os melhores coordenadores de cuidado do paciente agem como conselheiro de seus pacientes.

Ainda pelas pesquisas de Uddin¹¹ os médicos que possuem muitas conexões (alto valor na métrica de grau) sugerem que estes possuem mais conhecimento para assistir seus pacientes, pois torna mais fácil para o médico compartilhar conhecimento de forma efetiva com seus outros pares. Assim o médico em posição destacada (valores alto na métrica de grau e autovalor) indica que provavelmente ele pertence a vários times de cuidado e que possuem grande quantidade de conhecimento para atender seus pacientes, significando melhor qualidade no atendimento, e por conta disto fazem com que sejam referência para os seus pares. Outro dado importante é que estes médicos facilitam a comunicação e possuem alto valor de confiabilidade¹⁰. Por outro lado, Gold¹⁷ e Mendel¹⁸, apontam que esta centralidade torna a rede vulnerável, pois se eles saírem ou mudarem os seus papéis a conectividade pode se desfazer e todos os benefícios são perdidos. Assim, é importante manter estes médicos como prestadores da seguradora, pois além da vulnerabilidade da rede, segundo Ryu¹⁶ compartilhar conhecimento médico entre prestadores é crítico para o sucesso e sobrevivência no ambiente competitivo de organizações de saúde. Além do que no estudo de Uddin¹¹ foi constatado que tal relacionamento diminui os custos de hospitalização e readmissão de pacientes.

Com relação a métrica de *betweenness* tem-se que quanto maior a flutuação em seus resultados a colaboração é menor e a comunicação prejudicada entre os médicos¹¹. Assim, pode-se concluir que ao encontrar este tipo de flutuação no conjunto de médicos que atendem a um mesmo paciente tem-se que o tratamento dele não acontece de forma sincronizada e portanto é um candidato a ter um custo de saúde mais alto para a seguradora do que aqueles que são assistidos por médicos altamente conectados.

Por fim, é possível analisar a evolução dos médicos em todas estas características ao constatar neste estudo esta possibilidade quando foi feita a análise do relacionamento da comunidade de médicos por quartil. Isso é importante, pois desta forma a seguradora pode analisar a sua comunidade de médicos e tomar decisões quanto a necessidade de treinamento, aconselhamentos e reuniões com as prestadoras a fim de melhorar a qualidade do atendimento médico.

Conclusão e trabalhos futuros

Com este trabalho foi possível definir métricas para analisar o papel do médico na comunidade de médicos da seguradora e que estas se revelaram muito promissoras para definir prováveis times de cuidados informais ao encontrar subconjuntos de médicos com alto índice de segurados em comum. Além disso, ao identificar médicos que estão conectados a muitos médicos sejam eles influentes ou não podem indicar que estes médicos influenciam o paciente em suas decisões e assim atuam como “coordenadores de cuidado” ao provavelmente atuarem como conselheiros destes pacientes. Outro ponto importante é poder avaliar ao longo do tempo a evolução destes médicos e com isso poder tomar medidas para melhorar o atendimento destes profissionais a seus pacientes.

Como trabalho futuro serão feitas análises mais detalhadas em grupo de médicos altamente conectados no grafo (“times de cuidados informais”) e verificar se o custo do tratamento de pacientes com os mesmos diagnósticos são menores do que aqueles os mesmos tipos de pacientes tratados por médicos que não estão altamente conectados. Também pode-se analisar o impacto no custo de pacientes tratados pelo conjunto de médicos que possuem flutuação na métrica *betweenness* (baixa comunicação e interação entre os médicos) para verificar se há um impacto no custo do tratamento comparado aos médicos altamente conectados.

Referencia

- [1] World Health Organization. Noncommunicable diseases progress monitor. Switzerland, WHO: WHO Press; 2015.
- [2] Owens MK. Costs of uncoordinated care. In: Yong PL, Saunders RS, Olsen, LA, editors. The healthcare imperative: Lowering costs and improving outcomes. Workshop series summary. Washington, DC: National Academy Press; 2010. p. 109-140
- [3] McDonald KM, Sundaram V, Bravata DM, Lewis R, Lin N, Kraft S, et. al. Care coordination. Vol 7. of: Shojania KG, McDonald KM, Wachter RM, Owens DK, editors. Closing the Quality Gap: A Critical Analysis of Quality Improvement Strategies. Technical Review 9 (Prepared by the Stanford University-UCSF Evidence-based Practice Center under contract 290-02-0017). AHRQ Publication No. 04(07)-0051-7. Rockville, MD: Agency for Healthcare Research and Quality. June 2007.
- [4] Craig C, Eby D, Whittington J. Care coordination model: better care at lower cost for people with multiple health and social needs. In: IHI Innovation Series white paper. Cambridge, Massachusetts: Institute for Healthcare Improvement. 2011.

- [5] Van Houdt S, Sermeus W, Vanhaecht K, De Lepeleire J. Focus groups to explore healthcare professionals' experiences of care coordination: towards a theoretical framework for the study of care coordination. *BMC Family Practice*. 2014;15:177.
- [6] Wagner EH, Sandhu N, Coleman K, Phillips KE, Sugarman JR. Improving care coordination in primary care. *Med Care*. 2014;52(11 Suppl 4):S33–S38.
- [7] Cunningham SJ, Dillon SM. Authorship patterns in information system. *Scientometrics*, 1997;39, 19-27.
- [8] Luukkonen T, Tijssen R J, Persson O, Sivertsen G. The measurement of international scientific collaboration. *Scientometrics*, 1993;28, 15-36.
- [9] Beaver DB, Rosen R. Studies in scientific collaboration. *Scientometrics*, 1978;1, 65-84. *apud*¹¹
- [10] Cunningham FC, Ranmuthugala, G, Plumb, J, Georgiou, A, Westbrook, JI, Braithwaite J. Health professional networks as a vector for improving healthcare quality and safety: a systematic review. *BMJ Qual Saf*. 2012;21:239-249.
- [11] Uddin S, Hossain L. Effects of physician collaboration network on hospital outcomes. In: *Proceedings of the fifth Australian Workshop on Health Informatics and Knowledge Management (HIKM 2012)*. Melbourne:Australia. 2012:67-73.
- [12] Pollack CE, Weissman GE, Lemke KW, Hussey PS, Weiner JP. Patient Sharing Among physician and cost of care: A network analytic approach of care coordination using claims data. *J Gen Intern Med*, 2012;28(3):459-65.
- [13] Chandola V, Sukumar, SR, Schryver, J. Knowledge discovery from massive healthcare claims data. In: *Proceedings of KDD'13*. Association of Computing Machinery (ACM). Chicago:USA, 2013:1312-1320.
- [14] Abdelzaher AF, Ghosh P, Mussawi AF, Jackson DS, Palesis JA, Deshazo JP. Care coordination metrics of patient sharing among physicians: A social network analytic approach. In: *Proceedings of BCB'14*. Association of Computing Machinery (ACM). Newport Beach:USA, 2014:635-636.
- [15] Uddin S, Kelaher M, Piraveenan M. Impact of physician community structure on healthcare outcomes. *Stud Health Technol Inform*. 2015;214:152-8.
- [16] Ryu S, Ho SH, Han I. Knowledge sharing behaviour of physicians in hospitals, *Expert Systems with Applications* 2003;25:113-122
- [17] Gold M, Doreian P, Taylor EF. Understanding a collaborative effort to reduce racial and ethnic disparities in health care: contributions from social network analysis. *Soc Sci Med* 2008;67:1018-27 *apud*¹⁰
- [18] Mendel P, Damberg CL, Sorbero ME, et al. The Growth of partnerships to support patient safety practice adoption. *Health Serv Res* 2009;44:717-38 *apud*¹⁰

A PRELIMINARY MULTIPROFESSIONAL INFORMATION MODEL FOR BRAZILIAN PRIMARY CARE

Renata Dutra Braga¹, Panel of Specialists in Health², Fábio Nogueira de Lucena³, Rejane Faria
Ribeiro-Rotta⁴

¹ Postgraduate student, Program in Health Sciences, Federal University of Goiás, Goiás, Brazil

² Professors and staff of the Federal University of Goiás (School of Physical Education, School of Nursing, School of Pharmacy, School of Medicine, Program of Music Therapy, School of Nutrition, Program of Psychology, Clinical Hospital), University of Goiás State (Program of Physiotherapy), Catholic University of Goiás (Program of Physiotherapy, Program of Psychology), University of São Paulo (School of Medicine, Occupational Therapy Division) – Appendix A

³ Associate Professor, Institute of Informatics, Federal University of Goiás, Goiás, Brazil

⁴ Titular Professor, School of Dentistry, Federal University of Goiás, Goiás, Brazil

Resumo: Objetivo: Definir um modelo preliminar de registro de informação em saúde, incluindo as informações multiprofissionais essenciais para a avaliação da saúde geral do indivíduo a serem coletados na atenção primária. Método: Pesquisa-ação exploratória, em que um painel de especialistas das diferentes profissões de saúde foi selecionado para a identificação das informações essenciais para a composição do modelo. Reuniões periódicas foram realizadas e a ferramenta mapa mental foi utilizada para representação visual do modelo. Resultados: O modelo preliminar de registro de informações de saúde obtido é capaz de atender às demandas multiprofissionais no contexto da atenção primária e foi estruturado em quatro pilares: coleta de dados, diagnóstico, abordagem terapêutica e Avaliação. Conclusão: A identificação das informações realizada de maneira integrada e interativa, gerou um modelo informacional para a área da saúde que segue as diretrizes semiológicas e vai além do proposto pela literatura convencional, permitindo a transdisciplinaridade tão requerida na atenção primária, requerendo validação.

Palavras-chave: Atenção Primária à Saúde; Informação; Registros Eletrônicos de Saúde.

Abstract: Objective: To define a preliminary model of health information record that includes the essential multiprofessional informations from general health of the individual, to be collected in primary care. Method: Exploratory action research, in which a panel of experts of different health professions was selected to perform the identification of the essential information for the model composition. The development of the model was performed through meetings, using mental map tool for visual representation. Results: The preliminary model of health information record obtained is able to attend the multiprofessional demands in the context of primary care and it was structured on four pillars: Data Collection, Diagnosis, Therapeutic Approach and Evaluation. Conclusion: The identification of information performed in an integrated and interactive way generated an information record model in health that follows the semiological guidelines and goes beyond the proposed by the conventional literature. It enables transdisciplinarity requirements of primary care and needs validation.

Keywords: Primary Health Care; Information; Electronic Health Records.

Introduction

Interoperability is a key element in the success of electronic health record systems¹. It is divided into four levels: level 1: no electronic data (eg telephone); Level 2: data transferred electronically (eg, fax,

scanned documents, photos); Level 3: data organized electronically (eg HL7 messages) and level 4: electronically interpretable data (eg openEHR)². Achieving comprehensive and ideal level of interoperability (semantics) is not a simple task^{1,3}.

Aiming higher levels of interoperability, openEHR Foundation developed an information standardization model, structured on two levels⁴. In this dual-model, the content and structure of electronic records are arranged in a way that the data structure is not embedded in the software code, but is kept separated⁵. In other words, this model separates the knowledge (level 1 - archetypes or templates) and the information (level 2 - reference model or information). This brings flexibility to the model, and adjustments to the content do not compromise the software structure, facilitating the dynamic process which usually involves the development of an electronic health record^{5,6}.

Brazilian public health system is structured in three levels of complexity of care: primary, secondary and tertiary⁷. The first level works as a gateway to the public health system, as an initial filter for around 85% of health users' needs⁸. It generates the demand for more complex services, organizing the flow of continuity of care or in other health care levels⁹.

It is unknown a model that gathers information required for different professions and health management, and at the same time, it is based on the individual. In this study the individual is considered the generating source of all information in health, since the main impact of the quality and use of information in healthcare is the individual himself¹⁰.

One of the main reasons for the development of an information recording model in health focusing on individuals is the possibility of achieving the collection of information on a large number of problems affecting the population, without the inconvenience to contribute with the proliferation of systems with fragmented views of health. Many other initiatives have to be added to obtain effective results, but all can and should take place in parallel with a convergent point in the future – standardization and integration of health information.

To standardize and integrate health information in a country is complex and needs to be done in a scalable way. However, among the various actions that have been undertaken, most effort has been taken to meet the health management's demands. On one hand it solves the problem providing data based on assistance, on the other it increases the number of "islands" of information³. The development of an electronic health record individual-centered is one alternative. So, the question that guided this research was: what is the set of information, centered on the individual, relevant to the multidisciplinary care in primary care? The answer is the expected information to be transferred among many of the points of care.

This study aimed to design a preliminary model of health information record that included the essential information of general health of the individual, collected in primary care, in order to allow future interoperability.

Materials and Methods

This exploratory action research, with descriptive approach, was approved by the Ethics Committee at Federal University of Goiás, Brazil (protocol nº. 118/12). All members of the expert panel signed a consent form.

Importantly, the model proposed is not about developing a computational of health information record system, but a previous stage to this. It is about the identification of the most relevant information of the individual's health in primary care, according with the criterias of the experts of multiprofessional team. This set of identified and systematized information was named as preliminary model.

The process of identifying the information for composing the preliminary model was performed in two stages, namely:

- Establishment of the multiprofessional team
- Information identification process for model composition

Establishment of the multiprofessional team (panel of experts)

A panel of experts comprised by professionals from different health professions and Music Therapy was established. The criteria for participating in this panel were: be health care workers of one of the regulated professions, music therapy and have experience (clinical practice, teaching or research) in semiology and / or primary care. Members of Health Information Governance Committee of Federal University of Goiás, Brazil were eligible for membership of this panel and, from them, using the snowball technique, other professions not covered were included.

The guiding questions presented at the first meeting with the panel of experts, were based on a hypothetical care scenario of an individual in the Brazilian health system, public and / or private, which passes through a set of healthcare throughout his life, providing lots of information that are stored in “islands” in the institutions, clinics, hospitals, laboratories and professionals where he received treatment. The hypothetical model revealed that those informations, without being shared, would generate duplicities, increased health care costs, misdiagnosis and ineffective treatments. Then, to made clear the notion of interoperability, we included information and communication technologies (standards, terminology) that allowed the visualization of the various benefits that this solution can provide and the many actions that still need to be made to the migration effective of the first model to the second can happen. It was emphasized that the focus of this study concentrated on the primary care level, aiming interoperability.

After the formation of this multiprofessional panel, weekly meetings were scheduled, according to day / schedule of availability each member. It was estimated a total of fourteen two hours meetings with all members, to obtain a preliminary model.

The Calendar Google tool was used to notify members of when and where the meetings would be held. The reminders were sent with at least two days in advance. When it was necessary, telephone contact was made. The memories of all meetings were registred in reports, in different versions of the mental map, in photos, in attendance list and in audio recording.

Identification of the informations for the preliminary model

The essential informations of the general health of an individual were identified by expert panel during the regular meetings held individually or in large group (when there was the presence of the majority of panel members). These experts did not receive any initial proposal of the information record model in health. The model was built starting from a ground zero, through a brainstorming, generating at the end, a mind map containing all the essential identified informations. Of these informations, four groups with similar characteristics were structured and named as pillars: Data Collection, Diagnosis, Therapeutic Approach and Evaluation. This preliminary model was visually represented using the concept of mind map, by FreeMind tool.

At every meeting held, the preliminary model was fully revised and refined. New items were modified, added or deleted in the same view of the different panel experts, based on four main factors: focus (individual), scope (primary care), type of information (which was common among the different health professions) and the guiding questions.

Results and Discussion

The panel of experts was established with the aim to strengthen the preliminary model of health information record proposed. It was comprised of ten representatives of the health professions regulated by the Brazilian National Board of Health. Four other professions (Social Assistance, Biology, Biomedical and Veterinary Medicine) were not included because they were not identified professionals with availability to participate, according established criteria. One professional of music therapy also made part of the panel.

The heterogeneity and professional diversity established in this panel of experts were able to attend the characteristics of primary care, where different professionals are essential to respond to community health needs¹¹.

The discussions, individually with each professional or in the large group (panel), were characterized by a growing sensitization among members about the importance of the model and generated a rethinking of the clinical practice of a new perspective of integration, revisiting and changing concepts established.

Nine group of meetings (panel) were performed, totaling more than eighteen hours to the construction of the preliminary model, as well as several individual meetings with professionals who had no availability to participate in the main meeting, adding approximately sixteen hours.

The identification of health information for composing the preliminary model was completed at the ninth meeting. It was considered preliminary model since its content validation by Delphi method would be held to achieve the highest level of desirable consensus¹².

Thus, the main contribution of this study was the identification of the essential informations that integrated a preliminary model of health information record in the context of primary care, one of the first steps to the electronic representation of this information in an electronic health record interoperable^{13,14}. In addition, with the multiprofessional model it will be possible to standardize data for supporting patient transitions between care settings and also for research^{15,16}.

This step is justified as a priority since it establishes the key concepts, the basis for the construction of archetypes, that will enable semantic interoperability^{13,14,16} of a future electronic record for the different levels of health attention. In addition, the openEHR Foundation reference model was regulated by Brazilian Ministry of Health (Ordinance 2.073/2011)¹⁷ as one of the patterns of information for defining the electronic health record.

In summary, a model of health information record better structured and planned, starting from the individual care, at every time he seeks for healthcare, public or private, would allow obtaining all necessary information not only for health care, but also for management and research^{15,18}.

Obtaining the preliminary model

The obtained preliminary model (Figure 1), centered on the individual, has a central structure based on four pillars: Data Collection, Diagnosis, Therapeutic Approach and Evaluation. The full version of the preliminary model is available at goo.gl/mp2016.

Data Collection Pillar

The Data Collection Pillar consisted of nine items. It included information from the general anamnesis and specific evaluation of the various health professions, which the level of detail was restricted to primary care.

One of the first differences of the preliminary model compared to the models proposed by some federal councils of Brazilian health professions is that the Data Collection Pillar adds mandatory items (the user identification, anamnesis and physical examination), but expanded the concept of identification, including not only the one related to the user, but also regard to the health professional and the institution. The anamnesis was segmented, adopting terms that could include information collected by various health professionals, even those not able to establish diagnosis. To exemplify, the members of the panel of experts chose to replace the item “chief complaint” by “reasons for requesting assistance”.

The item “Overall health evaluation” of the Data Collection Pillar was selected for the discussion. This item reviews the current general health history of the individual and complements the history of present disease. Review of systems or health inventory are some of the synonyms for this item of the pillar. However, again, the adaptation aimed to meet the demand of different health professions in primary care. Data related to lifestyle, socioeconomic and cultural conditions were added to this item.

Diagnosis Pillar

The set of four items that compounds Diagnosis Pillar includes information related to diagnostic hypotheses, tests and their results to establish the partial and or final health diagnosis.

The first item, “Diagnostic Hypothesis”, allows recording the diagnostic possibilities raised by the health professional within the differential diagnosis process, based on Data Collection Pillar informations. This item is determinant for the establishment of appropriate clinical approach to the chief complain of the individual.

The second and third items, “Exams” and “Tests Results”, include the different types of exams that may be required in primary care, which can widen the clinical information in addition to those identified by the sense organs. The gathering of these informations corroborate with the differential diagnosis process. Besides including the most frequent requested exams in health context, a highlight of this item in the proposed information model consists in the inclusion of instruments that assess relevant aspects required for different professions such as Psychology, Speech Therapy, Occupational Therapy, Physical assessment protocols (mental, behavioral, psychomotor, cognitive, language, voice, oral motor, dysphagia, auditory exams and others).

The fourth item, “Diagnoses”, was subdivided into final and partial, since it is not always that the differential diagnosis process establishes a single definitive diagnosis and that various comorbidities or problems can coexist.

Therapeutic Approach Pillar

The Therapeutic Approach Pillar was structured in three items. During the process of discussion of the Panel of experts, the first names suggested for this Pillar included: Treatment Plan, Therapeutic Planning and Clinical Practice. The terms: “Plan and Planning” were discarded because this Pillar should cover not only the steps or therapeutic procedures but also their planning implementation. Thus, the term “Therapeutic Approach” was considered the most appropriate by referring to the action to conduct.

For the subdivision of this Pillar, another aspect discussed was the fact that in primary care, it is not always that the user requires assistance through a treatment, but actions of health promotion and prevention must be considered¹⁹. To attend these aspects, the item “non-invasive procedures” was included. Also, considering the National Policy on Integrative and Complementary Practices in Brazilian Unified Health System, presented by the Brazilian Ministry of Health to ensure completeness in health care, the item of “complementary and integrative practices” was included in this pillar.

Evaluation Pillar

The Evaluation pillar was subdivided in “procedural rating” and “final evaluation”. The first item “procedural rating” aims to register every step of monitoring process of users’ health history. This item can be found in the literatura described as evolution or partial evaluation. It was divided into five sub-items, and the first three - structure, process and result - were suggested to allow an extension of the evaluation process, covering different aspects and views²⁰.

The sub-items “Scheduling” and “Request for Control Examinations” will be filled out if the individual needs monitoring and / or periodic reviews.

The “final evaluation” allows recording the outcome of different events within the health-disease process of an individual in a health system and presents options for cases of high chance of cure, improvement, stable, worsening and death.

A consensus of the preliminary multiprofessional information model by the panel of experts was performed¹² as part of a PhD theses in progress. The next steps of this study include: (a) the extension of the consensus of health information record model to be established for professionals working in primary care units in the State of Goiás-Brazil, as well as, (b) detailing model information items and mapping with internationally recommended terminologies and classifications recognized¹².

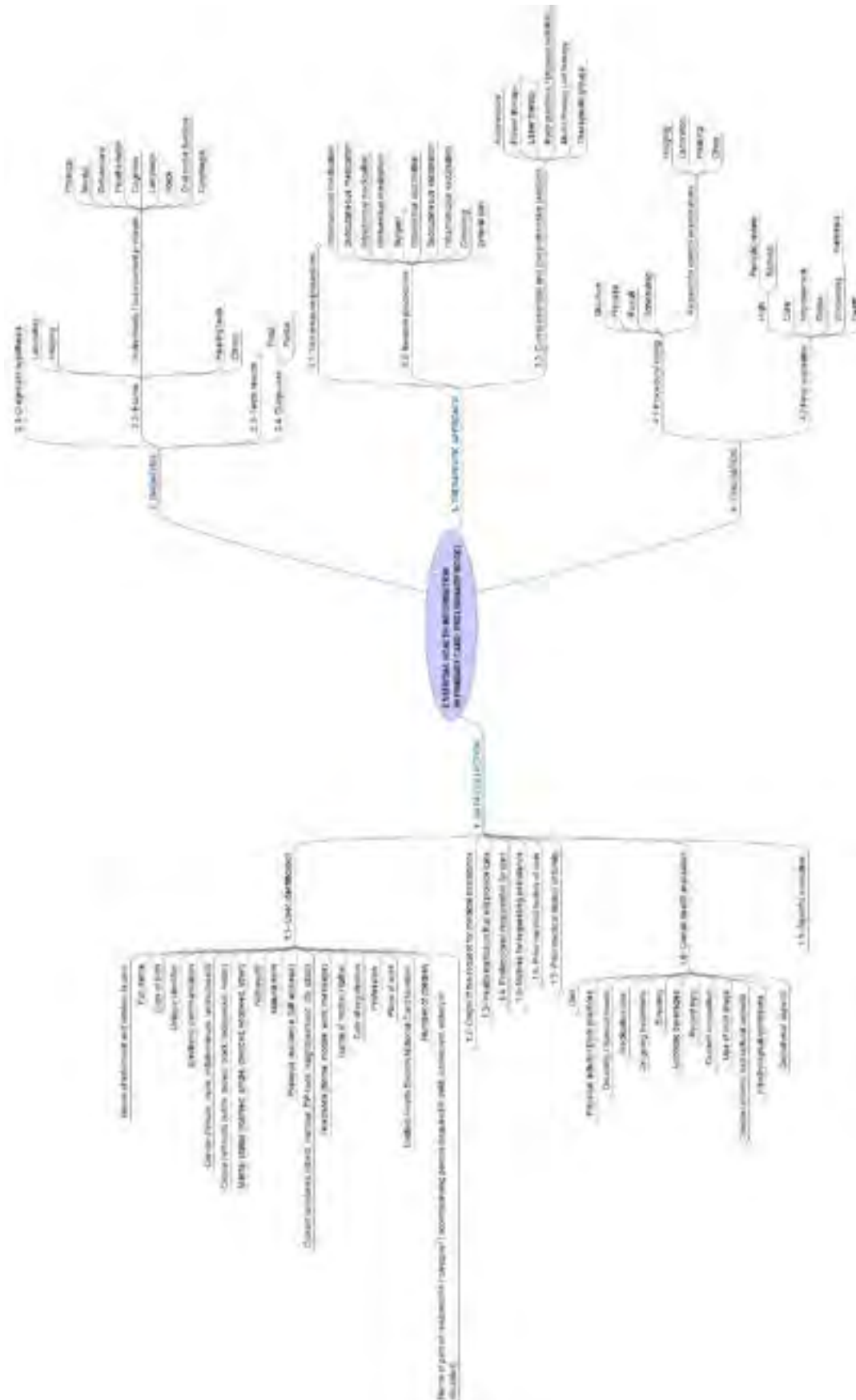


Figure 1 – Preliminary model of health information record based on the individual and focused in primary care

Conclusion

In conclusion, this study highlights the participation of various health professionals with experience in teaching semiology, clinical practice and/or work in primary care, which were important aspects of the panel of experts profile that developed the proposed model. This allowed the identification of information in an integrated and interactive way, which led to an information health record model that follows the semiological guidelines, but that goes beyond the conventional model proposed by the literature, enabling transdisciplinarity required in primary care.

Acknowledgments

To Postgraduate Program in Health Science, Faculty Medicine, University Federal Goiás.

Appendix A

The health professionals and teachers that composed the Panel of Specialists in Health and which are also co-authors of this study:

- Cejane Oliveira Martins Prudente, Professor at Physiotherapy Program (State University of Goiás and Catholic University of Goiás, Brazil)
- Celmo Celeno Porto, Professor at School of Medicine (Federal University of Goiás, Brazil)
- Claudia Regina de Oliveira Zanini, Professor at Music Therapy Program (Federal University of Goiás, Brazil)
- Emilse Terezinha Naves, Professor at Psychology Program (Federal University of Goiás at Catalão, Brazil)
- Iracema Gonzaga Moura de Carvalho, Professor at Psychology Program (Catholic University of Goiás, Brazil)
- Luzia Iara Pfeifer, Professor at School of Medicine, Occupational Therapy Division (University of São Paulo at Ribeirão Preto, Brazil)
- Maria Márcia Bachion, Professor at School of Nursing (Federal University of Goiás, Brazil)
- Marília Mendonça Guimarães, Professor at School of Nutrition (Federal University of Goiás, Brazil)
- Mércia Pandolfo Provin, Professor at School of Pharmacy (Federal University of Goiás, Brazil)
- Raphael Brandão Pereira, Nurse at Clinical Hospital (Federal University of Goiás, Brazil)
- Rejane Faria Ribeiro-Rotta, Professor at School of Dentistry (Federal University of Goiás, Brazil)
- Ricardo Lira de Rezende Neves, Professor at School of Physical Education (Federal University of Goiás, Brazil)
- Valeriana de Castro Guimarães, Phonoaudiologist at Clinical Hospital and Professor at School of Medicine (Federal University of Goiás, Brazil)

References

- [1] Gliklich RE, Dreyer NA LM. Registries for Evaluating Patient Outcomes: A User's Guide. 3rd ed. Rockville (MD): Agency for Healthcare Research and Quality (US), 2014; 13(14)-EHC111.
- [2] Walker J, Pan E, Johnston D, Adler-Milstein J, Bates DW, Middleton B. The value of health care information exchange and interoperability. *Health Aff (Millwood)*. 2005;5(10):5-18.
- [3] Knaup P, Bott O, Kohl C, Lovis C, Garde S. Electronic patient records: moving from islands and bridges towards electronic health records for continuity of care. *Yearb. Med. Inform.* 2007:34-46.

- [4] Dias RDM, Cook TW, Freire SM. Modeling healthcare authorization and claim submissions using the openEHR dual-model approach. *BMC Med. Inform. Decis. Mak.* 2011; 12;11-60.
- [5] Anani N, Chen R, Prazeres Moreira T, Koch S. Retrospective checking of compliance with practice guidelines for acute stroke care: a novel experiment using openEHR's Guideline Definition Language. *BMC Med. Inform. Decis. Mak.* 2014;10;14-39.
- [6] Dias RDM, Freire SM. Demographic concepts and their representations in Health Information Systems. *Cad. saúde colet, (Rio J).* 2010;18:167-77.
- [7] Viegas SM da F, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais BH, Penna CM de M, Gerais UF de M. The Brazilian Unified Health System (SUS) is universal, but quotas are the norm. *Cien. Saude Colet.* 2013;18:181-90.
- [8] Starfield B. Is primary care essential? *Lancet.* 1994;344:1129-33.
- [9] Pasarin MI, Berra S, Gonzalez A, Segura A, Tebe C, Garcia-Altes A, et al. Evaluation of primary care: The "Primary Care Assessment Tools - Facility version" for the Spanish health system. *Gac Sanit.* 2013;27:12-8.
- [10] Hayrinen K, Saranto K, Nykanen P. Definition, structure, content, use and impacts of electronic health records: a review of the research literature. *Int J Med Inf.* 2008;77:291-304.
- [11] Llodra Calvo JC, Oliver A, Montserrat Ingles Novell M, Villa A. Contributions and perspectives of the multiprofessional team to the health basket in primary care. *Gac Sanit. Spain;* 2012;26(1):118-23.
- [12] Braga RD, Lucena FN, Panel of Specialists in Health, Ribeiro-Rotta RF. A multiprofessional information model for Brazilian primary care: defining a consensus model towards an interoperable electronic health record. *Int. J. Med. Inform.* 2016;90:48-57.
- [13] Bacelar-Silva GM, Cesar H, Braga P, Guimaraes R. OpenEHR-based pervasive health information system for primary care: First Brazilian experience for public care. *ASONAM '13 Proceedings of the 2013 IEEE/ACM International Conference on Advances in Social Networks Analysis and Mining.* 2013, p. 572-873.
- [14] Garde S, Chen R, Leslie H, Beale T, McNicoll I, Heard S. Archetype-based knowledge management for semantic interoperability of electronic health records. *Stud. Heal. Technol. Inf.* 2009;150:1007-11.
- [15] Chow M, Beene M, O'Brien A, Greim P, Cromwell T, DuLong D, et al. A nursing information model process for interoperability. *J. Am. Med. Inform. Assoc.* 2015;22(3):608-14.
- [16] Moreno-Conde A, Moner D, Cruz WD da, Santos MR, Maldonado JA, Robles M, et al. Clinical information modeling processes for semantic interoperability of electronic health records: systematic review and inductive analysis. *J. Am. Med. Inf. Assoc.* 2015;22(4):925-34.
- [17] Brazil MH. Ordinance 2.073. *Union Official Diary;* 2011. Available from: http://bvsmis.saude.gov.br/bvsmis/saudelegis/gm/2011/prt2073_31_08_2011.html
- [18] Garde S, Knaup P, Hovenga E, Heard S. Towards semantic interoperability for electronic health records. *Methods Inf Med.* 2007;46:332-43.
- [19] Starfield B, Shi L, Macinko J. Contribution of primary care to health systems and health. *Milbank Q.* 2005;83(3):457-502.
- [20] Donabedian A. Evaluating the Quality of Medical Care. *Milbank Q.* 2005;83(4):691-729.

Address for correspondence

Rejane Faria Ribeiro-Rotta
Corresponding author at: Oral Health Division,
School of Dentistry, Goiânia, Brazil, situated
on Avenue University, Corner of 1st Avenue,
Universtiy Sector, ZIP Code 74605-220,
Goiânia, Goiás, Brazil. Tel.: +55 62 3209-6067.
E-mail address: rejanefrr@gmail.com

DICOMFLOW: INFRAESTRUTURA ASSÍNCRONA, ASSIMÉTRICA, DESCENTRALIZADA PARA DISTRIBUIÇÃO DE IMAGENS MÉDICAS

DICOMFLOW: ASYNCHRONOUS, ASYMMETRICAL, DECENTRALIZED INFRASTRUCTURE FOR DISTRIBUTION OF MEDICAL IMAGES

Juracy R. Lucena-Neto¹, Herson H. B. Damasceno¹, Denys A. B. Silva¹,
Danilo A. B. Araújo¹, Gustavo H. M. B. Motta¹

¹Programa de Pós-Graduação em Informática, Centro de Informática,
Universidade Federal da Paraíba – UFPB, João Pessoa, Brasil

Resumo: Os avanços das tecnologias de informação e comunicação proporcionam as condições para formar uma infraestrutura para distribuição de imagens médicas em larga escala. Entretanto, mesmo considerando a grande base instalada PACS/DICOM, não se observa a formação de uma infraestrutura comum para troca de imagens médicas entre entidades de saúde. **Objetivo:** Propor o DICOMFLOW, uma infraestrutura assíncrona, assimétrica e descentralizada para distribuição de imagens médicas, construída sobre a base instalada. **Método:** Especificou-se um protocolo para troca de mensagens e transmissão de imagens médicas e construiu-se um modelo arquitetural em duas camadas. **Resultado:** Três experimentos foram realizados para avaliar preliminarmente a infraestrutura quanto a sua viabilidade técnica e operacional. **Conclusão:** O DICOMFLOW possibilita a troca de imagens entre profissionais e organizações de saúde quaisquer, desde que pertençam à base instalada, fomentando a formação de uma infraestrutura de informação para distribuição de imagens médicas.

Palavras-chave: Telerradiologia, Integração de Sistemas, Informática Médica.

Abstract: Advances in information and communication technologies have provided the conditions for the formation of an infrastructure for medical images distribution on a large scale. However, even considering the large PACS/DICOM installed base, it is not observed the formation of a common infrastructure for the exchange of medical images between health organizations. **Objective:** To propose DICOMFLOW, an asynchronous, asymmetric, and decentralized infrastructure for distribution of medical images, built on the installed base. **Method:** A protocol for messaging and transmission of medical images was specified and an architectural model in two layers was built. **Results:** Three experiments were carried out to evaluate preliminarily the proposed infrastructure with respect to its technical and operational feasibility. **Conclusion:** DICOMFLOW enables the exchange of images between any health professionals and organizations, provided that they belong to the installed base, fostering the emergence of an information infrastructure for distribution of medical images.

Keywords: Teleradiology, Systems Integration, Medical Informatics.

Introdução

Os consideráveis avanços das tecnologias de informação e comunicação nas últimas décadas proporcionaram as condições técnicas para formação de uma infraestrutura para distribuição de estudos de imagens médicas em larga escala. Entretanto, mesmo considerando a grande base instalada PACS¹/DICOM² nos departamentos de radiologia, não se observa a formação de uma infraestrutura comum para troca de imagens médicas entre instituições e também com profissionais de saúde³. A ausência

de uma infraestrutura comum leva ao estabelecimento de acordos bilaterais entre as partes, caracterizados pela adoção de soluções *ad hoc* de integração⁴, em geral baseadas em redes privadas virtuais e computação na nuvem.

Redes privadas virtuais, por requererem configurações ponto-a-ponto, não são escaláveis, não se prestando, portanto, para estabelecer um meio comum para troca de estudos de imagens entre múltiplas partes⁵. Por outro lado, soluções baseadas em computação na nuvem^{5,6,7,8} dependem de elementos centrais, por exemplo, para fins de armazenamento ou de comunicação (e.g., uso de *brokers*). Ademais, mesmo considerando as vantagens de permitir acesso a dados e serviços com um mínimo de infraestrutura pelos clientes, a computação em nuvem traz os riscos da dependência de um único provedor, aliada a questões de segurança de dados, privacidade e disponibilidade. Soluções^{9,10} baseadas nos padrões de integração IHE XDS-I¹¹ e XCA-I¹² para compartilhamento de imagens entre múltiplas partes também pressupõem autoridade ou elementos centrais, seja para coordenação, controle ou operação. Como exemplo de solução que prescinde de autoridade ou elementos centrais, tem-se o DICOM e-mail¹³, uma infraestrutura apoiada pela Sociedade Alemã de Radiologia que distribui estudos de imagens utilizando a base instalada de e-mail da Internet. Embora bem-sucedido, integrando o *work-flow* radiológico de mais de 240 instituições no país, trafegando no ano de 2013 cerca de 2.500.000 imagens apenas no Hospital da Universidade de Mannheim¹⁴, o DICOM e-mail tem como desvantagem o recebimento compulsório de grandes volumes de dados de imagem como anexos de e-mail.

Visando contribuir para solução dos problemas apresentados anteriormente, este trabalho propõe o DICOMFLOW, uma infraestrutura assíncrona, assimétrica e descentralizada para distribuição de estudos de imagens médicas. O modelo arquitetural do DICOMFLOW¹⁵ baseou-se no conceito de infraestrutura de informação (II), que se caracteriza como uma infraestrutura compartilhada, aberta e construída sobre uma base instalada, formando um espaço social onde pessoas, organizações e componentes tecnológicos podem espontaneamente formar associações para desenvolver alguma atividade^{16,17}. Por compartilhada entende-se uma II como um bem comum, não pertencendo a uma única empresa ou organização¹⁶. Entende-se por aberta a capacidade da II incluir um número crescente de entidades (pessoas, organizações, componentes tecnológicos), participando como usuários ou desenvolvedores da infraestrutura¹⁷. Base instalada refere-se a uma infraestrutura preexistente sobre a qual uma nova infraestrutura é formada. O compartilhamento e a abertura, sobre uma base instalada, portanto, resultam numa crescente heterogeneidade técnica e social¹⁷.

A base instalada sobre a qual o DICOMFLOW se apoia é formada pela infraestrutura PACS/DICOM dos departamentos de radiologia e a infraestrutura de e-mail da Internet. Da primeira aproveita-se o amplo uso do protocolo DICOM como padrão de comunicação e armazenamento. Entretanto, é preciso contornar a limitação da tecnologia PACS/DICOM ter sido projetada em um contexto de redes locais, entre meados dos anos 80 e 90¹, fato que torna inexecutável a transmissão de exames de imagem com o protocolo DICOM via Internet, tanto pela presença de *firewalls*, dentre outras questões de segurança, quanto pelo *overhead*. A ideia, portanto, foi apoiar-se na infraestrutura de e-mail da Internet para trocar mensagens de um protocolo com suporte a serviços de gerência de exames de imagens DICOM. Assim, usufrui-se da natureza essencialmente assíncrona e descentralizada da infraestrutura de e-mail na Internet, que possui elevada conectividade, capaz, na prática, de trocar mensagens entre uma ampla variedade de entidades de forma segura (com confidencialidade, integridade e autenticidade). O enfoque assimétrico do DICOMFLOW contorna o problema do recebimento compulsório dos dados de imagens como anexos de e-mail, caso do DICOM e-mail¹³. No DICOMFLOW, utiliza-se o e-mail para notificar o receptor da disponibilidade de um exame para realizar alguma ação (e.g., arquivar, emitir laudo), incluindo-se informações de acesso (e.g., URL e credencial de acesso temporário). O receptor resgata o exame via protocolo de transmissão de conteúdo (e.g. HTTP/REST) segundo requisitos de segurança parte a parte. Ou seja, a assimetria dá a opção para o receptor resgatar o exame imediatamente ou num momento posterior.

O restante do trabalho está organizado como segue. A próxima seção traz um resumo do modelo arquitetural do DICOMFLOW, seguida da seção que descreve o protocolo de serviços da infraestrutura. Na sequência, vem a seção que ilustra cenários de uso para a infraestrutura, seguida das seções que descrevem experimentos preliminares e os resultados, respectivamente. Por fim, a última seção traz a discussão e conclusão do trabalho.



Figura 1 – Modelo Arquitetural

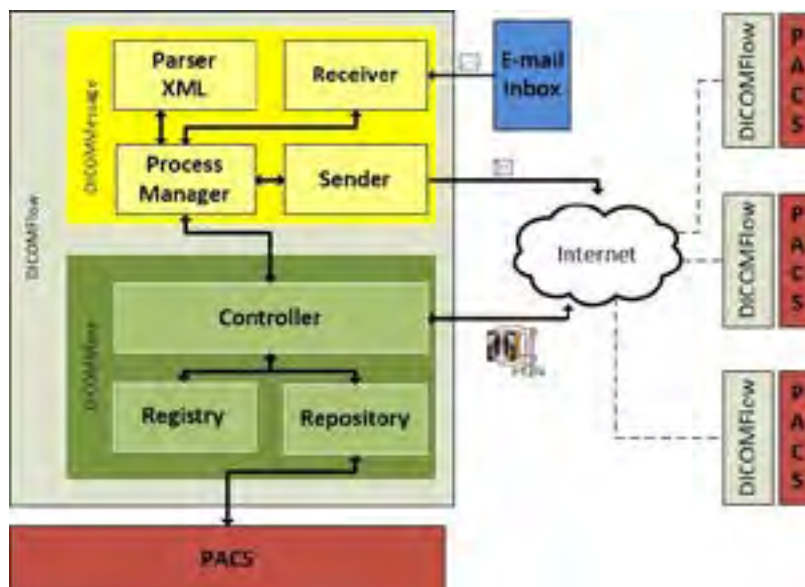


Figura 2 – Módulos e camadas do DICOMFLOW

Modelo Arquitetural

O modelo arquitetural do DICOMFLOW foi projetado em duas camadas (Figura 1). A camada DICOMMessage é responsável pela troca entre as partes de mensagens do protocolo de serviços (apresentado na próxima seção). A camada DICOMMove é encarregada da efetiva transferência dos exames de imagem através da Internet.

O protocolo de serviços está implementado na camada DICOMMessage e utiliza os protocolos de troca de e-mails SMTP (Service Mail Transfer Protocol) e IMAP (Internet Message Access Protocol) para comunicar suas mensagens entre as partes. Assim, aproveita-se a elevada conectividade e a natureza descentralizada da base instalada da infraestrutura de e-mail na Internet para fins de comunicação assíncrona. As requisições/respostas de serviços são enviadas através de mensagens em formato XML (eXtensible Markup Language - www.w3.org/standards/xml) codificadas de acordo com o padrão de segurança PGP (Pretty Good Privacy - www.pgpi.org) para fins de confidencialidade, integridade e autenticidade. A organização dos módulos da camada DICOMMessage pode ser vista na Figura 2. O módulo **Process Manager** coordena o fluxo de envio e recebimento de mensagens e o fluxo de configuração dos serviços. O módulo **ParserXML** padroniza as informações em serviços XML e os módulos **Sender** e **Receiver** enviam e recebem mensagens via e-mail, respectivamente.

A camada DICOMMove (Figura 1) utiliza o perfil de integração XDS-I¹¹ para localizar e indexar localmente estudos de imagem, não adotando a ideia de registro centralizado para recuperação de estudos entre organizações distintas. Isso porque, no DICOMFLOW, organizações trocam metadados através mensagens de serviços enviadas por e-mail pela camada DICOMMessage.

Os estudos são transmitidos usando a tecnologia HTTP/REST¹⁸, com a segurança da comunicação provida pelo protocolo TLS (Transport Layer Security), para garantir confidencialidade, integridade

e autenticidade na transmissão do estudo da origem até o destino. A implementação do mecanismo de controle acesso aos exames de imagem baseia-se na documentação da Amazon Web Services (AWS) para solicitações de autenticação com REST¹⁹. Ademais, as imagens são transportadas compactadas, por exemplo, utilizando o algoritmo de compressão sem perdas DEFLATE, com base no algoritmo L77, simples de implementar e largamente utilizado.

A camada DICOMMove (Figura 1) é implementada na linguagem JAVA para Internet (J2EE), que suporta a tecnologia HTTP/REST. Isso permite que estudos de imagem sejam acessados através de URLs, ou seja, cada URL contém as informações necessárias para se alcançar e resgatar um estudo (localização e credenciais de acesso). O gerenciamento do armazenamento de metadados é realizado com a tecnologia Hibernate (hibernate.org) e o acesso local a exames é efetuado via DICOM utilizando a plataforma de gerência de imagens DCM4CHEE (www.dcm4che.org). Os módulos do DICOMMove (Figura 2) são os seguintes: **Controller**, coordena as atividades da camada, que incluem a monitoração da chegada de novos exames no PACS, o registro dessa chegada e a respectiva sinalização à camada superior para envio de mensagens. Também é responsável pela entrega dos exames via HTTP/REST; **Repository**, monitora efetivamente a estrutura PACS e acessa exames requisitados; e **Registry**, armazena metadados e responde consultas sobre exames.

Nota-se que o modelo proposto é assimétrico porque o meio para comunicação de mensagens do protocolo de serviço de gerência de estudos de imagens (e-mail) é distinto daquele usado para transferir efetivamente as imagens (HTTP/REST). Ademais, o DICOMFLOW atua como um *gateway*¹⁷ entre a base instalada PACS/DICOM e a Internet, capaz de interpretar informações DICOM para retransmiti-las na Internet via protocolos aceitos pelas políticas de segurança implementadas em *firewalls*¹⁵.

Protocolo de Serviços

O DICOMFLOW foi construído tendo por base um protocolo de suporte a serviços de gerência de exames de imagens DICOM que aproveita a natureza assíncrona e descentralizado do SMTP, visando a formação de uma infraestrutura que favoreça a associação de entidades em domínios distintos para troca de imagens. O DICOM e-mail¹³, na Alemanha, também adota protocolos de e-mail para transmissão de estudos de imagens médicas. Um dos resultados dessa iniciativa foi um documento da Sociedade Alemã de Radiologia recomendando um protocolo padrão de comunicação para telerradiologia baseado nos protocolos de e-mail da Internet²⁰.

O protocolo aqui proposto se orienta nessa recomendação de padrão, contudo suas especificações diferem das do DICOM e-mail porque dados brutos de imagens não são transmitidos em mensagens como anexos de e-mail, mas apenas metadados e outros tipos de informações clínicas (e.g., dados demográficos, laudos). Tal abordagem é vantajosa por prescindir da aplicação de mecanismos de fragmentação/desfragmentação de imagens para empacotamento em diversas mensagens ou mecanismos para garantir entrega e ordenação de mensagens. Assim, ganha-se em performance e confiabilidade. Ademais, não exige a manutenção de uma conexão ativa durante a troca de mensagens, dada a natureza assíncrona do e-mail.

O protocolo especifica um conjunto de serviços básicos de descrição clara e de fácil implementação, capaz de dotar a infraestrutura de maior capacidade de adaptação porque possibilita a definição de novos serviços a partir da composição de serviços mais simples. Os serviços especificam ações, ou seja, carregam informações das atividades que devem ser efetuadas pelo receptor da mensagem. Por exemplo, o serviço de armazenamento (**Storage**) possui uma ação de arquivamento (**Save**) para requisitar que um novo estudo seja arquivado pelo receptor da mensagem. As informações dos serviços e suas ações são estruturadas em linguagem de marcação XML e carregadas no corpo do e-mail, protegidas segundo o padrão PGP. A Figura 3 mostra um exemplo de mensagem enviada. Informações

dos serviços que não requerem proteção são trafegadas também no cabeçalho do e-mail para melhoria do desempenho. Por exemplo, o título do serviço e a ação requisitada estão presentes no cabeçalho para facilitar ao receptor identificar rapidamente a intenção da mensagem.



Figura 3 – E-mail do serviço de Storage-Save

Inicialmente, foram analisados e levantados os principais dados envolvidos nas atividades presentes no *workflow* radiológico e, de posse dessas informações, foram definidos os seguintes serviços (Tabela 1): **Storage**, responsável pela comunicação de requisições de transferência de estudos de imagens para arquivamento permanente em uma ou mais entidades externas àquela que os originou, assim como por comunicar os resultados obtidos do atendimento às requisições. **Sharing**, responsável por sinalizar aos interessados a existência e localização de novos estudos de imagens e por comunicar respostas a essas sinalizações. **Request**, permite ao originador de um estudo requisitar a uma entidade externa (geralmente médicos radiologistas ou serviços de processamento) a realização de alguma operação tendo por base o estudo original, por exemplo, produzir e retornar um laudo. **Discovery**, possibilita ao originador da mensagem descobrir se um determinado serviço (ou conjunto de serviços) pode ser atendido por uma entidade qualquer.

Tabela 1 – Serviços do DICOMFLOW e suas principais ações.

Serviço	Ação	Descrição
Storage	Save	Requisição de armazenamento de estudo.
	Result	Resultado da operação de armazenamento.
Sharing	Put	Sinalização de estudo disponível para compartilhamento.
	Result	Resultado informando registro de metadados de compartilhamento.
Request	Put	Requisição para realizar operação em um estudo (e.g. laudo).
	Result	Resultado da ação (e.g. laudo efetuado e retornado ao requisitante).
Discovery	VerifyServices	Requisição das listas de serviços disponíveis.
	VerifyResult	Resultado contendo a lista de serviços.

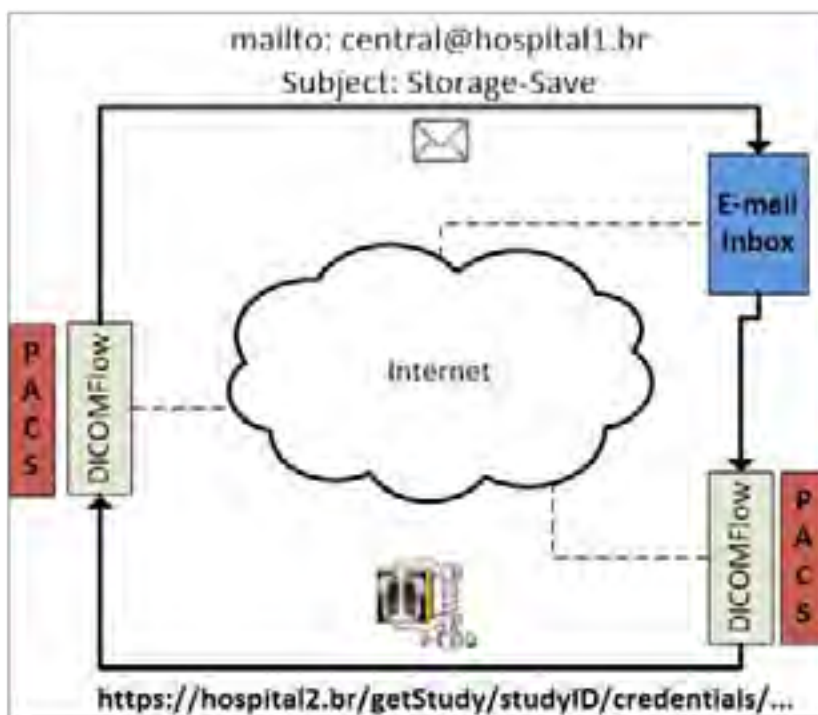


Figura 4 - Fluxo de distribuição de imagens

A fim de alcançar as características definidas anteriormente para transmissão de estudos de imagens, os serviços encaminhados via mensagem de e-mail devem conter atributos com as informações necessárias para transmissão. Por exemplo, os serviços Storage, Sharing e Request possuem, dentre outros, os atributos URL e Credentials, para informar localização e credencial de acesso ao estudo. É papel do serviço Discovery enviar o certificado digital do emissor da mensagem para estabelecimento da conexão segura, ou seja, quando a origem envia uma requisição de serviço Discovery-VerifyServices com seu certificado, ela recebe o certificado do destino através de uma resposta via serviço Discovery-VerifyResult.

Cenários de Uso

Os cenários de uso apresentados se baseiam em problemas típicos para soluções de interoperabilidade na distribuição de imagens médicas e objetiva ilustrar a capacidade de adaptação da infraestrutura a diversas situações através da composição de seus serviços. Ressalva-se que tais cenários não esgotam as situações de uso do DICOMFLOW, que não podem ser, em geral, completamente antecipadas.

Cenário 1 – Distribuição compartilhada – Neste caso, dois ou mais hospitais de uma mesma rede ou federação de hospitais têm infraestruturas PACS/DICOM completas, podendo adquirir imagens e armazenar exames localmente. Tais hospitais podem compartilhar entre si, por meio do serviço **Sharing**, referências (URL) e respectivas credenciais para acesso remoto a exames, de modo que um paciente em atendimento em um hospital possa ter exames seus recuperados de quaisquer outros hospitais da rede. Ainda, pode-se utilizar o serviço de **Storage** para espelhar informações, de modo que cada hospital armazene exames de imagem de outros hospitais da rede, por exemplo, para fins de garantia de disponibilidade.

Cenário 2 – Distribuição para diagnóstico – Neste cenário, existem clínicas de imagem localizadas em regiões remotas onde há escassez de médicos radiologistas, mas com infraestruturas PACS/DICOM completas. Radiologistas registrados nessas clínicas, com credenciais profissionais verificadas e aprovadas, passam a receber e-mails com requisições de emissão de laudos a distância através do serviço **Request**.

Cenário 3 – Distribuição para diagnóstico com repositório terceirizado – Semelhante ao anterior, porém, nesse caso, o armazenamento permanente é provido por uma empresa externa, devido a clínica não possuir infraestrutura PACS/DICOM completa. Nesse caso, a clínica requisita para o provedor externo, via serviço **Storage**, o arquivamento permanente do exame. Confirmado o arquivamento, o serviço **Request** envia e-mail ao radiologista com a requisição para emissão de laudo a distância com URL e credenciais de acesso para resgatar o exame no provedor externo.

Ressalta-se que processos comuns para comunicação e para transferência de exames de imagens podem ser empregados nos cenários. Simplificadamente, o fluxo de distribuição de imagens pode ser realizado da seguinte forma: um *gateway* DICOMFLOW, localizado na entidade originadora de imagens, monitora o PACS local e, a cada novo exame, envia mensagens de serviços para as caixas de e-mail dos interessados. Outros *gateways* DICOMFLOW, situados nos receptores, acessam essas caixas e executam os serviços contidos nessas mensagens, por exemplo, resgate do estudo para arquivamento. A Figura 4 ilustra o fluxo de um serviço *Storage-Save*.

Experimentos

Os experimentos visaram avaliar de forma preliminar a infraestrutura proposta quanto a sua viabilidade técnica e operacional. Para isso, foram realizados três experimentos: A) Avaliação de performance na distribuição de imagens; B) Sincronização de PACS entre entidades; C) Associação de uma nova entidade à rede. A próxima seção descreve o ambiente de execução e a seção que a segue especifica cada um dos experimentos.

Ambiente de Execução – Baseado no fluxo de distribuição e nas principais entidades presentes nos cenários, idealizou-se um ambiente composto por três computadores interconectados às margens de uma rede metropolitana (MAN) com capacidade de 5Mbits/s, distando 5Km entre si e protegidos por *firewalls*. As máquinas representam servidores de armazenamento de imagens médicas, como os encontrados nos sistemas PACS de hospitais e clínicas. Instalou-se, em cada uma das máquinas, o sistema de gerenciamento de imagens DICOM DCM4CHEE e seu *toolkit*, os bancos de dados PostgreSQL e MySQL, a Java Virtual Machine (JMV), os servidores de aplicações JBOSS e Tomcat como plataformas web para o DCM4CHEE e o *gateway* DICOMFLOW, respectivamente. A Tabela 2 traz a configuração das máquinas. As mensagens do protocolo de serviços do DICOMFLOW foram trocadas através do servidor de e-mail Gmail. Não houve alterações nas configurações de *firewall*, visto que o DICOMFLOW usa as portas padrão tipicamente liberadas para os protocolos HTTP e de e-mail.

As funções implementadas pelo DICOMFLOW nos servidores incluem: Monitoração do banco de dados do DCM4CHEE para envio dos serviços aos interessados quando da chegada de novos exames pelo PACS; Acesso ao diretório de armazenamento de imagens, para envio dos objetos DICOM quando requisitados; Armazenamento de objetos DICOM no DCM4CHEE quando baixados os exames. Os objetos DICOM envolvidos nos experimentos contêm imagens de Tomografias Computadorizadas (CT) e o exame utilizado contém 360 imagens de CT, proveniente do repositório Osirix (www.osirix-viewer.com/datasets). O exame foi replicado 80 vezes para ser utilizado nestes experimentos. O total de exames e o total de arquivos XML dos serviços enviados por mensagem nos experimentos podem ser vistos na Tabela 3.

Tabela 2 - Especificações dos servidores de imagens.

Recurso	Máquina 1	Máquina 2	Máquina 3
CPU	Intel I3 2.13 Ghz x2	Intel Core2 Duo 2.11Ghz x2	AMD Athlon 2.11Ghz x2
Memória	DDR2 667Mhz 4GB	DDR2 667Mhz 4GB	DDR2 667Mhz 4GB
OS	Windows 10	Windows Vista	Ubuntu 16.05
JVM	versão 1.7.x+JDK	versão 1.7.x+JDK	versão 1.7.x+JDK
BD	Postgres 8.3	MySQL 5.1	MySQL 5.1
DCM4CHEE	versão 2.18.x	versão 2.17.x	versão 2.18.x
DCM4CHEToolkit	versão 2.0.23	versão 2.0.29	versão 2.0.23
DICOMFLOW	versão 1.2	versão 1.2	versão 1.2
JBOSS	versão 4.2.3.GA	versão 4.2.3.GA	versão 4.2.3.GA
Tomcat	versão 7.0.29	versão 7.0.29	versão 7.0.29

Tabela 3 - Exames e arquivos XML empregados no experimento.

Arquivo	Tamanho unitário	Quantidade utilizada	Tamanho Total
Exame de CT	32,4MB	80	2,53GB
XML de Serviços	1KB	160	160KB

Especificação dos Experimentos – O experimento A (avaliação de performance de distribuição de imagens) visou testar o desempenho e a capacidade de carga do DicomFlow através da transferência concorrente de exames da máquina 2 para a máquina 1. O experimento ocorreu da seguinte forma: foram introduzidos 10 exames no DCM4CHEE da máquina 2 através do toolkit, em seguida foi inserido o endereço de e-mail da máquina 1 no DicomFlow da máquina 2 e, por fim, foram iniciadas as aplicações de ambas as máquinas nos respectivos servidores web. Na máquina 1, foi medido o tempo total de transferência dos 10 exames. Na máquina 2, foram medidos o tempo de acesso ao BD do DCM4CHEE, tempo de compactação dos exames e o tempo de envio das mensagens de requisição de arquivamento (storage-save). Foram executadas dez repetições do experimento para cálculo dos tempos médios e o teste foi reproduzido com 20, 30 e 60 exames.

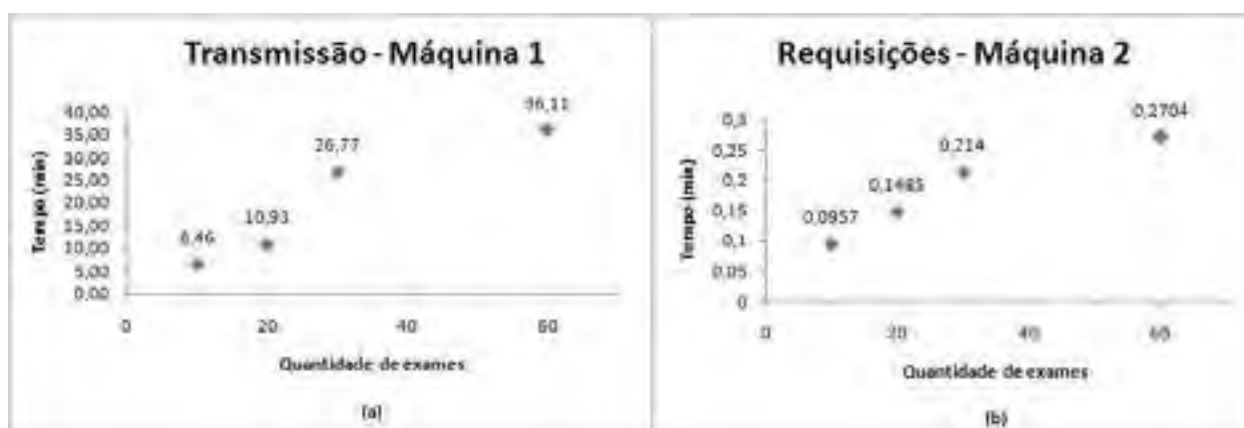


Figura 5 – Tempo médio de transmissão (a) e requisição (b) por quantidade de exames

O experimento B (sincronização de PACS entre entidades) teve o objetivo de aferir a capacidade de sincronização de exames entre a máquina 1 e a máquina 2. Foram introduzidos 10 exames no DCM4CHEE de ambas as máquinas através do *toolkit*, logo após foi inserido o endereço de e-mail da máquina 2 no DICOMFLOW da máquina 1 e vice-versa. Depois, as aplicações de ambas as máquinas foram iniciadas em seus respectivos servidores web. Em cada máquina foi medido o tempo de transferência desses exames, de acesso ao BD do DCM4CHEE, de escrita dos objetos no DCM4CHEE e de envio e leitura de mensagens de requisição de arquivamento (Storage-Save). Este processo foi repetido três vezes e os tempos médios calculados. Por fim, o teste foi reproduzido para a sincronização de 20 e 40 exames.

O experimento C (associação de uma nova entidade à rede) teve o propósito de testar a escalabilidade da arquitetura com a inclusão da máquina 3 à rede. Esse teste foi efetuado logo após o término do experimento B e ocorreu da seguinte forma: o endereço de e-mail da máquina 3 foi inserido no DICOMFLOW das máquinas 1 e 2, então, foi iniciada a aplicação da máquina 3 em seu servidor web. Foi mensurado na máquina 3 o tempo total de transferência dos exames contidos nas demais. Todo o processo foi repetido 3 vezes com 10, 20 e 40 exames inclusos nas máquinas 1 e 2.

Resultados

O gráfico (a) da Figura 5 mostra o tempo médio das transferências de exames efetuados pela máquina 1 e o gráfico (b) apresenta o tempo médio para preparação e envio das requisições de transferências da máquina 2 (Experimento A). O histograma na Figura 6 apresenta o tempo médio de sincronização e o *overhead* originado pelo processamento de controle nas transferências efetuadas pelas máquinas 1 e 2 (Experimento B). O gráfico na Figura 7 ilustra o tempo médio total utilizado pela máquina 3 para sincronizar os estudos contidos nas máquinas 1 e 2 (Experimento C). O eixo horizontal mostra o somatório dos exames em cada uma das demais máquinas.

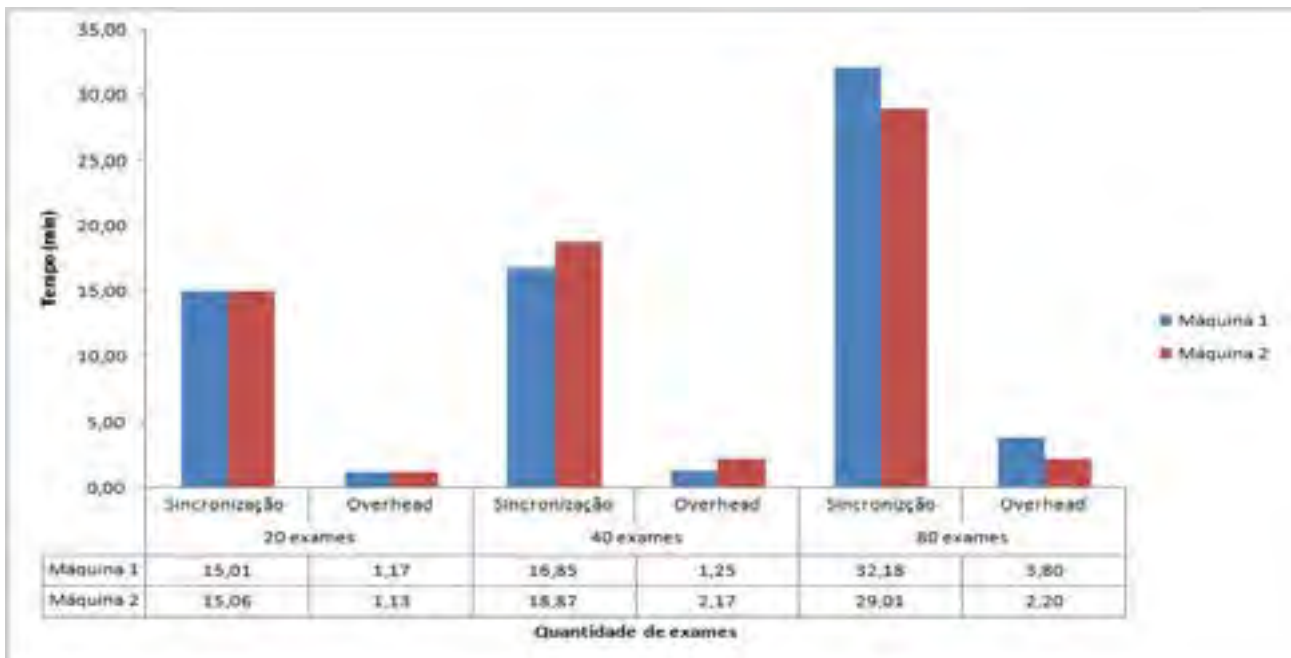


Figura 6 – Tempo médio de sincronização entre as Máquinas 1 e 2



Figura 7 – Tempo médio de sincronização máquina 3

Discussão e Conclusão

Conforme observado nos experimentos, a composição das tecnologias empregadas na solução mostrou que a arquitetura do DICOMFLOW é tecnicamente viável. Não se observaram erros operacionais por incompatibilidade de tecnologias e tampouco houve falhas nos testes. Todas as requisições foram atendidas e nenhuma transmissão foi interrompida e os arquivos se mantiveram íntegros no destino.

Relativo aos resultados, os tempos de atendimento a requisições e de transferência efetiva mensurado no experimento A apresentaram um desempenho equiparável a outras formas de transmissão, como por exemplo, o comando SCP do protocolo SSH (Secure SHell) ou através do navegador de Internet. O crescimento linear desses tempos em relação ao aumento do número de exames transferidos (Figura 5) demonstrou a capacidade de carga que o DICOMFLOW suporta. Ademais, os experimentos B e C possibilitaram validar a robustez do fluxo dos serviços empregados. Apenas alertas relativos ao número de conexões ativas no acesso a caixa de mensagem foi identificado, devido à limitação imposta pelo servidor de e-mail adotado, gerando diferença entre os tempos nos ensaios com 40 e 80 exames (Figura 6). Contudo, o percentual médio de *overhead* foi de 9,23% em relação ao tempo total de sincronização nos três casos. 1% desse *overhead* foi gerado pelo controle do DICOMFLOW (acesso ao Banco de Dados e I/O) e o restante corresponde aos serviços externos (armazenamento no DCM-4CHEE e acesso ao servidor de e-mail).

Comparado a outras soluções, como aquelas baseadas em computação na nuvem^{[5],[6],[7],[8]} ou em padrões perfis de integração IHE^{[9],[10]}, o principal fator que distingue o DICOMFLOW é a sua arquitetura não pressupor autoridade ou elementos centrais, sendo seu controle e coordenação distribuídos. A presença desses elementos dificulta a livre associação de entidades arbitrárias, requerendo em geral a satisfação de políticas para federalização. Do ponto de vista operacional, limita o crescimento em larga escala da infraestrutura, por exemplo, para lidar com uma grande quantidade de integrantes com elevada heterogeneidade técnica e social. Ainda, o DICOMFLOW também possui vantagens em relação ao DICOM e-mail^[13], pois transmitir objetos DICOM através do e-mail torna necessário o uso de técnicas de fragmentação e verificação de integridade, fato que sobrecarrega o protocolo. O modelo aqui proposto contorna essa sobrecarga devido a sua assimetria, que oferece ao receptor a opção de decidir o momento da recuperação efetiva do estudo de imagem.

Portanto, o DICOMFLOW possibilita a troca de imagens entre profissionais e organizações de saúde quaisquer, desde que pertençam à base instalada PACS/DICOM e de e-mail na Internet. É importante

destacar que o *gateway* DICOMFLOW atua abaixo da camada de trabalho e não interfere diretamente em como o trabalho deve ser realizado ou em como as imagens trocadas serão utilizadas entre as partes. Tal característica torna o DICOMFLOW versátil, com grande capacidade de adaptação em contextos com diferentes práticas de trabalho. Assim, a elevada conectividade da base instalada aliada a capacidade de adaptação tem o potencial para fomentar o surgimento de uma infraestrutura de informação para distribuição de imagens médicas.

Agradecimentos

Este trabalho foi apoiado pelo Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia para Engenharia de Software (INES) e financiado pelo CNPq, processo 573964/2008-4.

Referências

- [1] Huang HK. PACS and imaging informatics: basic principles and applications. 2nd ed. New Jersey: Wiley-Blackwell; 2010. 1048 p.
- [2] Pianykh OS. Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2012. 423 p.
- [3] Oliveira MAL, Motta GHMB. Formação de uma infraestrutura de informação para telerradiologia: um estudo de múltiplos casos baseado na teoria de projeto para complexidade dinâmica. J Health Inform. 2016. Aceito para publicação.
- [4] Ribeiro LS, Costa C, Oliveira JL. Current Trends in Archiving and Transmission of Medical Images. In: Erondy OF, editor. Medical Imaging. InTech; 2011. p. 89–106.
- [5] Silva LAB, Costa C, Oliveira JL. DICOM relay over the cloud. Int J Comput Assist Radiol Surg. 2013 May;8(3):323–33.
- [6] Monteiro EJM, Costa C, Oliveira JL. A Cloud Architecture for Teleradiology-as-a-Service. Methods Inf Med. 2016 Mar 4;55(3):1–12.
- [7] Yuan Y, Yan L, Wang Y, Hu G, Chen M. Sharing of Larger Medical DICOM Imaging Data-Sets in Cloud Computing. J Med Imaging Heal Informatics. 2015;5(7):1390–4.
- [8] Godinho TM, et al. A Routing Mechanism for Cloud Outsourcing of Medical Imaging Repositories. IEEE J Biomed Heal Informatics. 2016;20(1):367–75.
- [9] Zhang K, et al. Clinical experiences of collaborative imaging diagnosis in Shanghai district healthcare services. In: Zhang J, Cook TS, editors. SPIE 9789, PACS and Imaging Informatics: Next Generation and Innovations. 2016. p. 97890X.
- [10] Ribeiro LS, et al. XDS-I outsourcing proxy: Ensuring confidentiality while preserving interoperability. IEEE J Biomed Heal Informatics. 2014;18(4):1404–12.
- [11] Integrating the Healthcare Enterprise [homepage]. Cross-enterprise document sharing for imaging (XDS-I.b); 2016. Available from: http://wiki.ihe.net/index.php/Cross-enterprise_Document_Sharing_for_Imaging.
- [12] Integrating the Healthcare Enterprise [homepage]. Cross-Community Access - Images (XCA-I); 2016. Available from: [http://wiki.ihe.net/index.php/Cross-Community_Access_-_Images_\(XCA-I\)](http://wiki.ihe.net/index.php/Cross-Community_Access_-_Images_(XCA-I)).
- [13] Weisser G, et al. Teleradiology applications with DICOM-e-mail. Eur Radiol. 2007 May;17(5):1331–40.
- [14] Oliveira MAL. Formação de uma infraestrutura de informação para telerradiologia: uma série de estudos de caso baseados na teoria de projeto para complexidade dinâmica. [Dissertação de Mestrado] João Pessoa: Universidade Federal da Paraíba; 2015.

- [15] Araújo DAB, et al. DicomFlow: Um modelo de arquitetura para formação de uma infraestrutura de informação telerradiológica. In: Proceedings of the XII Brazilian Symposium on Information Systems. 2016. p. 458-465.
- [16] Bowker GC, et al. Toward Information Infrastructure Studies: Ways of Knowing in a Networked Environment. In: Hunsinger J, Klastrup L, Allen M, editors. International Handbook of Internet Research. Dordrecht: Springer; 2010. p. 97–117.
- [17] Hanseth O, Lyytinen K. Design theory for dynamic complexity in information infrastructures: the case of building Internet. J Inf Technol. 2010 Mar;25(1):1–19.
- [18] Fielding RT. Architectural Styles and the Design of Network-based Software Architectures [PhD Thesis]. Irvine: University of California; 2000. Chapter 5, Representational State Transfer (REST); p. 76-106.
- [19] Amazon Web Services, Inc.[homepage]. Authenticating Requests Using the REST API;2016. Available from: http://docs.aws.amazon.com/AmazonS3/latest/dev/S3_Authentication2.html.
- [20] Engelmann U, et al. Dicom e-mail: Germany's minimum standard for teleradiology. In International Congress Series. Elsevier, 2005. v.1281, p. 926-931.

Contato

Gustavo Motta

E-mail: gustavo@ci.ufpb.br

ESTENDENDO O DOMÍNIO DA ONTOCANCRO 3.0 PARA ABORDAR O INFLAMMAGING

Jéssica Augusti Bonini¹, Rômulo M. Stringhini¹, Laís Falcade¹, Giovani R. Librelotto¹

¹Pós-Graduação em Informática, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, Brasil

Resumo: Esse trabalho tem o objetivo de integrar os dados das versões anteriores da Ontocancro, projeto que visa o desenvolvimento de estudos na área da genética, e as especificações do termo *Inflammaging*, o qual é definido pelo estado inflamatório crônico devido ao envelhecimento. A Ontocancro 3.0 possibilitou a disponibilização de uma maior quantidade de dados, importantes para a compreensão do processo celular do Câncer, Alzheimer e Diabetes tipo 2, doenças com possível origem no estado inflamatório.

Palavras-chave: Ontologia; Biologia Computacional; Base de Dados.

Abstract: *That work aims to integrate data from previous versions of Ontocancro, a project that aims to develop studies in genetics, and the specifications of Inflammaging term, which is defined by chronic inflammatory condition due to aging. The 3.0 Ontocancro allowed the provision of a larger amount of data, important for understanding the cellular process of cancer, Alzheimer's disease and type 2 diabetes, diseases with a possible rise in the inflammatory state.*

Keywords: *Ontology; Computational Biology; Database.*

Introdução

Mutações e lesões no DNA ocorrem de forma espontânea ou devido à exposição a condições externas. Diversas vias são responsáveis pelo reparo do DNA e o funcionamento incorreto dessas é fator decisivo para o desenvolvimento do câncer. Nesta situação, ocorre um comprometimento da integridade genômica e o favorecimento de mutações em oncogenes e genes supressores tumorais. O projeto da Ontocancro surgiu a partir da necessidade de integrar dados de genes relacionados ao câncer.

A ontologia da Ontocancro 1.0 visa prover dados centralizados e tornar possível a análise coesa das informações¹. Na Ontocancro 2.0, somente vias curadas foram inseridas na base de dados e ocorreu a divisão das vias em subvias e o agrupamento dos genes com maior proximidade². Ainda na versão 2.0, foi adicionado um cálculo estatístico de expressividade dos genes nas vias metabólicas³.

A descoberta do conceito de *Inflammaging* e sua relação com doenças como Alzheimer, Diabetes tipo 2 e o próprio Câncer motivou a atualização da ontologia para a Ontocancro 3.0. O *Inflammaging* é definido como o processo inflamatório crônico decorrente do envelhecimento⁴. Dessa forma, esse trabalho tem por objetivo unificar em uma ontologia o estudo do câncer das versões anteriores da Ontocancro e as especificações do termo *Inflammaging*.

Esse artigo está estruturado da forma apresentada a seguir: a seção materiais e métodos apresenta o projeto Ontocancro, o conceito de *Inflammaging* estudo incluído nessa atualização, e os passos utilizados para construir a ontologia Ontocancro 3.0; por último a seção de resultados apresenta a ontologia construída, a atualização do banco de dados relacional, análise dos dados inseridos e a validação da ontologia.

Materiais e Métodos

Esta seção destina-se à apresentação de conceitos teóricos necessários para a compreensão deste trabalho e apresenta a criação da ontologia Ontocancro 3.0.

Ontocancro – A integração dos dados provenientes de estudos de redes moleculares, responsáveis pelo comportamento das células, exige o desenvolvimento de novas ferramentas. Neste contexto, pesquisadores da área de física, biologia e informática, desenvolveram uma ontologia para auxiliar no estudo da expressão gênica de redes biológicas de genes envolvidos no câncer, a Ontocancro¹.

A Ontocancro 1.0 tem como um de seus principais objetivos o mapeamento do maior número de genes envolvidos nas vias de Manutenção de Estabilidade Genômica em uma base de dados. Esta é integrada a um sistema de informação que permite a integração de dados oriundos de diferentes bancos de dados públicos em uma única base de conhecimento mais completa e curada manualmente pelos próprios pesquisadores. E ainda, permite o compartilhamento e a reutilização dos dados inseridos nesse domínio¹. Ontologias são mecanismos para representar o conhecimento de forma estruturada, facilitando a compreensão, o compartilhamento desses dados e a construção de uma base de dados⁵.

A necessidade de atualização na Ontocancro 1.0 surgiu a partir de análises que apontaram um grande número de genes presente nas vias o que dificultava a análise de expressão dos mesmos. Além disso, a falta de curagem das vias em seus repositórios de origem resultava muitas vezes em distorções nos resultados. O primeiro problema foi resolvido a partir da separação das vias em subvias, agrupando genes com maior proximidade. Assim, o número de genes a serem analisados foi reduzido, o que resultou numa análise estatística mais confiável e mais significativa².

O segundo foi resolvido incluindo na base de dados apenas vias metabólicas que passaram por curagem em sua base de origem, aumentando a confiabilidade da análise do perfil das mesmas. Para garantir que todas as vias metabólicas haviam passado pelo processo de curagem em sua fonte e que pudessem ser inseridas na base de dados da Ontocancro foram levadas em consideração as vias retiradas das bases: NCI-Nature (BioCarta e Reactome), Ontocancro, KEGG e Gene Ontology. Ainda assim, a maior parte das informações foram retiradas da base NCI-Nature, que contém informações curadas sobre vias metabólicas, interações biomoleculares e processos celulares².

Mais tarde, foi acrescentado ao estudo da Ontocancro 2.0, um cálculo de expressividade dos genes nas vias, permitindo a integração das informações referentes às doenças estudadas e as vias de manutenção do genoma, traçando um perfil dessas vias e sua atividade nas fases do câncer³.

Inflammaging – O envelhecimento traz consigo o aumento na produção de citocinas pró-inflamatórias e o enfraquecimento dos sistemas que compõe o corpo humano. Entre eles estão o sistema endócrino e imunológico. Com o envelhecimento das células a resposta do sistema às inflamações diminui e isso pode levar a uma inflamação crônica, o *Inflammaging*⁶.

O *Inflammaging* é o estado de inflamação crônica que ocorre com o envelhecimento e a longevidade, e é ocasionado pelo desequilíbrio entre as redes inflamatórias e anti-inflamatórias⁴. O estado inflamatório é consequência direta da imunossenescência, a qual é considerada um estado desregulado da função imunológica e que permite a exposição a patologias relacionadas com a idade. A capacidade de renovação das células do sistema imunológico diminui a medida que a idade avança. Dessa forma, há uma alteração na população de linfócitos B e das células T, causando também uma alteração em seus comportamentos. Além de o corpo estar propenso a adquirir doenças, existe uma redução significativa à resposta vacinal⁷.

Doenças como o Alzheimer e a Diabetes tipo 2 podem ter sua origem no *Inflammaging*⁴. O Alzheimer é uma doença neurodegenerativa que ocorre devido ao dano irreversível das células cerebrais e ocasiona perda de funções cognitivas como memória e linguagem. Uma das principais alterações apresentadas por pacientes com Alzheimer é a produção anormal da proteína beta-amilóide. Existe uma relação entre a liberação de citocinas pró-inflamatórias e o processo de produção da proteína beta-amilóide, levando a crer que em certas situações o Alzheimer está ligado ao *Inflammaging*⁸. A

Diabetes tipo 2 ocorre quando o organismo não consegue lidar com a insulina produzida pelo pâncreas. Ou ainda, quando a produção de insulina é insuficiente para controlar o nível de glicose no sangue. A resposta imunológica é caracterizada pela presença de marcadores no sangue e um desses é a IL-6, citocina presente também, em maior concentração, no organismo pessoas portadoras da Diabetes tipo 2. Dessa forma, acredita-se que essa patologia também seja decorrente de uma inflamação sistêmica atribuída ao desequilíbrio do sistema imunológico, o que caracteriza o *Inflammaging*.

Ligando o *Inflammaging* ao câncer, foco central do projeto Ontocancro, está o fato de que a imunossenescência causada pelo processo de envelhecimento contribuí para a ocorrência de tumores. A combinação de eventos internos, como o aumento de células inflamatórias e o desenvolvimento de radicais livres, com eventos externos, como a exposição a diversos patógenos ao longo do tempo, leva a alterações no sistema imune e conseqüentemente ao desenvolvimento do câncer⁷.

A Ontocancro 2.0 trazia informações somente sobre o câncer, já a Ontocancro 3.0 adiciona duas novas doenças ao estudo, o Alzheimer e a Diabetes tipo 2. Estas doenças estão inseridas no contexto do *Inflammaging*, que trata do estado inflamatório crônico que surge com o envelhecimento. Para a construção da nova ontologia proposta utilizou-se a ferramenta *Protégé*, versão 3.4.1, amplamente utilizada na criação e edição de ontologias, pois possibilita o desenvolvimento rápido e fácil de todos os níveis de ontologias. O desenvolvimento da ontologia seguiu cinco passos baseados na metodologia de Noy e McGuinness (2001)⁹: definição do domínio e escopo da ontologia; criação e organização das classes presentes na ontologia; propriedades de dados e objetos; estabelecer as restrições; criar as instâncias.

Domínio e Escopo da Ontologia – Visando a atualização dos dados da Ontocancro buscaram-se novas possibilidades de estudo do Câncer, foco principal do projeto. Durante estas pesquisas, descobriu-se que o Câncer quando não tem sua origem na hereditariedade pode ser desenvolvido por um processo inflamatório. Encontrou-se também o estudo que trata do *Inflammaging*, que causa doenças como o Alzheimer e Diabetes tipo 2⁴. Dessa forma, a ontologia desenvolvida busca mapear o conhecimento genético sobre o estudo do *Inflammaging*, disponibilizando informações sobre as doenças inseridas neste contexto.

As doenças elencadas para o domínio em questão foram: o Alzheimer, a Diabetes tipo 2, o COPD ou Transtorno Pulmonar Obstrutivo Crônico, o Câncer de Tireoide, de Pâncreas, de Cólon Retal e de Glândulas Adrenocorticais. Assim, as informações presentes na ontologia foram retiradas de bases de dados já curadas, como GEO e NCI.

Criação e Organização das Classes – Na versão 1.0 da Ontocancro, as duas classes principais encontradas são a *Entity* e a *UtilityClass*, as quais referem-se ao estudo dos dados genéticos voltados para o Câncer baseado na proposta de Cabral et al. (2011)¹ e ao estudo sobre o *ViaComplex*, aplicação que constrói mapas de redes de expressão gênica, respectivamente. Na Ontocancro 2.0 estão presentes três das principais classes propostas no estudo de Cabral et. al (2011)¹: *Genes*, *Interaction* e *Pathways* e seu foco é o estudo da barreira anticâncer, através da segmentação das vias em subvias e do desenvolvimento de um cálculo de atividade e diversidade relativa responsável por determinar os genes mais ativos ou presentes em cada doença.

A classe *Genes* apresenta os genes mais significativos no processo cancerígeno e esses são vinculados a uma via metabólica representada pela classe *Pathways*. Por último a classe *Interaction* apresenta a combinação via a via, possibilitando a divisão em grupos: vias de apoptose, vias de ciclo celular, vias de estabilidade genômica e vias de reparo do DNA. Essas vias dão sustentabilidade aos mecanismos que auxiliam na barreira contra a propagação do câncer³. Na atualização da Ontocancro 2.0 ainda foram inseridas duas classes novas: *Affymetrics* e *Series*. A primeira faz a relação entre os genes e as doenças, já a segunda disponibiliza amostras das doenças retiradas da base de dados GEO.

Para a atualização da ontologia, Ontocancro 3.0, o foco principal do projeto, que era a visualização do câncer em todos os aspectos, foi alterado. Assim, como citado anteriormente, o novo objetivo é o estudo do *Inflammaging*. As doenças inseridas no contexto do *Inflammaging* têm especificações diferentes quanto às vias metabólicas e os genes com maior expressividade. Nesta atualização a classe *Series* deu lugar a classe abstrata *Inflammaging*, da qual deriva uma subclasse para cada doença estudada. *Samples*, anteriormente uma subclasse de *Series*, foi definida como classe e essa é ligada às doenças ou séries, a partir de relacionamentos e instâncias. As classes *Affymetrics* e *Genes* continuam sendo as classes bases da ontologia.

Propriedades de Dados e Objetos – As propriedades são responsáveis por estabelecerem uma relação entre dois indivíduos ou entre indivíduo e dados. Em uma classe as propriedades de dados são características utilizadas para descrevê-la, diferenciando seus indivíduos. Na classe *Genes* pode-se citar como principal propriedade o *entrezGene*, que representa o identificador central do gene. Pode-se citar ainda as propriedades *hugoName* e *nciName*, que caracterizam as bases de dados HUGO e NCI, e *approvedSymbol*, *approveSymbol2* e *previousSymbols*, que determinam as versões e atualizações dos símbolos de cada gene. A classe *Genes* determina a classificação de cada gene apresentado nos estudos das doenças, dessa forma é a classe com mais propriedades de dados na ontologia proposta.

A classe *Pathways* apresenta propriedades importantes sobre as vias metabólicas. As principais são *db_name*, *pathway_name* e *pathway_type*, e indicam a base de origem da via, seu nome e a qual grupo pertence, respectivamente. A classe *Affymetrics* faz relação com a classe *Genes* através da propriedade *entrezGene* e com a classe *Samples* através da *affymetrics*. Esta última propriedade é representada em *Samples* por *id_ref*.

As propriedades de objeto têm o papel de relacionar indivíduos entre as classes. Na Ontologia construída pode-se citar a relação entre as classes *Affymetrics*, *Samples* e *Inflammaging*. Esta relação permite que múltiplas instâncias de *affymetrics* estejam em uma amostra (*sample*) e que uma doença (classe *Inflammaging*) contenha múltiplas amostras. É possível ainda que uma mesma propriedade seja usada por mais de uma classe, nesse caso é necessário determinar restrições.

Restrições – No caso da ontologia proposta neste trabalho serão analisadas três tipos de restrições, os mesmos encontrados em *Web Ontology Language* (OWL): restrições de quantificador, restrições de cardinalidade e restrições de valor.

Restrições de quantificador são aquelas onde uma classe contém indivíduos os quais atendem a uma determinada propriedade. Existem dois quantificadores: o universal, o qual determina que todos os indivíduos relacionados devem ser de uma determinada classe; e o existencial, o qual descreve que há pelo menos um indivíduo relacionado. Um exemplo disso, é que todo *gene* deve conter pelo menos um valor de *affymetrics*, no relacionamento entre as classes *Genes* e *Affymetrics*.

As restrições de cardinalidade são utilizadas para restringir a quantidade de valores que uma propriedade pode assumir. Na ontologia pode-se citar o exemplo onde cada gene deve conter no mínimo um *affymetrics*, ou seja, a cardinalidade é definida como um. A última restrição é a de valor, esta descreve indivíduos que possuem pelo menos um relacionamento com outros indivíduos especificados por uma propriedade. O exemplo que pode ser apresentado é que uma amostra pertence somente a uma doença.

Instâncias – As instâncias representam os objetos no domínio de interesse e cada uma deve pertencer a uma determinada classe. No projeto Ontocancro, as informações necessárias para o estudo são pesquisadas em bases de dados e instanciadas nas suas classes de referência. As vias metabólicas encontradas nas células estão disponíveis em bases de dados como NCI e o Reactome, já os dados sobre as doenças e as amostras de tecidos normais ou com alterações são disponibilizadas no GEO. Por último, dados sobre todos os genes existentes no corpo humano podem ser encontrados na base de dados HUGO.

Resultados

Ontologia Construída – Na atualização da ontologia foram inseridas ainda 18 *pathways* referentes ao processo inflamatório. Assim, somando esse valor às 37 vias já encontradas no projeto, obteve-se um total de 55 vias metabólicas após a atualização. Como citado anteriormente, as duas principais bases de dados consultadas para a inserção das vias foram o NCI e o Reactome, dando preferência sempre a primeira pois essa apresentava dados mais concisos a partir da curagem feita pela equipe do projeto. O número de genes também foi modificado, de 896 passou para 1105 genes. A Figura 1 apresenta a ontologia após a atualização.

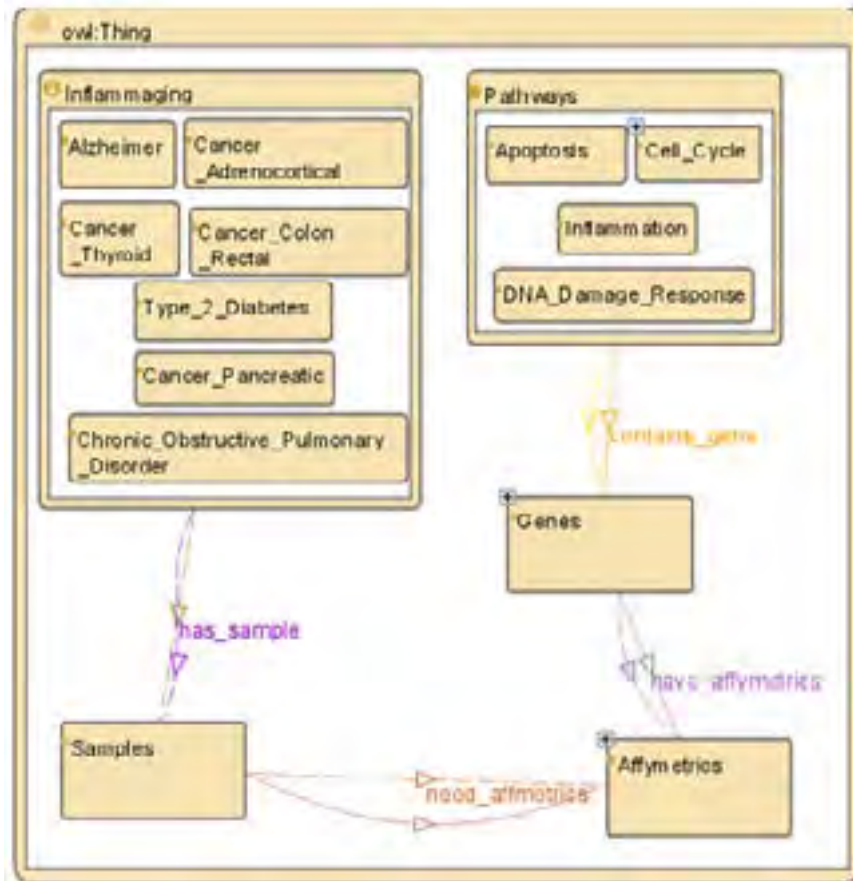
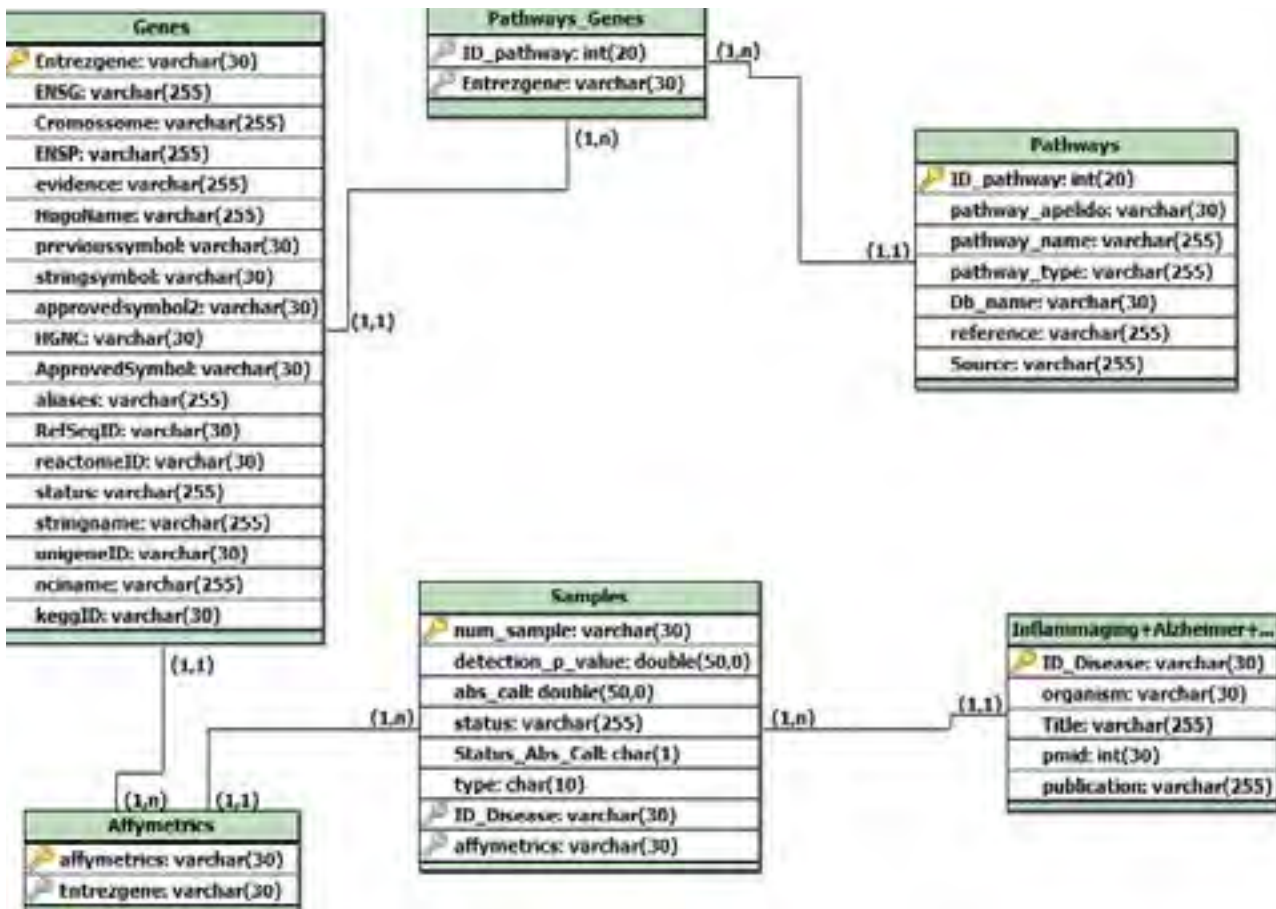


Figura 1: Ontologia Ontocancro 3.0

A ontologia desenvolvida em *OWL DL* possui 1823 linhas de código, incluindo todas as especificações de classes, subclasses, propriedades de classe e de objetos, restrições, consultas e algumas instâncias. Para um arquivo total, com todas as instâncias do projeto, o arquivo *OWL* passa de 10 mil linhas de código, sendo a parte mais extensa os arquivos das *samples* das doenças, que chegam a 60 mil tuplas por tabela.

No momento, a ontologia ainda não está permitindo inferências, devido ao processo de curadoria das informações que estão sendo organizadas nela. Contudo, para o futuro, a partir da inserção de uma coleção maior de informações curadas sobre diversos tipos de câncer e outras doenças de *inflammaging*, a ideia é de que motores de inferência possam, a partir de uma via, trazer uma série de informações relacionadas aos genes envolvidos em tal via, bem como indicar possíveis estágios de câncer que possam estar sendo representados pelas informações dispostas nos genes da via.

A ontologia construída permitiu a identificação das classes e dos relacionamentos entre elas auxiliando na construção do modelo relacional e na atualização do banco de dados da Ontocancro.



Atualização do Banco de Dados Relacional segundo a Ontologia Construída – A partir da ontologia criada anteriormente, atualizações foram realizadas no banco de dados relacional do projeto. A Figura 2 mostra o modelo relacional após a atualização.

Figura 2: Modelo Relacional do Banco após a atualização

A ontologia auxiliou na representação do conhecimento dos dados para o desenvolvimento do modelo ER do banco de dados descrevendo, principalmente, conjuntos, objetos básicos, suas propriedades e como estes se relacionam entre si. Dessa forma, as classes do banco foram atualizadas de acordo com o que foi construído na ontologia.

Para a classe abstrata *Inflammaging* da ontologia foi criada uma tabela *Inflammaging* que contém todas as doenças, levando em conta que os atributos e instâncias são os mesmos para todas. As informações contidas nessa tabela são referentes ao estudo relacionado a cada amostra (*sample*).

A classe *Samples*, que deixou de ser uma subclasse de *Series*, deu origem a tabela *Samples* que guarda as informações sobre as amostras das doenças. Dessa forma, a tabela *Samples* possui ligação com a tabela *Inflammaging*, o que permite a ligação com todas as doenças e restringe que cada amostra deve relacionar-se com apenas uma doença. Nesta tabela, foram adicionadas duas tuplas de ligação: *id_disease* identifica a doença a qual pertence à amostra; *affymetrics*, responsável por unir as amostras com os genes.

A tabela *Genes*, originada da classe *Genes*, tem ligação com a tabela *Pathways*, a qual guarda os genes em grupos ou famílias metabólicas. A relação entre as duas é feita através da tabela *Pathways_Genes*.

A tabela Genes relaciona-se também com a tabela *Affymetrics*. Esta foi originada da classe *Affymetrics* na ontologia e permite, através do atributo *entrezgene*, saber quais genes fazem parte do grupo de genes presentes nas amostras, levando em consideração que as amostras são organizadas a partir do identificador *affymetrics*. A classe *Genes* contém os dados relativos aos genes pertencentes às vias metabólicas (dados extraídos da base de dados HUGO). Após essa etapa, atualizaram-se as instâncias da base de dados.

A Ontocancro 2.0 continha informações exclusivamente do câncer. As séries encontradas nessa versão eram referentes a quatro tipos de carcinoma: Câncer Adrenocortical (GSE10927), Câncer de Pâncreas (GSE19650), Câncer de Tireoide (GSE27155), Câncer de Cólon Retal (GSE4183), e Transtorno Pulmonar Obstrutivo Crônico – DPOC (GSE8581); além de dados de expressão no tecido pulmonar de pacientes com DPOC moderada, fumantes saudáveis e não fumantes (GSE37768). As amostras continham tecidos normais, de carcinoma e de adenoma. Com a inserção do estudo do *Inflammaging* duas novas doenças foram adicionadas.

Além das outras séries, a Ontocancro 3.0 conta com amostras da Diabetes tipo 2 (GSE26168) e do Alzheimer (GSE29652). Estas doenças são encontradas no site do GEO que disponibiliza informações das patologias e amostras reais de tecidos em vários estágios clínicos (saudável, estado inicial ou estado avançado). Para a atualização foi preciso verificar se as informações necessárias estavam contidas nas amostras disponibilizadas. Estas informações são: *id_ref*, sonda de estudo; *value*, valor da expressão sobre a sonda; *abs_call*, transcrito presente, ausente ou marginal; e *p_value*, nível de significância da amostra.

No caso dessas informações não estarem presentes faz-se necessário a normalização da amostra. Para isso optou-se pelo uso do programa R, desenvolvido para cálculos estatísticos e gráficos, e de *Scripts* desenvolvidos pelo próprio grupo. Após a normalização ainda é preciso inserir mais quatro informações necessárias para completar a tabela *Samples*: *num_serie*, doença a qual pertence a amostra; *num_samp*, indica de qual amostra são os resultados; *status*, descrição da amostra (tecido normal ou estágio avançado da doença); e *type*, situação da amostra para o cálculo da diversidade relativa.

Análise dos dados inseridos: Comparação das Vias Metabólicas – A fim de verificar a interação entre as 37 vias metabólicas presentes no banco, referentes ao estudo do câncer, e as 18 vias inseridas, referentes ao processo inflamatório, foi realizada uma comparação via a via tendo em vista os genes que as integram. Para realizar esta comparação foi utilizado um *script SQL* responsável por gerar os genes iguais entre duas vias distintas.

Com essa análise buscou-se verificar quais genes atuam nas vias metabólicas do processo natural das células e também nas vias metabólicas do processo inflamatório. Dessa forma, foi possível visualizar a representatividade dos genes responsáveis pelo processo inflamatório dentro das vias de ciclo celular, apoptose e reparo do *DNA*. Na análise não foram comparadas vias da mesma família, pois essas representam um mesmo conjunto de genes.

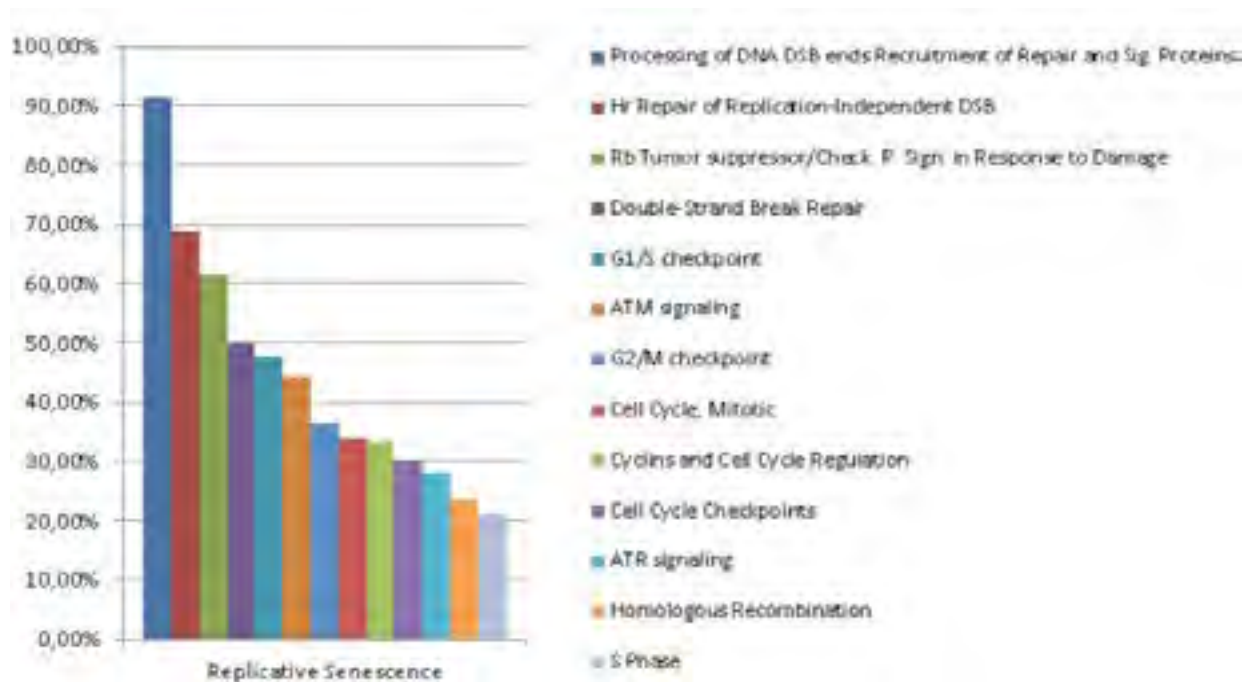


Figura 3: Paridade da via *Replicative Senescence*

Validação da Ontologia – Para validar os resultados obtidos na fase de análise optou-se pelo uso do *String*, o qual é uma base de dados de interações proteicas com objetivo de proporcionar uma avaliação completa incluindo tanto associações diretas (físicas) quanto indiretas (funcionais). No *String* os genes são representados por círculos e as interações são representadas pelas linhas de ligação. Quanto mais linhas de ligação existir, mais ativo está certo gene dentro da via. E ainda, quanto mais escura a linha que une dois genes, mais forte a sua ligação. O *String* permite também a definição de um grau de confiança (entre 20 e 90 por cento), no caso deste trabalho optou-se por uma confiança de 90 por cento, o que permite resultados mais específicos.

A partir da comparação realizada anteriormente e dos resultados alcançados, Figura 3, selecionou-se a via com maior número de genes iguais a via *Replicative Senescence* (via do processo inflamatório): *Processing of DNA DSB ends Recruitment of Repair and Sig. Proteins* (reparo de DNA), com 92% de semelhança. A via de reparo do DNA possui um total de 21 genes. Na Figura 4 é possível ver os genes que possuem maior número de ligações dentro da *pathway*.

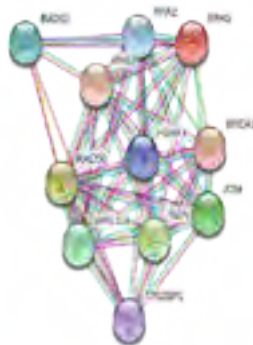


Figura 4: Definição do *String* para a via *Processing of DNA DSB ends Recruitment of Repair and Sig. Proteins*

Na via do processo inflamatório existem 56 genes o que torna difícil a visualização dos genes com maior número de ligações. A Figura 5 apresenta as iterações gene a gene da *Replicative Senescence*.



Figura 5: Definição do *String* para a via *Replicative Senescence*

Na Figura 4, pode-se notar que os genes HIST1H2A e CSNK2A2 não fazem ligações com nenhum outro gene da *pathway*, considerando os 90%. O HIST1H2A faz ligação com outros genes com grau de confiança de 40% e o CSNK2A2 com grau de confiança de 70%.

O resultado da análise partia do pressuposto que a via com menor número de genes estava inserida dentro da via com maior número de genes. Assim, na comparação entre as duas vias é possível notar que somente o gene RAD52, da via de reparo do DNA, não está presente na via do processo inflamatório. Esse fato leva a uma compatibilidade maior que 90%.

Realizando-se a união destas duas vias, Figura 6, no *String*, nota-se que o RAD52 faz ligação com os genes da sua via e ainda com o RPA4 que não faz parte do seu grupo. Os genes HIST1H2A e CSNK2A2 continuam sem ligações mesmo com a união. Observa-se também que os genes da via de reparo do DNA concentram-se no centro do grafo apresentando um maior número de ligações, sendo essas com maior intensidade.

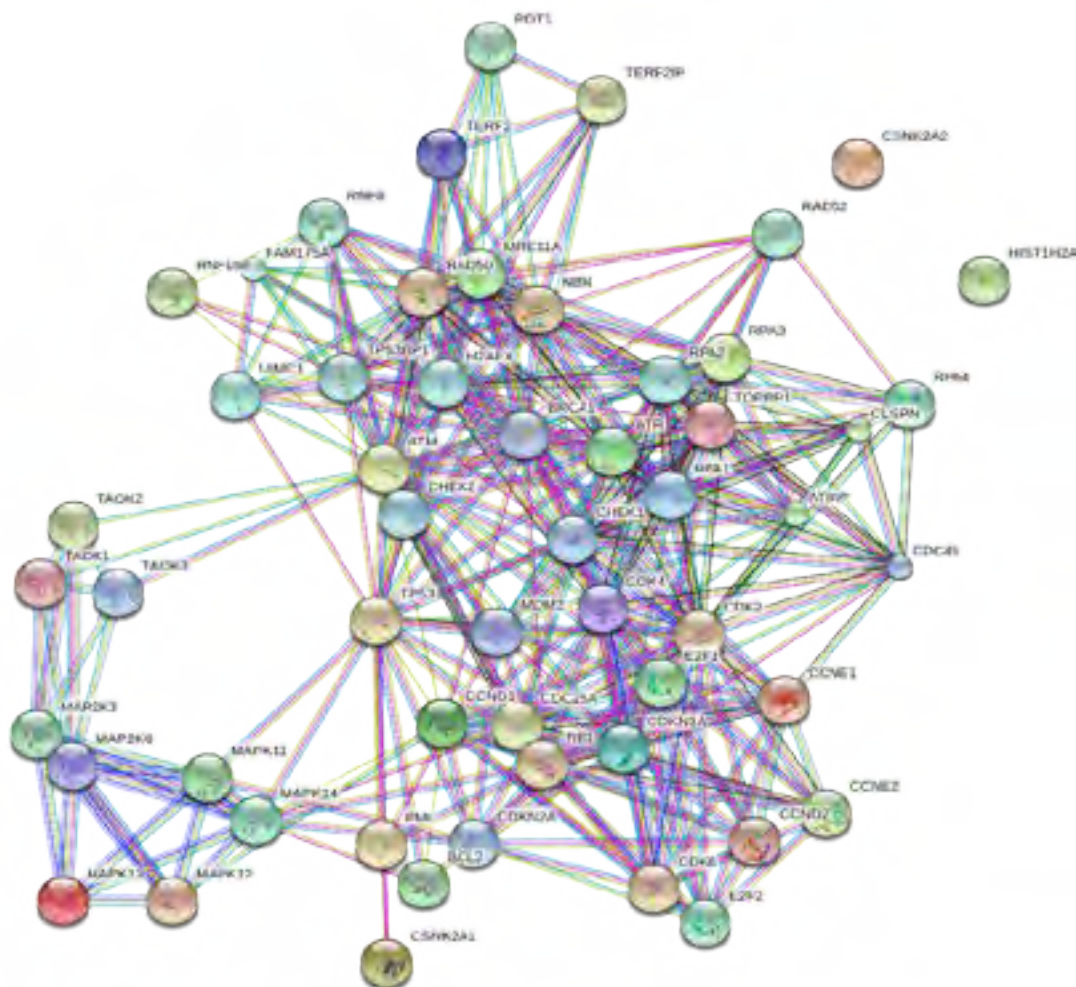


Figura 6: Definição do *String* para a união das vias

Conclusão

O câncer é uma doença originada no crescimento desordenado e anormal de um grupo de células, as quais não morrem com o passar do tempo, o que difere do ciclo de vida normal das células do corpo humano, e aos poucos se espalham para outros tecidos substituindo todo o tecido normal e dando origem aos tumores: fase chamada de metástase. Nesse contexto, a Ontocancro é um projeto que integra ramos da saúde e informática visando o desenvolvimento de estudos na área da genética, observando alterações nas vias metabólicas causadas pelo câncer.

A descoberta do *Inflammaging*, inflamação crônica com origem no envelhecimento das células e desequilíbrio do sistema imunológico, trouxe consigo a possibilidade de atualização da ontologia para unificar os dados das versões anteriores da Ontocancro e as especificações do termo *Inflammaging*. As pesquisas mostraram que doenças como o Câncer, foco principal do projeto, o Alzheimer e a Diabetes tipo 2 podem ser consequentes do processo inflamatório.

A Ontocancro 3.0 possibilitou a disponibilização de uma maior quantidade de dados, importantes para a compreensão do processo celular do Câncer, Alzheimer e Diabetes tipo 2. Através da comparação entre as 37 vias referentes ao câncer, já presentes no banco antes da atualização, e as 18 vias referentes ao processo inflamatório, inseridas no banco durante a atualização, foi possível verificar também a atuação dos genes nas vias metabólicas do processo natural das células e nas vias metabólicas do *Inflammaging*.

Referências

- [1] Cabral H, Librelotto G, Simão E, Sinigaglia M, Castro M, Mombach J. O Processamento de uma Ontologia sobre a Integração de Dados de Vias de Interação Molecular Envolvidas em Câncer. *Revista Brasileira de Computação Aplicada* 2011; 3(1):82-91. Disponível em <<http://www.upf.br/seer/index.php/rbca/article/viewFile/1323/1074>>.
- [2] Nascimento K, Bastiani E, Librelotto G. Ontocancro 2.0: um estudo de caso para a aplicação da ontologia em vias metabólicas ligadas ao processo carcinogênico. *Revista do Centro de Ciências da Economia e Informática* 2012;16(30):177-192.
- [3] Pereira R, Henriques P, Librelotto G. Desenvolvimento de uma ferramenta para a análise de vias de estabilidade genômica [dissertação]. Portugal: Universidade do Minho-Departamento de Bioinformática; 2013.
- [4] Franceschi C, Capri M, Monti D, Giunta S, Olivieri F, Sevini F, et al. Inflammaging and anti-inflammaging: a systemic perspective on aging and longevity emerged from studies in humans. *Mechanisms of Ageing and Development* 2007;128(1): 92-105.
- [5] Silva R, Malucelli A, Cubas M. Em Direção à Ontologia CIPESC°. *Journal of Health Informatics* 2009;1(1):22-6.
- [6] Hunt KJ, Walsh BM, Voegeli D, Roberts HC. Inflammation in aging part 2: implications for the health of older people and recommendations for nursing practice. *Biological Research For Nursing* 2010;11(3):253-260.
- [7] Agondi R, Rizzo L, Kalil J, Barros M. Imunossenescência-Immunosenescence. *Revista Brasileira de Alergia e Imunopatologia* 2012;35(5): 169-176.
- [8] Giunta B, Fernandez F, Nikolic W, Obregon D, Rrapo E, Town T et al. Inflammaging as a prodrome to Alzheimer's disease. *Journal Neuroinflammation*. Disponível em <<http://jneuroinflammation.biomedcentral.com/articles/10.1186/1742-2094-5-51>>.
- [9] Rauntenberg S, Toodesco J, Gauthier F. Processo de desenvolvimento de ontologias e desenvolvimento de ontologias as: uma proposta e uma ferramenta. *Revista Tecnologia* 2009;30(1):133-144.

Contato

Nome: Rômulo Marconato Stringhini
Universidade: Universidade Federal de Santa
Maria - UFSM
Endereço: Rua Tuiuti 2272, 203 – Centro
Cidade: Santa Maria
Estado: Rio Grande do Sul
Telefone: (55) 84033667
E-mail: rstringhini@inf.ufsm.br

ESTRATÉGIA SAÚDE DA FAMÍLIA E HANSENÍASE: ANÁLISE TERRITORIAL

Pedro Igor Oliveira Carvalho¹, Francisco Eguinaldo de Albuquerque Félix Junior¹ e Josafá Gonçalves Barreto¹

¹Laboratório de Epidemiologia Espacial (LabEE) – Universidade Federal do Pará (UFPA)

Resumo: Objetivos: Correlacionar a cobertura territorial da Estratégia Saúde da Família (ESF) com a distribuição espacial dos casos de hanseníase em um município hiperendêmico do Norte do País. Métodos: Foram mapeados os territórios da ESF e os casos de Hanseníase do período de 2004 a 2010. Utilizou-se um Sistema de Informações Geográficas (SIG) para visualizar a distribuição espacial dos casos de hanseníase em relação à cobertura da ESF do município de Castanhal-PA. Resultados: Foram desenvolvidos os *shapes* de cobertura da ESF (aproximadamente 76,38% da população é atendida pelo programa) e de distribuição dos casos de hanseníase (aproximadamente 81,62% destes casos estão dentro da área de atuação da ESF no município de estudo). Conclusão: Através desta técnica, foram identificadas as áreas descobertas pela ESF, bem como a distribuição de casos de Hanseníase.

Palavras-chave: Estratégia Saúde da Família, Informática em Saúde, Sistemas de Informação Geográfica.

Abstract: Objectives: Correlate the territorial coverage of Family Health Strategy (FHS) with the spatial distribution of the leprosy cases in a hyperendemic municipality of North Region of the Country. Methods: We mapped the FHS territories and the leprosy cases in the period from 2004 to 2010. We used a Geographic Information System (GIS) to visualize the spatial distribution of leprosy cases in relationship to the FHS coverage in Castanhal-PA. Results: Were developed the shapes of FHS coverage (approximately 76.38% of the population is attended by the program) and distribution of leprosy cases (approximately 81.62% of these cases are within the FHS operating area in the municipality of study). Conclusion: Using this technique, the areas uncovered by the FHS as well as the distribution of Leprosy cases have been identified.

Keywords: Family Health Strategy; Health Informatics; Geographic Information Systems.

Introdução

A hanseníase é uma doença infectocontagiosa crônica causada pelo *Mycobacterium leprae*, capaz de provocar importantes incapacidades físicas e deformidades quando não diagnosticadas e tratada precocemente. A doença existe em todos os continentes, mas encontra-se sob controle nos países desenvolvidos. Entretanto, o Brasil, com 31.064 casos novos detectados em 2014, ainda não conseguiu alcançar a meta de controle da doença, estabelecida pela Organização Mundial da Saúde (OMS), de <1 caso/10.000 habitantes¹.

A distribuição da hanseníase no Brasil não apresenta uniformidade, existindo a formação de *clusters* de casos em algumas regiões específicas do país². Mais de 80.000 casos de hanseníase foram diagnosticados nos últimos 20 anos no Pará e, ainda hoje, com um coeficiente de detecção anual de $\approx 50/100.000$ habitantes (três vezes superior à média nacional) a doença permanece como um grave problema de saúde pública neste Estado, onde também é hiperendêmica entre crianças e adolescentes³.

Em contrapartida, a Estratégia Saúde da Família (ESF - antigo Programa de Saúde da Família) foi criada em 1994 como iniciativa do Ministério da Saúde que visa à reorganização da atenção básica no Brasil objetivando a prevenção e o combate de doenças, tais como a hanseníase, de acordo com os preceitos do Sistema Único de Saúde (SUS). Operacionalizada mediante a implantação de equipes multiprofissionais, dentre eles os Agentes Comunitários de Saúde (ACS), em Unidades Básicas de Saúde (UBS) responsáveis pelo acompanhamento de um número definido de famílias, localizadas em uma área geográfica delimitada⁴.

Apesar deste esforço organizacional, os territórios da ESF ainda são registrados por meio de mapas elaborados manualmente, limitando a capacidade de análise e gerenciamento das informações sobre a ocorrência de agravos à saúde e seus respectivos fatores de risco nas diferentes áreas e microáreas do município. Diante disso, o uso de ferramentas computacionais para o mapeamento digital permite à ESF uma visão mais aprimorada de sua cobertura.

Dentre essas ferramentas, a epidemiologia espacial descreve e analisa as variações geográficas do estado de saúde e doença das populações correlacionando a fatores de risco demográficos, ambientais, comportamentais, socioeconômicos, genéticos e infecciosos. Os avanços tecnológicos relacionados à análise espacial aplicados à área da saúde tem sido fortemente empregados para o melhor entendimento e manejo dos agravos à saúde da população³.

Os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) são conjuntos de ferramentas computacionais usadas para capturar, armazenar, gerenciar e apresentar informações geográficas. Tendo como vantagem agregar e analisar um grande número de informações para análises complexas sem grandes dificuldades⁵.

A OMS estimula a utilização de SIG para análises geoespaciais do comportamento da endemia hanseníase com objetivo de contribuir no programa de controle da doença em áreas endêmicas⁶.

Diante disso, este trabalho apresenta a análise da distribuição espacial dos casos de hanseníase, do período de 2004 a 2010, correlacionado ao mapeamento digital da malha de cobertura da ESF em Castanhal, município hiperendêmico da região nordeste do Estado do Pará.

Métodos

Para o desenvolvimento das atividades constatou-se primeiramente a necessidade da criação de *shapes files* (.shp), - arquivo criado em ambiente SIG que armazena dados geográficos no formato vetorial, podendo ser do tipo ponto, linha ou polígono -, correspondentes ao arruamento e aos bairros da área urbana da cidade de Castanhal, PA.

Dentre as opções de software SIG disponíveis optou-se por utilizar o QGIS (<http://www.qgis.org>), devido ao fato de ser uma alternativa de código aberto (software livre) e apresentar desempenho satisfatório para o desenvolvimento do trabalho proposto.

No desenvolvimento dos *shapes files*, em todo o projeto foram utilizadas as imagens de satélite de alta precisão (Google Satélite) e um mapa da cidade de Castanhal, disponibilizado pela prefeitura, com o objetivo de orientar acerca das delimitações de ruas e casas. Adotou-se o Sistema de Projeção Sirgas 2000, zona UTM 23s em todo o projeto.

A Malha Digital da Cobertura da ESF foi elaborada em 3 etapas. Em um primeiro momento, foram levantadas as localizações das UBS georreferenciando-as utilizando um receptor portátil de sinal de GPS (Garmin eTrex H, Olathe, KS, USA), e os contatos dos enfermeiros responsáveis pelas equipes implantadas nos postos de saúde mapeados. Em seguida, as áreas e microáreas foram mapeadas utilizando a técnica de mapeamento participativo, método utilizado para obter e registrar dados espaciais em parceria com os atores sociais, neste caso os membros de equipes da ESF⁷.

Neste processo, a equipe levou um mapa da cidade e uma caixa de lápis coloridos para que cada ACS identificasse as ruas e quadras correspondentes à sua microárea de atuação, como pode-se

observar na Figura 1. Em seguida, foram coletadas informações pessoais (nome completo, data de nascimento, endereço, telefone) e sobre a microárea (código, número de famílias atendidas, número de pessoas atendidas) para assim, armazená-las em banco de dados objetivando o levantamento de estatísticas a partir desses dados.

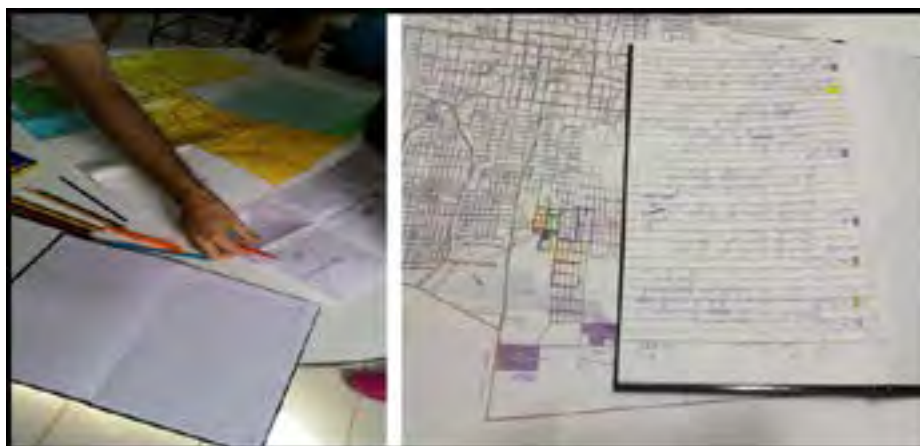


Figura 1 - Caderno e mapa utilizados no mapeamento participativo

Na terceira etapa, as informações coletadas foram levadas ao laboratório onde foram criados mapas georeferenciados relacionados às microáreas de atuação de cada ACS. Posteriormente, foram agregadas as informações armazenadas no Banco de Dados referente à microárea e aos ACS.

Para o mapeamento dos casos de hanseníase, foram coletados primeiramente os endereços residenciais dos pacientes entre os anos de 2004 a 2010 através do Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN).

A localização exata dessas residências na área urbana de Castanhal foi então georreferenciada usando um receptor portátil de GPS. Entretanto, nem todos os endereços foram mapeados utilizando GPS devido ao fato de diversas áreas na cidade serem de difícil acesso e inseguras.

Para solucionar este problema optou-se por utilizar a malha de setores censitários proveniente do senso realizado em 2010 pelo IBGE. Essa base de dados contém todos os endereços regularizados e suas respectivas localizações em relação aos setores censitários ao redor do país. Associado com imagens de satélite de alta definição (Google Satélite) foi identificada a localização das ruas dentro de um setor censitário específico. Contudo, este método alternativo de mapeamento pode resultar em uma perda de precisão posicional acima de 100 metros mas permite marcar um endereço dentro seu respectivo setor censitário³.

Com isso, utilizando as informações provenientes do SINAN, IBGE e imagens de satélite, foi possível criar um *shape* onde foram marcados pontos nas localizações residenciais dos pacientes diagnosticados com a hanseníase.

Após obter informações georreferenciadas relacionadas à área de cobertura dos ACS e à localização dos casos de hanseníase foi possível realizar análises estatísticas acerca dos dados obtidos. Devido a imprevistos, 60 ACS das diversas equipes não estiveram presentes nas reuniões marcadas, e em virtude da dificuldade de remarcar as visitas, optou-se por calcular a média de pessoas atendidas com base nos valores repassados pelos ACS presentes e este resultado foi utilizado como total estimado de pessoas atendidas pela ESF naquelas microáreas. Dessa forma, obteve-se os valores médios de 345 pessoas e 104 famílias atendidas por cada ACS.

Resultados

No desenvolvimento da malha digital de cobertura da ESF em Castanhal foram criados quatro arquivos *shape file* correspondentes ao arruamento da cidade, aos bairros, às microáreas e à localização das UBS.

Ao fim do processo, as malhas digitais de arruamento e bairros correspondem ao mapa da cidade, disponibilizado pela secretaria de obras da Prefeitura Municipal de Castanhal, como pode-se observar na Figura 2. Sendo identificada facilmente cada rua com a sua denominação correspondente por seus atributos (informações não espaciais).



Figura 2 – A: Digitalização mapa municipal. B: Mapa disponibilizado pela prefeitura

Em seguida, aplicou-se a camada de localização das UBS na cidade junto as camadas de arruamento e bairros. Utilizando imagens de satélite foi possível confirmar que a localização das unidades estava correspondendo a sua real posição no globo, demonstrado na Figura 3.



Figura 3 – A: Malha digital da Zona Urbana de Castanhal sobreposta à imagens de satélite. B: Localização das UBS no município

A camada de microáreas foi desenvolvida utilizando uma função de atração de camadas para que a delimitação das microáreas seguissem o arruamento. Esta função também inibe a sobreposição de microáreas, mantendo assim a integridade da informação. A Figura 4 apresenta todas as camadas desenvolvidas pelo projeto, sendo possível identificar que existem lacunas na cobertura da ESF, contradizendo o que diz no portal do Departamento de Atenção Básica do Ministério da Saúde onde é informado que o número total de ACS cobre 100% da população da cidade⁸.

Ao todo, foram mapeadas as microáreas de 301 ACS implantados na ESF em Castanhal, distribuídos entre as 40 equipes de 25 UBS na zona urbana da cidade, área de interesse desse estudo.



Figura 4 - Cobertura da ESF na Zona Urbana de Castanhal – PA

Após o mapeamento dos casos de hanseníase no município foi possível gerar um mapa com a sua distribuição. No total obteve-se 499 casos em toda cidade, no período de 2004 a 2010, sendo 495 casos na zona urbana³, área de interesse desse estudo. A Figura 5 apresenta a distribuição dos casos mapeados em relação à área total urbana do município.



Figura 5 - Distribuição dos casos de hanseníase no município de Castanhal

A camada de microáreas foi sobreposta ao *shape* de casos, como pode-se observar na Figura 6, e, utilizando a função de contagem de pontos dentro de polígonos, o software geoprocessou as informações e gerou uma nova camada contendo os atributos das duas camadas anteriores e identificando quantos casos estão em cada microárea.

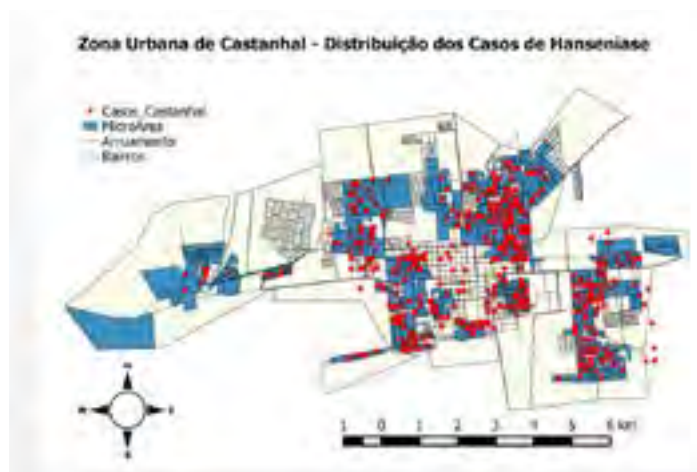


Figura 6 - União entre os *shapes* de microáreas e casos de hanseníase

Discussão

A Estratégia Saúde da Família tem um papel importante na universalização do Sistema Único de Saúde. Suas atividades estão pautadas no bem-estar da população atendida. Dentro deste panorama, o controle de doenças infectocontagiosas como a hanseníase pode ser otimizado com o uso de ferramentas de SIG para auxiliar no mapeamento e tomada de decisão por parte dos órgãos responsáveis.

Com base nos dados obtidos, analisou-se primeiramente que das 189.784 pessoas que vivem em Castanhal, 88,6% ou 168.149 vivem na zona urbana⁹ (estimativa 2015), sendo que apenas aproximadamente 76,38% são atendidas pela cobertura da ESF, contradizendo os dados informados pelo Departamento de Atenção Básica do ministério da saúde, que apresenta uma estimativa de 100% da população coberta pela ESF⁸.

Diante desse panorama, constatou-se que aproximadamente 81,62% ou 404 dos 495 mapeados na zona urbana de Castanhal estão sendo cobertos pela ESF, tendo assim uma média de aproximadamente 1,35 casos por microárea.

Na Figura 7 é possível visualizar a dispersão dos casos de hanseníase em relação às microáreas através de um mapa de calor, onde são ilustradas as áreas de maior índice de diagnóstico sobreposto às suas respectivas microáreas. Não por coincidência, Em³ é apresentado que esta área mais escura do mapa é também hiperendêmica.



Figura 7 - Mapa de Densidade

Além disso, notou-se que a microárea de número 1905, inserida exatamente na área mais escura da Figura 7, é o território com maior índice de casos contendo um total de 9 casos detectados. Por outro lado, aproximadamente 32,23% das microáreas não possuem nenhum caso notificado. Estas áreas mais escuras estão em áreas periféricas ou com menor renda *per capita*, com maior aglomerado de pessoas dentro de residências, além de maiores dificuldades com saneamento básico, ambiente altamente propício para o desenvolvimento da Hanseníase³.

Conclusão

A utilização de técnicas de SIG no controle de hanseníase correlacionadas a atuação da saúde através da ESF se mostrou eficaz no município de Castanhal – PA, apresentando a real situação de cobertura do programa, que possui uma cobertura de mais de 70% da população mas ainda está longe de ser a ideal. Afinal, entre as dificuldades encontradas para alcançar 100% da população pode-se destacar o crescimento desordenado da cidade - assentamentos irregulares - e a necessidade de aumentar o número de profissionais e equipes, diante da constante expansão que a cidade vem sofrendo. Como objetivos de futuros estudos, serão mapeados os casos de hanseníase a partir de 2010 até o presente e revisados os casos de 2004 a 2010 no município de Castanhal, para aumentar a consistência dos dados e entender o efeito desta dinâmica populacional no contexto da saúde coletiva. Sugestões de melhorias para a cobertura da ESF no município estão sendo feitas para melhor aproveitamento dos recursos disponíveis.

Deste modo, para alcançar os objetivos propostos, desenvolveu-se a malha de arruamentos e a delimitação dos bairros da cidade de Castanhal – PA. Quando adicionada uma camada com imagens de satélite as áreas descobertas apresentam um grande número de residências. Apesar de estes moradores poderem utilizar os serviços das UBS, eles não recebem a visita do Agente Comunitário. Este é um desafio para controle de doenças como a hanseníase¹⁰ e a dengue¹¹, pois uma pessoa que não possui a cobertura da ESF dificilmente terá o diagnóstico nos primeiros sintomas e o acompanhamento do seu tratamento. Outra situação é acompanhamento do desenvolvimento das crianças que não é feito devido a não cobertura.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Secretaria Municipal de Saúde e toda a equipe da ESF de Castanhal e à PROPESP pelo apoio dado ao projeto. Agradecemos o suporte financeiro do CNPq (processo 448741/2014-8).

Referências

- [1] WHO. Global leprosy update, 2014: need for early case detection. *Wkly Epidemiol Rec* 2015; No. 36, 2015, 90, 461–476.
- [2] Penna MLF, Oliveira MLVDR, Penna GO. The epidemiological behaviour of leprosy in Brazil. *Lepr Rev* 2009; 80: 332–344.
- [3] Barreto JG, Bisanzio D, de Guimaraes LS, et al. Spatial Analysis Spotlighting Early Childhood Leprosy Transmission in a Hyperendemic Municipality of the Brazilian Amazon Region. *PLoS Negl Trop Dis*; 8. Epub ahead of print 2014. DOI: 10.1371/journal.pntd.0002665.
- [4] BRASIL. *Política Nacional de Atenção Básica*. 2012.
- [5] Barreto JG, Bisanzio D, Frade MAC, et al. Spatial epidemiology and serologic cohorts increase the early detection of leprosy. *BMC Infect Dis* 2015; 15: 527.

- [6] World of Health Organization. Global Leprosy Strategy 2016–2020, Accelerating towards a leprosy-free world. 2016; 34.
- [7] Goldstein RA, Barcellos C, Magalhães M de AFM, et al. A experiência de mapeamento participativo para a construção de uma alternativa cartográfica para a ESF. *Cien Saude Colet* 2013; 18: 45–56.
- [8] MS/SAS/Departamento de Atenção Básica - DAB. Historico_Cobertura_SF_Unidade_Geografica_Municipio.
- [9] IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades. 2016; 2.
- [10] Barreto JG, Guimaraes L de S, Frade MA, et al. High rates of undiagnosed leprosy and subclinical infection amongst school children in the Amazon Region High anti-phenolic glycolipid-I IgM titers and hidden leprosy cases, Amazon region. *Mem Inst Oswaldo Cruz* 2012; 107 Suppl: 60–67.
- [11] Leite ME, Fonseca D de SR, Braz CKR. Uso do SIG na Análise da Dengue: Aplicação na Microrregião de Montes Claros/Bocaiúva (MG). *HYGEIA - Rev Bras Geogr Médica e da Saúde* 2008; 3: 126–141.

Contato

Pedro Igor Oliveira Carvalho
Av. dos Universitários, s/n, Jaderlândia.
Castanhal – Pará – Brasil.
(91) 99184-7428
Oliveiracarvalhopi@gmail.com

CLASSIFICAÇÃO PARA APLICAÇÕES TERAPÊUTICAS GAMIFICADAS PARA PACIENTES COM ALZHEIMER

Alexandre Berndt¹, Sergio Teixeira de Carvalho¹, Eduardo Simões de Albuquerque¹

¹Instituto de Informática - Universidade Federal de Goiás (INF/UFG), Goiânia, Brasil

Resumo: Desenvolver e apresentar uma classificação taxonômica para auxiliar e reduzir a probabilidade de insucesso do projeto e desenvolvimento de aplicações terapêuticas para pacientes com Alzheimer. Foram levantadas publicações nas bases de periódico *IEEE*, *ACM*, *Springer*, *ScienceDirect*, *SciELO* e *Google Scholar* que suportam e definem a forma de utilização dos elementos de jogos em aplicações de pacientes com Alzheimer. Identificados 17 elementos de jogos nos 3 níveis (Dinâmicas, Mecânicas e Componentes) utilizáveis em aplicações de apoio a terapias cognitivas para pacientes com Alzheimer. A taxonomia proposta é uma ferramenta de aplicação direta permitindo identificar os elementos de *gamificação* mínimos necessários para o desenvolvimento de aplicações voltadas a pacientes com DA.

Palavras-chave: Doença de Alzheimer; Gamificação; Taxonomia

Abstract: To develop and present a taxonomic classification to assist and reduce the risk of failure in project and development of therapeutic applications for patients with Alzheimer. Papers from IEEE journal databases, ACM, Springer, ScienceDirect, SciELO and Google Scholar were searched to support and define the use of game elements in applications for patients with Alzheimer. We identified 17 game elements in 3 levels (Dynamic, and Mechanical Components) usable in applications to support cognitive therapies for Alzheimer's patients. The proposed taxonomy is a direct application tool allowing to identify the elements of gamification minimum necessary for the development of applications aimed at patients with Alzheimer's Disease.

Keywords: Alzheimer's Disease; Gamification; Taxonomy

Introdução

Desde o surgimento do termo *gamification* no início dos anos 2000, proferido pelo *designer* de jogos e programador britânico Nick Pelling, a aplicação da *gamificação* manteve-se discreta, até a apresentação na conferência *Technology, Entertainment, Design* (TED) em 2010 realizada pela *designer* de jogos norte-americana Jane McGonigal¹.

O conceito com maior aceitação define *gamificação*, como o uso da mecânica dos jogos objetivando engajar, motivar e equacionar problemas do mundo real em contextos alheios aos jogos¹.

Inicialmente a *gamificação* passou a ser utilizada pelas agências de *marketing* e o mundo dos negócios, como meio de identificação e estreitamento das relações cliente empresa (orientação externa); como elemento estimulador do sentimento cooperativo e competitivo entre os colaboradores da empresa (orientação interna); e como facilitador da mudança de hábitos relacionados à saúde, educação (orientação para mudança do comportamento)^{2,3}.

No contexto da saúde três vertentes de aplicações têm se projetado, aplicações de voltadas para a promoção do bem-estar, tratamento à saúde e treinamento de profissionais ligados ao setor de saúde⁴.

As aplicações desenvolvidas com contexto de saúde seguindo as vertentes do bem-estar e tratamento de saúde abrangem um largo espectro, com aplicativos para acompanhamento de atividades físicas (*exergames*), controle da obesidade, pressão arterial, diabetes, cardiovascular, Alzheimer entre outros.

A doença de Alzheimer (DA) é uma doença neurodegenerativa progressiva, manifestando-se clinicamente na maioria dos casos em torno de 65 anos, em ambos os sexos comprometendo as habilidades intelectuais, físicas e o relacionamento social dos pacientes⁵.

O déficit cognitivo associado a DA é um dos principais fatores relacionados à diminuição do desempenho ocupacional e redução da qualidade de vida dos pacientes. O indivíduo acometido pela DA apresenta progressiva degradação das funções cognitivas, que correspondem a atenção, memória, linguagem, percepção, orientação espacial e funções executivas⁶.

Gamificar uma aplicação é algo complexo de ser feito, a inserção indiscriminada dos elementos de jogos não garante uma *gamificação* efetiva. Deve-se também considerar o público-alvo para ser ampliada as chances de sucesso da aplicação².

A diversidade de nichos de utilização dos elementos de jogos e a utilização irregular dos elementos identificados por Costa A, Marchiori P⁷ apontam à dificuldade de determinar, quais elementos de jogos utilizar na construção de uma aplicação.

A forma inapropriada de identificar os elementos de jogo adequados é um fator complicador no desenvolvimento de aplicações para auxiliar tratamentos de saúde, pois potencializam as chances de falhas de projeto. Ao não atingir a finalidade para a qual foi concebida a aplicação, as chances do agravamento do estado de saúde dos pacientes tornam-se consideráveis.

Dentro do exposto este trabalho propõe desenvolver e apresentar uma classificação taxonômica denominada Aplicações Terapêuticas *Gamificadas* para Doença de Alzheimer – ATGDA, para auxiliar o projeto e desenvolvimento de aplicações terapêuticas para pacientes com Alzheimer, com a finalidade tornar mais duradouro os efeitos das sessões terapêuticas e permitir uma melhor qualidade de vida do paciente com Alzheimer.

Trabalhos Relacionados - O trabalho desenvolvido por McCallum S, Boletsis C⁸ propõem uma taxonomia para a classificação de jogos sérios relacionados com a demência. A classificação taxonômica se divide em dois níveis mostrados na Figura 1. No primeiro nível os autores destacam os tipos de restrições provocadas pela demência (cognitivo, físico e social/emocional). No nível 2 estão destacadas as formas de atuação dos jogos sérios (preventivo, reabilitativo, educativo, avaliativo).



Figura 1 – Taxonomia definida para Jogos Sérios para Demência (*Serious Game for Dementia – SG4D*)⁸

De acordo com a taxonomia SG4D os jogos sérios podem ser categorizados como cognitivo com função preventiva, reabilitativa, educativa e avaliativa. As categorias físicas e social/emocional, também são passíveis de atuar com a função de prevenir, reabilitar, educar e avaliar.

O trabalho de Costa A, Marchiori P⁷, propõe uma matriz classificatória dinâmica, que relaciona os elementos de gamificação e o nicho de atuação das aplicações. A relação proposta por Costa A, Marchiori P⁷, demonstrada na Figura 2 destaca os níveis de *gamificação* e os elementos avaliados. Na dimensão vertical estão dispostos níveis e os elementos de *gamificação*, na dimensão horizontal estão dispostas as possíveis áreas de aplicação de *gamificação*. Os resultados encontrados pelos autores Costa A, Marchiori P, demonstram quais os elementos de jogos e a quantidade detectada em cada área das aplicações.

		Negócio (Externo) - Marketing	Negócio (Interno) - Treinamentos	Negócio (Interno) - Colaboratividade	Negócio (Interno) - Produtividade	Educação	Saúde	Esportes
Dinâmica	Narrativa		2			1		
	Progressão	11		3		10	5	3
	Reflexionamentos	9		1		5	1	3
Mecânica	Desafios	6	2	2	1	7	5	1
	Cooperação e competição	3		2	3	8	2	4
	Avaliação (Feedback)	12		2	2	7	4	3
	Aquisição de recursos	2					1	
	Recompensas	15		4		2	1	3
	Vitória		1			1	1	1
	Conquistas	8	4	1	1	6	4	1
Componente	Avatares	1	1		2	1		
	Emblemas e medalhas	12		4	1	3	2	1
	Ranking	3		4	2	6	2	4
	Níveis	6			1	4		
	Pontos	15	1	6	1	7	1	3
	Quizes	6		2		1		
	Gráfico Social	4			1	3	1	2
	Telas				1	2		1
	Ítems virtuais	2		2		2		

Figura 2 – Elementos de jogos reconhecidos nas aplicações por segmento⁷

Os esforços de Cugelman⁹ mapeiam sete estratégias de *gamificação* as mais eficazes usadas na mudança efetiva do comportamento consideradas válidas na medicina comportamental, mostrado na Tabela 1.

As pesquisas de Anderiesen H, *et al*¹⁰ estabelecem a relação entre o paciente com DA e como as experiências do ato de jogar podem influenciar no tratamento terapêutico destas pessoas. As sensações, sentimentos e comportamento são importantes e devem ser considerados no desenvolvimento de jogos com fins terapêuticos para pacientes com DA.

Os esforços de Cota T, Ishitani L, Vieira N.¹¹ identificaram os principais motivos que levam usuários idosos a jogarem jogos em dispositivos móveis. A Tabela 2 apresenta os elementos que motivam e desmotivam os idosos a jogarem em dispositivos móveis.

Tabela 1 - Estratégias de *gamificação* e ingredientes de mudança do comportamento⁹

Estratégias de <i>Gamificação</i>	Elementos de Mudança de Comportamento
Estabelecer metas	- Mudança comportamental efetiva - Ajuste do objetivo
Capacidade de superar desafios	- Gerenciamento temporal - Planejamento de ações
Dar <i>feedback</i>	- Agilidade no retorno do monitoramento comportamental - Agilidade no monitoramento comportamental
Reforço	- Recompensar comportamentos de sucesso
Comparar progresso	- Agilidade no retorno do monitoramento comportamental - Informações normativas sobre o comportamento de outras pessoas
Conectividade social	- Influências sociais (normas) - Suporte ao planejamento social/mudança social
Diversão e brincadeira	- Sem relação

Tabela 2 - Elementos que exercem efeitos positivos e negativos na motivação de jogadores idosos¹¹

Elementos de Motivação	Elementos de Desmotivação
Jogos e seus elementos consistem em ferramentas de apoio a melhoria na qualidade de vida e tratamento das doenças cognitivas	Os idosos não gostam de jogos com contextos violentos
A interface precisa ser intuitiva para facilitar a experiência do jogador, sem a necessidade de ler manuais antes de jogar	Jogos fáceis são desencorajadores
A importância do <i>feedback</i> para o jogador sobre cada evento no jogo	Jogos com limite de tempo são inapropriados para os idosos
As recompensas devem ser fornecidas após a conclusão de um nível ou realização de uma atividade correta	A interface deve evitar pequenos elementos, controles de tela perto um do outro e muita informação em torno da tela são inadequados para os idosos
Os níveis de dificuldade devem aumentar gradualmente à medida que o jogador melhora sua experiência	
Os idosos preferem jogos do tipo casual	
Os idosos prestam mais atenção em jogos com narrativas (ou histórias reais)	

Métodos

Na elaboração deste artigo foram realizadas pesquisas nas bases de periódicos *IEEE*, *ACM*, *Springer*, *ScienceDirect*, *SciELO* e *Google Scholar* utilizando a *string* no idioma inglês „Gamification AND (health OR healthcare)“. Foi detectado a existência de trabalhos publicados relacionados ao desenvolvimento de aplicações criados para manutenção do bem-estar (*fitness*), controle da saúde (pressão arterial, obesidade, diabetes, entre outras), para crianças, jovens adultos, e idosos.

Uma segunda busca nas mesmas bases de periódicos mais restrita objetivando refinar e encontrar trabalhos sobre a *gamificação* de aplicações criadas para idosos com Alzheimer. A *string* de busca no idioma inglês “(Serious game OR Gamification) AND (elderly OR older people) AND Alzheimer”.

Na construção da ATGDA foram criados dois níveis da classificação mostrada na Tabela 3. O nível vertical originado do trabalho de Costa A, Marchiori P.⁷ (seção trabalhos relacionados) e no nível horizontal adaptado do trabalho de McCallum S, Boletsis C.⁸ (seção trabalhos relacionados).

A escolha dos elementos de *gamificação* levou em consideração componentes que possibilitem o estímulo emocional, estímulo cognitivo e estímulo social dos pacientes com Alzheimer.

Os trabalhos de Cota T, Ishitani L, Vieira N.¹¹, Cugelman B.⁹ (seção trabalhos relacionados), e pela influencia das experiências do ato de jogar levantadas por Anderiesen H, *et al*¹⁰ contribuíram referendar a escolha dos elementos de *gamificação*.

Resultados e Discussões

O levantamento dos elementos que motivam idosos a utilizarem jogos computacionais e os elementos de *gamificação* como instrumentos de mudança comportamental contribuíram para a fundamentação da proposta da classificação de aplicações terapêuticas *gamificadas* para doença de Alzheimer demonstrada como segue:

Classificação para Aplicações Terapêuticas Gamificadas para Doença de Alzheimer - A classificação para Aplicações Terapêuticas *Gamificadas* para Doença de Alzheimer – ATGDA foi desenvolvida em duas dimensões. Na dimensão horizontal estão definidas as formas de atuação das aplicações *gamificadas* (preventiva, reabilitativa e educativa).

As aplicações com caráter preventivo atuam no retardo do aparecimento da DA, as aplicações reabilitativas atuam na diminuição da velocidade de progressão da DA e na atenuação dos sintomas, e por último as aplicações educativas são direcionadas a auxiliar cuidadores no trato dos pacientes com DA.

Na dimensão vertical estão dispostos os níveis de gamificação (dinâmicas, mecânicas e componentes). A Tabela 3 mostra a classificação taxonômica construída.

Tabela 3 - Classificação ATGDA

	Preventiva	Reabilitativa	Educativa
Dinâmicas	Regras, Narrativa, Emoção, Relacionamento, Progressão	Regras, Narrativas, Emoção, Relacionamento, Progressão	Regras, Narrativas, Emoção, Relacionamento, Progressão
Mecânicas	Desafios, <i>Feedback</i> , Cooperação	Desafios, <i>Feedback</i> , Cooperação	Desafios, Competição, <i>Feedback</i> , Cooperação
Componentes	Avatar, Insignia, Conquistas, Níveis, Pontos, Missões	Avatar, Insignia, Conquistas, Níveis, Pontos, Missões	Avatar, Insignia, Conquistas, Níveis, Pontos, Missões

Elementos de Gamificação - Nesta subseção são apresentados os três níveis da hierarquia dos elementos de jogos relevantes para a *gamificação* com enfoque em aplicações elaboradas para pacientes com DA.

Dinâmicas - A dinâmica representa os elementos de jogos com nível de abstração mais elevado presentes no processo de *gamificação*. Seus elementos incluem:

Narrativa - Forma estruturada de representar estórias sobre experiências personalizadas de modo atraente e dinâmico¹². Neste trabalho adotaremos as duas formas mais comuns de utilizar narrativas em jogos, as narrativas embutidas e as emergentes. A narrativa embutida representa o roteiro do jogo e não pode ser alterada pelo jogador. A narrativa emergente é criada pelo jogador a medida que há a interação com o jogo¹³.

A narrativa deve estar voltada para o resgate das atividades de interesse do paciente utilizando elementos relacionados à sua vida, sempre com o objetivo de despertar boas emoções, lembranças prazerosas, enquanto realiza a atividade. Ao ser utilizada em projetos de aplicações *gamificadas*, quando bem estruturadas as narrativas podem auxiliar o paciente a lembrar fatos ocorridos e atividades realizadas recentemente, além de apoiar a estruturação verbal do discurso mediante ao resgate de palavras muitas vezes esquecidas ou aplicadas de forma não correta no contexto de um diálogo.

Consequentemente o estímulo a iniciativa é possibilitado pelas narrativas a medida que o paciente pode ser instigado a realizar as atividades programadas, respeitando o tempo para executá-las.

Regras - Contribuem para orientar e conduzir a realização das atividades e evitar a tentativa do usuário ludibriar o sistema na busca de recompensas e pontos, enfraquecendo a efetividade dos benefícios da aplicação. As regras norteiam a realização de uma atividade, para que exista um fluxo de começo, meio e fim, devendo ser exposta de modo simples e objetivo. Nas aplicações é importante que o paciente seja sempre supervisionado por familiares e/ou cuidadores. Aplicações desenvolvidas para esses pacientes devem permitir a interação de pelo menos dois usuários (paciente e cuidador).

O início da aplicação preferencialmente deve ser realizado pelo paciente, podendo haver sugestão do cuidador. Uma atividade deve ser maleável sem limites de duração, sempre levando em conta a disponibilidade do paciente.

Relacionamento - Ocorre entre pessoas, entre pessoas e avatar, ou entre ambas durante a execução de uma atividade. Ao se relacionar seja virtualmente ou presencialmente o paciente pode demonstrar seus feitos e progressos aos pares, criando um sentimento de independência e utilidade, eleva a motivação, iniciativa, desperta o interesse pelas atividades e contribui diretamente com a redução da ansiedade e agitação. Neste trabalho o relacionamento corresponde ao contato físico e direto com o cuidador (terapeuta, familiar) ou via redes sociais com grupo de amigos, familiares e outros pacientes.

Progressão - Demonstra o nível de eficiência atingido pelo paciente durante a execução de uma atividade e o quanto mais pode ser melhorado. Ao progredir e demonstrar este progresso aos pares o paciente eleva a confiança e autoestima. A progressão tutorada (níveis e conquistas) auxilia a orientação no espaço e no tempo possibilitando ao paciente e cuidador uma visão evolutiva da trajetória, com ponto de partida, posicionamento atual e objetivo a ser conquistado. Duas visões de progresso podem ser mantidas e reportadas uma para o paciente admitindo oscilações e outra real para o cuidador com a evolução do paciente.

Emoção - Despertar o prazer, a felicidade em realizar a atividade. O uso de elementos (imagens, sons, textos), que gerem boas emoções contribuem diretamente com a redução da agitação do

paciente, e o despertar do interesse pelas atividades a realizar. O sentimento de felicidade torna o paciente mais sociável, com o desejo de partilhar suas emoções e conquistas com seus pares.

Os níveis de emoção a serem despertados nos pacientes deve ser comedido, o aconselhável é procurar orientação médica para definição dos níveis de emoção a despertar.

Mecânicas - A mecânica agrupa os elementos de jogos em um nível de abstração intermediário, que corresponde os processos básicos que geram as ações de engajamento do usuário. São elementos dessa categoria:

Desafios - Estão ligados às habilidades preservadas do paciente, desafios inalcançáveis somente irão trazer frustrações e recusas na realização da atividade. Ao utilizar desafios de forma ponderada as atividades realizadas tornam-se mais atraentes e motivadoras, despertando o interesse do paciente em executá-las. Ao vencer os desafios e progredir, o desejo de partilhar as conquistas alcançadas desperta um sentimento de prazer e realização, além de reduzir a agitação e a depressão do paciente. Os desafios estão fortemente relacionados com o objetivo da terapêutico definido pelo médico.

Competição - Ao competir sempre existirão vencidos e vencedores, o conceito de *handicap* ou *handicapping* contribui na redução da disparidade entre competidores. O segundo Rocha R, Reis L, Rego P, Moreira P.¹⁴ *handicap* é o recurso usado para auxiliar competidores menos experientes ao competir com competidores mais experientes. O objetivo do *handicap* é proporcionar aos competidores ainda inexperientes chances de vitória. Nas situações de competição disputas desequilibradas tendem a ser desmotivantes, tanto nas situações de derrota ou vitória.

O ato de competir desperta o interesse e motiva o paciente a realizar suas atividades de forma mais precisa, como consequência amplia a concentração, organização (espacial e temporal) e recuperação de fatos e eventos ocorridos.

Cooperação - É considerado elemento motivador, pois ao contribuir com um grupo na realização das atividades o paciente sente-se importante e necessário. Esse sentimento auxilia na motivação e o interesse em cumprir com maior qualidade as atividades, refletindo diretamente na sua atenção, orientação e recuperação de informações.

O papel do cuidador é fundamental na orientação do paciente frente a dificuldades de execução de uma atividade. As redes sociais constituem outro modo de contribuir na realização de uma atividade, uma vez que, dicas de realização de atividades podem ser partilhadas por todos os membros da rede social.

Recompensas - Ao ser recompensado pelas suas ações o paciente torna-se mais motivado, interessado e feliz em realizar suas atividades. O sentimento de felicidade reduz a agitação e a depressão do paciente, além de torná-lo mais sociável. As recompensas precisam ter significado para produzir resultados efetivos ao paciente. A ocorrência de uma recompensa pode ocorrer após a conclusão parcial ou não de uma atividade, ou de tempos em tempos de modo aleatório.

Feedback - A comunicação constante, sempre positiva, incentivando as realizações. A linguagem deve ser simples com termos familiares ao paciente. Ao informar periodicamente os resultados das ações, o *feedback* permite orientar que a tomada de decisões, a noção de tempo e espaço do paciente. As respostas ao paciente ocorrem no momento que as atividades são realizadas e quando detectado uma demora na realização da atividade. As mensagens devem ser de incentivo e com um tom que destaque os feitos do paciente.

Componentes - Os componentes agrupam os elementos de jogos vistos com explicitude nas aplicações *gamificadas*. Esses elementos encontram-se na base da pirâmide de abstração. Seus elementos incluem:

Avatar - O uso de avatares representando o paciente, colaboradores, competidores facilita a interação do usuário com o ambiente digital da aplicação, o estabelecimento de relações sociais, o agrupamento e recuperação de informações sobre as pessoas. A representação em terceira pessoa no ambiente digital auxilia a orientação do paciente em relação ao ambiente e objetos virtuais.

Insígnias - São símbolos representativos dos objetivos alcançados pelo paciente ao realizar com sucesso uma atividade. Estes símbolos podem ser utilizados como elementos de socialização entre os membros de um grupo social, motivar, ampliar os interesses dos pacientes em continuarem a realizar suas atividades. A obtenção de uma insígnia ocorre quando um objetivo é completado mesmo que parcialmente. As insígnias podem corresponder a símbolos, mensagens de carinho e afeto gravadas por familiares, amigos do paciente, sendo renovadas a cada realização da atividade.

Conquistas - São importantes para registrar a evolução do paciente na realização de suas atividades, fornece subsídios para um *feedback* de incentivo mesmo com realizações parciais. As conquistas podem auxiliar na motivação e interesse em realizar as atividades. As realizações do paciente são registradas pela aplicação e poderão ser enviadas para o grupo social (familiares, amigos) do paciente.

Gráfico Social - Representam a participação do paciente em um grupo de usuários. Os gráficos sociais colaboram com o sentimento independência, importância e utilidade, ajudando a combater o quadro depressivo dos pacientes. A representação gráfica dos relacionamentos, traz o paciente como o elemento central da rede, com todas as ramificações partindo dele. A comunicação com qualquer um dos membros da rede pode ser feita de modo síncrono ou assíncrono.

Níveis - Aumento do grau de dificuldade das atividades de modo não linear, ou seja, nem sempre crescente de forma a respeitar o tempo de execução e os limites do paciente. Os níveis são importantes para indicar a evolução do paciente na realização de suas atividades e como forma de demonstrar seus feitos e capacidade de realização.

A medida que o paciente conclui uma atividade pré-definida, dependendo o grau de acerto o próximo nível pode exigir mais *habilidades* do paciente ao cumprir uma atividade. Na existência de um alto grau de dificuldade na realização da atividade proposta as dificuldades devem ser reduzidas.

Pontos - Possibilita quantificar (percentual, absoluto) o quanto já foi realizado e o que falta para o paciente finalizar a atividade. Sabendo o quanto falta para atingir fim de uma atividade o paciente pode se motivar a continuar a realizá-la. Porém o desejo de conseguir os pontos para atingir o fim de uma atividade pode levar o usuário a tentar burlar o sistema da aplicação e não cumprir todos os objetivos da atividade. A medida que o paciente completa as atividades propostas os pontos conseguidos podem liberar novas e diferentes atividades pré-definidas.

Missões - Representam as atividades que devem ser realizadas pelos pacientes. As missões podem auxiliar na iniciativa do paciente, uma vez pertencente a um grupo é sua responsabilidade atuar para a evolução do todo e demonstrar a capacidade de realização. As missões devem ser maleáveis, para se adaptar ao estado emocional do paciente, uma vez que a atividade pode funcionar no primeiro momento, em um segundo instante não ser tão interessante realizá-la. A importância das missões está em preservar e potencializar as habilidades físicas e cognitivas restantes no paciente. O cuidador deve conduzir o paciente a realizar as missões (atividades) do modo mais instigante e prazeroso.

Elementos de Gamificação na Estimulação de Pacientes com Alzheimer – O uso de atividades, que estimulem as funções cognitivas (estímulo cognitivo), relacionamento social (estímulo social) e boas emoções (estímulo emocional) beneficiam manutenção de habilidades preservadas e favorecem a funcionalidade.

A Tabela 4 lista os elementos de *gamificação* propostos e os estímulos por estes elementos.

Tabela 4 – Funções Estimuladas pela *Gamificação*

Componentes de Gamificação	Estímulo Cognitivo	Estímulo Social	Estímulo Emocional
<i>Avatar</i>	Linguagem		
<i>Feedback</i>	Linguagem		
Narrativa	Linguagem		Alegria, satisfação
Pontos	Atenção		
Níveis	Funções executivas		
Recompensas			Alegria, satisfação
Cooperação	Atenção, memória, funções executivas	Utilidade, capacidade	
Competição	Atenção, memória, funções executivas	Capacidade	
Missões	Funções executivas, atenção		
Gráfico social		Inclusão	
Insígnias			Alegria, satisfação
Conquistas			Alegria, satisfação
Emoções	Memória		
Regras	Funções executivas		
Relacionamentos		Inclusão	
Progressão			Alegria, satisfação
Desafios	Atenção, memória, funções executivas		

O trio de componentes *avatar*, *feedback* e narrativas atuam em colaborar com a linguagem do paciente no momento que este pode ler e ouvir as mensagens de apoio e incentivo retornadas pelas atividades.

As funções executivas são trabalhadas no momento da realização de atividades exigindo planejamento, tomada de decisões no cumprimento das missões sem ferir as regras. Ao superar os níveis dos desafios propostos na atividade o paciente exercita a sua capacidade de organização, planejamento, avaliação das soluções abstraídas e a decisão crítica sobre as alternativas de realização das atividades.

O competir e cooperar durante as missões estimula o foco, com o objetivo de vencer individualmente ou auxiliar o grupo a conquistar os objetivos definidos em uma atividade. O ato de competir e

cooperar exige o resgate das experiências do paciente ao planejar, julgar e decidir ações, que devem ser tomadas no cumprimento de uma atividade.

O reconhecimento da capacidade de realização e das conquistas (insígnias, conquistas, recompensas), pelo grupo social gera a sensação de inclusão, o sentimento de alegria e satisfação no paciente em sempre progredir.

Conclusões

No levantamento realizado foram identificados 17 elementos de jogos nos três níveis (Dinâmicas, Mecânicas e Componentes) aplicáveis aos três tipos de aplicações definidas na dimensão horizontal da classificação proposta.

O ponto a destacar na classificação taxonômica mostrada neste artigo, relaciona-se a possibilidade de aplicação direta na determinação de quais elementos de jogos podem fazer parte de uma aplicação terapêutica *gamificada* para pacientes com DA.

Construir aplicações *gamificadas* aplicáveis no contexto da saúde com efeitos comprovadamente duradouros, principalmente considerando pessoas altamente fragilizadas como pacientes com DA é complexo e desafiador.

Considerando o cenário de um paciente diagnosticado com Alzheimer na fase inicial, com prescrição de realizar atividades terapêuticas não farmacológicas. As atividades tem o objetivo de exercitar e reabilitar a memória, linguagem e a orientação espaço temporal do paciente.

A atividade terapêutica projetada exercita o reconhecimento e identificação de pessoas próximas do paciente (familiares e amigos) e as atividades exercidas por estas pessoas. A atividade é formada por imagens, vídeos, que após serem assistidos pelo paciente, uma bateria de questionamentos relacionadas as imagens são realizadas.

Ao interagir com a aplicação é importante o paciente estar ciente dos objetivos e funcionamento da atividade. Os componentes *avatar*, *feedback* e narrativas são utilizados para a comunicação com o paciente. Na medida que as ações da atividade são realizadas e o desempenho do paciente avaliado, o nível de dificuldade dos desafios podem ser ajustados, com o intuito de manter a motivação.

A pontuação obtida na realização das ações integrante de uma atividade consiste em um modo de representar as realizações do paciente. A pontuação contribui no aumento da atenção na realização da atividade, pois quanto maior a pontuação maior a possibilidade de crescimento das conquistas.

As conquistas na realização das ações da atividades são premiadas com insígnias e recompensas, que podem ou não ser partilhada com o grupo social do paciente.

O registro da progressão do paciente pode ser utilizado por terapeutas ou cuidadores, como parâmetro para verificação do avanço da doença.

O uso da taxonomia proposta, como um ponto de partida na determinação dos elementos de *gamificação* utilizar, para planejar e projetar aplicações *gamificadas* para pacientes com DA pode contribuir no desenvolvimento de *softwares* deste nicho.

Referências

- [1] Kapp K, Blair L, Mesch R. The gamification of learning and instruction fieldbook. San Francisco: John Wiley & Sons, Inc; 2014.
- [2] Vianna Y, Vianna M, Medina B, Tanaka S. Gamification, Inc. Como reinventar empresas a partir de jogos. MJV Press; 2013.
- [3] Werbach KHunter D. For the win. Philadelphia: Wharton; 2012.

- [4] Pereira P, Duarte E, Rebelo F, Noriega P. A Review of Gamification for Health-Related Contexts. Design, User Experience, and Usability User Experience Design for Diverse Interaction Platforms and Environments. 2014;:742-753.
- [5] Caixeta L. Doença de Alzheimer. Grupo A - Artmed; 2012.
- [6] Corrêa Silva D. Abordagem cognitiva na intervenção terapêutica ocupacional com indivíduos com Doença de Alzheimer. Revista brasileira de geriatria e gerontologia. 2009;12(3):463-474.
- [7] Costa A, Marchiori P. Gamificação, elementos de jogos e estratégia: uma matriz de referência. InCID: Revista de Ciência da Informação e Documentação. 2015;6(2):44.
- [8] McCallum S, Boletsis C. A Taxonomy of Serious Games for Dementia. Games for Health. 2013;:219-232.
- [9] Cugelman B. Gamification: What It Is and Why It Matters to Digital Health Behavior Change Developers. JMIR Serious Games. 2013;1(1):e3.
- [10] Anderiesen H, Scherder E, Goossens R, Visch V, Eggermont L. Play Experiences for People with Alzheimer's Disease. International Journal Of Design [serial on the Internet]. (2015, Aug), ; 9(2): 155-165. Available from: Computers & Applied Sciences Complete
- [11] Cota T, Ishitani L, Vieira N. Mobile game design for the elderly: A study with focus on the motivation to play. Computers in Human Behavior. 2015;51:96-105.
- [12] Hargood C, Millard D, Weal M. A thematic approach to emerging narrative structure. Proceedings of the hypertext 2008 workshop on Collaboration and collective intelligence - WebScience ,08. 2008.
- [13] Wei H. Embedded narrative in game design. Proceedings of the International Academic Conference on the Future of Game Design and Technology - Futureplay ,10. 2010.
- [14] Rocha R, Reis L, Rego P, Moreira P. Serious games for cognitive rehabilitation: Forms of interaction and social dimension. 2015 10th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI). 2015.

Contato

Alexandre Berndt, Estudante de pós-graduação, Avenida Rondônia nº 655 lote 09 quadra 10, Residencial Rondônia, Vila Jardim Pompeia Goiânia – GO, CEP 74.685-715 fone 62 98239-5881.

TRANSLATION OF UMLS ONTOLOGIES FROM EUROPEAN PORTUGUESE TO BRAZILIAN PORTUGUESE

Lucas Emanuel Silva e Oliveira¹, Sadid A. Hasan², Oladimeji Farri² e Claudia Maria Cabral Moro¹

¹ Health Technology Post-Graduate Program, Polytechnic School, Pontifical Catholic University of Paraná. Curitiba, Paraná, Brazil

² Philips Research North America, Cambridge, Massachusetts, United States of America

Resumo: Ontologias terminológicas padronizadas e corretamente traduzidas são essenciais para o desenvolvimento de aplicações de processamento de linguagem natural na área da saúde. Para o desenvolvimento de uma aplicação de busca semântica em narrativas clínicas em português se fez necessária a utilização dos termos clínicos da Unified Medical Language System (UMLS). **Objetivos:** Traduzir termos da UMLS em Português Europeu para Português Brasileiro. **Métodos:** Foi desenvolvido um algoritmo de tradução semi-automática baseada em regras de substituição de texto. **Resultados:** Após execução do algoritmo e avaliação por parte de especialistas, o algoritmo deixou de traduzir corretamente apenas 0.1% dos termos da base de testes. **Conclusão:** A utilização do método proposto se mostrou efetivo na tradução dos termos da UMLS e pode auxiliar em posteriores adaptações de listagens em Português Europeu para Português Brasileiro.

Palavras-chave: Unified Medical Language System; Tradução; Processamento de Linguagem Natural.

Abstract: Correctly translated and standardized clinical ontologies are essential for development of Natural Language Processing application for the medical domain. To develop an ontology-driven semantic search application for Portuguese clinical notes we needed to implement the Unified Medical Language System (UMLS) ontologies, specifically for Brazilian Portuguese. **Objectives:** To translate UMLS terms from European Portuguese to Brazilian Portuguese. **Methods:** To develop a semi-automatic translation algorithm based on string replacement rules. **Results:** Following the experiments and specialists' evaluation the algorithm mis-translated only 0.1% of terms in our test set. **Conclusion:** The proposed method proved to be effective for UMLS clinical terms translation and can be useful for posterior adaption of a set of clinical terms from European Portuguese to Brazilian Portuguese.

Keywords: Unified Medical Language System; Translation; Natural Language Processing.

Introduction

Lexicon localization is often a determinant of the extent to which any natural language processing (NLP) application can be implemented or extended across multiple domains and languages. This is especially important for the clinical domain when standardized clinical ontologies and other gazetteers need to be leveraged for successful adaptation for other languages and regions. We developed an ontology-driven semantic search application for Portuguese clinical notes¹ exploiting UMLS clinical terms that includes a mixture of European Portuguese (pt) and Brazilian Portuguese (pt-br) terms. Adaptation of this application for pt-br requires an understanding of how certain words in pt differ orthographically or otherwise from their counterparts in Brazilian Portuguese and then using these insights to generate rule-based algorithms to translate the lexicon from one Portuguese dialect to the other.

During this study we did not identify any prior work that translates terms from pt to pt-br in the medical domain, but the work of the Natural Language Group at Systems Engineering and Computers Institute (INESC) shows us the main differences that we need to consider for this kind of translation. In their studies²⁻⁴ they said: “The Portuguese from Portugal and Brazilian Portuguese differ in phonological, lexical, morphological and syntactic levels”. The main objective of their work was to measure accurately the degree of difference between these two variants of Portuguese while translating different corpora (journalistic and technical). Some methods used in their work were replicated in Fernandes and Xatara dictionary translation⁵, as well in this research, in addition to our main contribution which is addressing the peculiarities of terms in the medical domain (explained in the Methods Section).

We present a rule-based semi-automatic approach for translating UMLS terms originally documented in European Portuguese to corresponding terms in Brazilian Portuguese. Experimental results demonstrate the effectiveness of our approach.

Methods

We used the UMLS 2013AA Release, which contains 162496 absolute terms and 125817 unique terms from 4 ontologies, with terms written in both European Portuguese (pt) and Brazilian Portuguese (pt-br), as shown in Table 1.

Table 1 – Terminological lists of UMLS 2013AA Release

List	Language	Number of terms
Medical Dictionary for Regulatory Activities Terminology (MedDRA) Version 15.1, Portuguese Edition; MedDRA MSSO; September, 2012.	pt	92675
BIREME/PAHO/WHO;Descritores em Ciencias da Saude [Portuguese translation of Medical Subject Headings];Centro Latino-Americano e do Caribe de Informaçao em Ciencias da Saude;2013;Sao Paulo (Brasil).	pt-br	65348
WHO Adverse Drug Reaction Terminology (WHOART). Portuguese Translation. Uppsala (Sweden): WHO Collaborating Centre for International Drug Monitoring, 1997.	pt	3750
The International Classification of Primary Care (ICPC). Portuguese Translation. Denmark: World Organisation of Family Doctors, 1993.	pt	723

As reference sources for the development of our translation algorithm, we used the ICD-10 (pt-br version – CID-10) ontology and a corpus of 8607 discharge summaries from multiple medical specialties from an academic medical institution in Brazil.

In the translation work by INESC²⁻⁴, the researchers classified the types of contrasts (differences between pt and pt-br) by grammatical level (syntactic, morphological and lexical) and by usage frequency, where:

- Syntactic contrast: differs on text organization (sentence order, verb flexion, absence/presence of words, etc.).

- Morphological contrast: these include different derivation (prefixes and suffixes), different inflexion in the two variants or any morphologic alteration of the word, like different gender and number.
- Lexical contrast: words with orthographic or sense/connotation differences.
- Frequency of use: words not shared by the two variants or present great disparity of use.

As our objective is to translate ontology terms only and not texts with complete sentences, we will focus on lexical and morphological contrasts. As the syntactic contrast is not important in this work, we perform Word-level translation instead of using all the words of a term together.

Our methodology comprises the following steps:

Identify UMLS terms with Accurate Translation

The UMLS terms from the pt ontologies that were present in the discharge summaries and/or CID-10 were considered correct (i.e. we do not need to translate them as these terms are essentially the same in both European and Brazilian Portuguese).

- 4784 UMLS terms were found in discharge summaries
- 1396 UMLS terms were found in CID-10

These terms were manually checked by one of the authors, who is a native pt-br speaker and familiar with clinical terminology. Only one term, “Hiperkalemia”, was incorrect. This term was incorrectly spelled in one discharge summary and its correct form in pt-br is Hiperkaliemia or Hiperpotassemia.

All correct UMLS terms found were removed from our consideration for further processing. Note that, some terms occurred both in discharge summaries and CID-10, so in total we have 5619 unique terms that were marked as correct and removed. We used the remaining 120198 UMLS terms in the next steps of our translation algorithm.

Word-level analysis

All other terms not identified in the previous step as accurate were tokenized into constituent words (e.g.: [Insuficiência cardíaca] → [Insuficiência], [cardíaca]), and the frequency of each word was computed.

There were 58123 words (a sample is shown in table 2), and the words with more than 4 occurrences in the UMLS were manually verified by the same researchers that checked the terms in step one, resulting in the top 9701 words (16.7%) selected as our training set.

Table 2 – Partial frequency table of UMLS words

Word	Number of occurrences
de	31361
síndrome	1780
células	1262
vírus	917
congénita	537
injecção	132

After verifying the top 9701 words looking for those incompatible with pt-br words, we found that 166 words (1.71% of top words list) were contrasting (amounting to 6168 occurrences). The remaining 48422 words were used as our testing set.

We investigated the contrasts list (i.e. the words that are written differently in pt and pt-br) and observed some similarities in most of the words (93 out of 166 words). These similarities are similar to that were found in INESC research²⁻⁴, where they extracted automatically some orthographic errors using some string sequences. This motivated us to build a set of simple string pattern replacement rules to automatically translate these words from pt to pt-br. The rules and word examples are shown in Table 3. The rules used in the INESC work that were not found in any contrast occurrence were removed from our rule set.

Table 3 – String replacement rules and word examples

String to Replace	Replaced by String	Original word	Replaced word
act	at	Fractura	Fratura
		Actividade	Atividade
ect	et	Rectal	Retal
		Afectivo	Afetivo
oct	ot	Nocturno	Noturno
uct	ut	Fructose	Frutose
opt	ot	Óptico	Ótico
		Adoptiva	Adotiva
pç	ç	Adopção	Adoção
mn	n	Polisomnografia	Polisonografia
cç	ç	Reacção	Reação
		Injecção	Injeção
cc	c	Direccional	Direcional
		Seleccionado	Selecionado
gén	gên	Congénita	Congênita
		Oxigénio	Oxigênio

Furthermore, all words with erroneous accentuation that are not covered by “gén to gên” rule (38 out of 166 words) were included in another set of replacement rules, presented in Table 4.

Table 4 – Accentuation replacement rules and word examples

Character to Replace	Replaced by Character	Original word	Replaced word
ó	ô	Insónia	Insônia
		Isotónica	Isotônica
		Crónicas	Crônicas
		Económico	Econômico
é	ê	Bebé	Bebê
		Epidémico	Epidêmico
		Esquizofrénica	Esquizofrênica

While automatically translating the test set words (the remaining 48422) to pt-br using this rule-based approach, it was realized that they did not always correctly replace the words, thereby generating several translation errors. For example, there are some words where the “act → at” rule causes a misspelling error, like: “Fusobacteria”, “Galactose”, “Lactentes”, etc. Similar errors occur with other replacement rules as well.

Also, we encountered some morphological contrasts where it is necessary to look at the context of the entire UMLS term, not just the single word, to assign the right “gender” to the phrase e.g. when the words “Hormona” (Hormone) and “Tireoideia” (Thyroid) co-occur. The word “Hormona” when translated to pt-br changes the “gender” of the word. To address this change, we had to also transform its contextual words. For instance, the pt term “Anomalias das hormonas sexuais masculinas” adapted to pt-br has to be “Anomalias dos hormônios sexuais masculinos”. To resolve this problem we had to revise the previous preposition and the subsequent adjective’s gender.

The word “Tireoideia” may be difficult to translate depending on the context. For example, the pt term “função tiroideia anormal” translated to pt-br has to be “função tireoidiana normal”, and “Cancro anaplásico da tiroideia” has to be “Cancro anaplásico da tireóide”. Some specific rules were defined to translate such cases. We discovered that when the word “tiroideia” comes after a preposition (na, pela, da, etc.), we have to translate the word to “tireóide”. For other scenarios, we have to define the translation based on the gender and the number of previous words to make the decision between “tireoidiana”, “tireoidianas”, “tireoidiano” and “tireoidianos”.

Semi-automatic rule-based translation interface

By considering the scenarios presented above, we developed a semi-automatic translation approach to consider the context of words to determine the rule(s) that is/are the best match. For this purpose, we built an interface to display the occurrences found and automatically generate a word substitution command if the user marks the word as a contrast. A snapshot of the command-line interface is shown on Figure 1.

```

Rule 'act' found: jacto(4)
Word context(s):
- Jacto urinário fraco
- Jacto urinário duplo
- Lentificação do jacto urinário
- Tenesmo vesical/jacto urinário fraco
Press 1+ENTER if it is incorrect, or simply ENTER if it is correct

Rule 'ect' found: vasectomia(5)
Word context:
- Vasectomia
- Inversão de vasectomia
- Repetição de vasectomia
- Reversão de vasectomia
- Inversão sem sucesso de vasectomia
Press 1+ENTER if it is incorrect, or simply ENTER if it is correct

```

Figure 1 – Snapshot of semi-automatic rule-based translation interface

Results and Discussion

After running the translation algorithm, 7442 (5.9%) of 125817 UMLS terms were translated. This value is similar to the INESC group's conclusion that “generically there is a global 10% discrepancy between the two variants”². The 4% difference can be explained by the fact that the UMLS corpus already has a mixture of pt and pt-br.

To evaluate the translation accuracy, a test set with 10000 randomly selected UMLS terms (almost 8% of total UMLS terms) was defined. The test set maintained the balance between translated (590 – 5.9%) and non-translated terms (9410 – 94.1%). Two specialists validated the test set and found that only 11 were not translated correctly (0.11%). One specialist was a nurse and master's student with significant experience in clinical care, and the other was a 4th year medical student, both fluent in pt-br.

After analyzing these terms, we found some reasons behind their incorrect translation. Two terms do not have accentuation in pt (“porfiria cutanea” and “calendario de imunizações”), but have in pt-br (“porfiria cutânea” and “calendário de imunizações”).

One term has a different word in pt (Atrofia secundária difusa da coróideia) than pt-br (Atrofia secundária difusa da coróide), somewhat similar to the “tiroideia” issue.

The term “Reticulossaarcoma com compromisso dos gânglios linfáticos intratorácicos” was incorrectly written originally in the UMLS pt list. The correct term should be “Reticulossarcoma com compromisso dos gânglios linfáticos intratorácicos”.

And finally, seven terms had the word “quisto” that means the same as “cisto” in pt-br, but the specialists marked it as wrong because “cisto” is more widely used, making these terms wrong by their frequency of use.

If we consider the fact that one of these errors was actually caused by a misspelling in the original UMLS list, we had 10 incorrect terms in the test set, leading us to believe that if in 8% of terms we had 0.1% incorrect terms, this value tends to remain close to that for the entire list of UMLS, showing the effectiveness of our rule-based algorithm.

The word-level analysis seems to be the best way to translate an entire ontology, since with only single-word correction we achieved the translation of a lot of terms simultaneously.

Finally, some words are completely different; we could not do automatic translations in such cases. And it is worth noting that after the last orthographic agreement between Portuguese-speaking countries^{6,7}, the differences between pt and pt-br have decreased, easing the amount of work on this kind of translation.

Conclusion

The main differences between European and Brazilian Portuguese are orthographic, and can be identified by a simple set of substrings, which allowed us to use a rule-based approach to translate the UMLS clinical terms. However the rules can correct some terms and at the same time harm others, thus necessitating the implementation of semi-automatic translation.

The word-level analysis proved to be effective on multiple terms' simultaneous translation, reducing the amount of work for analyzing the UMLS terms.

The proposed method can be reused on other ontologies that need translation from European Portuguese to Brazilian Portuguese.

References

- [1] Hasan SA, Zhu X, Liu J, Barra CM, Oliveira L, Farri O. Ontology-Driven Semantic Search for Brazilian Portuguese Clinical Notes, Proceedings of the 15th World Congress on Health and Biomedical Informatics, Sao Paulo, Brazil, 19-23 August 2015.
- [2] Wittmann LH, Pereira M de J. Português Europeu e Português Brasileiro: alguns contrastes. Actas do X Encontro Nacional da Associação Portuguesa de Linguística; 1994. p. 613.
- [3] Wittmann LH, Pêgo TR, Santos D. Português Brasileiro e Português de Portugal: algumas observações. Actas do XI Encontro Nacional da Associação Portuguesa de Linguística. 1995;2-4.
- [4] Barreiro A, Wittmann LH, Pereira M de J. Lexical differences between European and Brazilian Portuguese. J Res Dev [Internet]. 1996;5(2):75–101. Available from: <http://www.linguateca.pt/Repositorio/Barreiroetal95.pdf>.
- [5] Fernandes, HYS; Xatará, CM. Kernerman French-Portuguese dictionary: adapting the translation from European Portuguese to Brazilian Portuguese. Kernerman Dictionary News, n. 19, p. 6-9, 2011. Available from: <http://hdl.handle.net/11449/122764>.
- [6] BRASIL. Decreto nº 6.583, de 29 de setembro de 2008. Promulga o Acordo Ortográfico da Língua Portuguesa, assinado em Lisboa, em 16 de dezembro de 1990. Diário Oficial, Brasília, DF, 29 set. 2008. Seção 1, p. 1.
- [7] BECHARA, Evanildo. A nova ortografia. São Paulo: Nova Fronteira, 2008.

Contato

Lucas Emanuel Silva e Oliveira
PhD student in Health Informatics at
Health Technology Post-Graduate Program,
Polytechnic School, Pontifical Catholic
University of Paraná. Curitiba, Paraná, Brazil.
Professor at Polytechnic School, Pontifical
Catholic University of Paraná. Curitiba,
Paraná, Brazil.
Phone: +55 41 99287-2702
E-mail: lucas.oliveira@pucpr.br
Address: R. Imaculada Conceição, 1155 –
Rebouças, Curitiba/PR.

UM SERVIÇO PARA GERAÇÃO DE ESQUEMAS DE DADOS UTILIZANDO ARQUÉTIPOS

André Magno Costa de Araújo¹, Valéria Cesário Times¹, Marcus Urbano da Silva¹

Centro de Informática (CIN), Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil.

Resumo: Este trabalho apresenta um serviço capaz de criar dinamicamente esquemas de dados relacionais para armazenar o Registro Eletrônico em Saúde (RES) utilizando arquétipos. Baseado na arquitetura da openEHR, nós especificamos um conjunto de regras que mapeiam os atributos de dados, terminologias e restrições, e em seguida, cria as tabelas, campos e restrições de integridade referenciais do esquema de dados. Para validar o serviço aqui proposto, nós utilizamos arquétipos disponíveis no repositório da openEHR para extrair os seus elementos, e assim, gerar esquemas de dados relacionais para armazenar o RES. Como principais contribuições, destaca-se que, esquemas de dados são criados a partir de um padrão em saúde que uniformiza os atributos, terminologias e restrições. Além disso, a especificação do RES feita por um especialista do domínio por meio de arquétipos é utilizada no desenvolvimento de aplicações de saúde.

Palavras-chave: Software, Integração de Sistemas, Sistemas de Informação.

Abstract: This paper presents a relational data schemas creation service to store Electronic Health Record (EHR) using archetypes. Based on the openEHR architecture, we specify a set of rules which map data attributes, terminologies and constraints. Afterward, tables, fields and referential integrity restrictions of data schemas are dynamically generated. In order to validate the proposed service, we use archetypes from the openEHR repository to create the relational data schemas. As main contributions, we highlight that the data schemas are created based on a health standard and EHR specifications, made by a health professional, are used to develop health applications.

Keywords: Software, Systems Integration, Information Systems

Introdução

Os sistemas de Informação em Saúde (SIS) exercem hoje um importante papel na sociedade. Os SIS devem prover recursos de unicidade do Registro Eletrônico em Saúde (RES), de modo que o histórico clínico seja preservado e compartilhado com outros domínios da área da saúde¹. Ao longo dos últimos anos, é notório o esforço demandado por instituições governamentais, indústrias de software e a academia, na busca por soluções que padronizem o processo de desenvolvimento de aplicações em saúde, e que garantam a interoperabilidade do RES.

A criação de esquemas de dados para o armazenamento do RES é um tema relevante no ciclo de vida de um SIS e tem sido objeto de estudo de diversos trabalhos de pesquisa^{2,3}. Segundo a norma ISO/TS 18308⁴, o esquema de dados do RES deve prover alguns requisitos básicos, como: i) armazenar qualquer evento clínico relevante para os cuidados do paciente e ii) permitir o armazenamento de dados em tabelas de modo que as relações de dados entre as linhas e colunas sejam preservadas.

Diversos trabalhos de pesquisas têm apontado o uso do conceito de arquétipos da fundação openEHR, como uma alternativa para se construir aplicações em saúde que atendam as características de interoperabilidade e extensibilidade de esquemas de dados^{5,6}. A arquitetura dual proposta pela

openEHR realiza a separação dos atributos de dados que modelam o RES, das restrições e terminologias associadas aos dados clínicos, também conhecido como modelo de conhecimento. A especificação da modelagem dual proposta pela openEHR é realizada por meio de arquétipos. Na área da saúde, um arquétipo pode ser definido como uma expressão computacional utilizada para uniformizar os atributos de dados, terminologias e restrições do RES⁷.

A arquitetura proposta pela openEHR vem sendo debatida e amplamente divulgada nos últimos anos⁸. No entanto, nota-se que muitas são as dificuldades relatadas para se utilizar arquétipos em SIS⁹. As dificuldades relatadas se referem principalmente à falta de abordagens e ferramentas que construam esquemas de dados para o RES a partir de arquétipos^{7,9}. Nesse sentido, esse trabalho especifica um serviço capaz de criar dinamicamente esquemas de dados relacionais a partir da extração dos atributos de dados, terminologias e restrições de arquétipos. Para isso, nós especificamos um serviço chamado de *Representational State Transfer (REST) Application Programming Interface (API)* que a partir da leitura de um arquétipo retorna os elementos extraídos em formato *JavaScript Object Notation (JSON)*. A partir de requisições *GET* e *POST* na *API* desenvolvida, um segundo serviço consome os dados *JSON* e cria dinamicamente as tabelas, campos e restrições de integridade referenciais do esquema de dados proposto.

As demais seções desse artigo estão organizadas da seguinte forma. A Seção métodos descreve a metodologia de pesquisa utilizada no desenvolvimento deste trabalho, os conceitos básicos de arquétipos e os trabalhos correlatos identificados no estado da arte. A Seção Resultados descreve o serviço proposto neste artigo, enquanto que a Seção Discussão demonstra a criação de esquemas de dados a partir de arquétipos disponíveis no repositório da openEHR. Por fim, as considerações finais são descritas na Seção Conclusão.

Métodos

Para o desenvolvimento do serviço de criação de esquemas de dados proposto neste artigo, utilizou-se como metodologia a revisão de literatura e a pesquisa exploratória. Nesse sentido, investigou-se nos modelos computacionais fornecidos pela openEHR (i.e., *Demographic Information Model, Data Structures Information Model e openEHR Architecture*), os componentes necessários para a especificação do serviço aqui proposto; principalmente, como mapear dinamicamente arquétipos em esquema de dados relacionais. Para isso, buscou-se o entendimento das seguintes questões: i) como os arquétipos estão estruturados; ii) quais requisitos são necessários para a criação de um esquema de dados utilizando arquétipos; por fim, iii) a identificação das restrições e relacionamentos associados a cada elemento de um arquétipo. Além disso, esta seção descreve ainda os conceitos básicos utilizados para o desenvolvimento desse trabalho, e apresenta uma análise dos principais trabalhos correlatos.

Modelagem Dual e Arquétipos – A modelagem dual proposta pela fundação openEHR, objetiva a criação de um RES único, preservando o histórico e a evolução dos dados clínicos do paciente, podendo ser compartilhado e reutilizado por outros modelos de domínios da saúde¹. A arquitetura dual possibilita a separação entre as propriedades clínicas e demográficas do RES, dos padrões e das terminologias utilizados para dar significado semântico aos dados. O primeiro nível da modelagem dual contempla os componentes de linguagem de programação, linguagem de troca de informações e todos os outros componentes relacionados ao desenvolvimento de softwares, tais como: tecnologia de banco de dados e artefatos de softwares (e.g., diagramas da *Unified Modeling Language*, modelo conceitual e lógico de banco de dados). Um arquétipo pode ser definido como uma expressão computacional representada por restrições de domínio e baseada no modelo de referência⁷.

Em um arquétipo, a especificação dos atributos é realizada por meio de construtores de entrada de dados chamados de estruturas de dados genéricas. As estruturas de dados genéricas permitem

representar a heterogeneidade dos dados do RES por meio dos tipos, *ITEM_SINGLE*, *ITEM_LIST*, *ITEM_TREE* e *ITEM_TABLE*.

O tipo *ITEM_SINGLE* modela um único atributo de dado. Por exemplo, pode ser usado para especificar o sexo do paciente. O tipo *ITEM_LIST* agrupa um conjunto de atributos e é fisicamente representado na forma de uma lista. O endereço de um paciente com os itens, rua, número e CEP, exemplifica a modelagem por meio de um *ITEM_LIST*. O tipo *ITEM_TREE* especifica uma estrutura hierárquica de dados que é logicamente representada na forma de uma árvore. Ela pode ser usada, por exemplo, para modelar a avaliação física e neurológica de um paciente. Por fim, o tipo *ITEM_TABLE* modela os elementos de dados por meio de linhas e colunas, onde as linhas representam a definição do elemento, e as colunas o valor da informação. O resultado de um exame de análises clínicas contendo os campos dispostos em linhas, e os valores de referências em colunas, pode ser indicado como exemplo da *ITEM_TABLE*.

Cada atributo de uma estrutura de dados é caracterizado por um tipo de dado e pode ter ainda um conjunto de restrições de domínio e terminologias associadas. As terminologias dão significado semântico aos dados clínicos e podem ser representadas por meio de uma padronização de termos em saúde ou uma informação textual definida por um especialista do domínio.

Trabalhos Correlatos – A partir dos trabalhos investigados no estado da arte, apresentamos nesta seção uma análise sobre os principais estudos correlatos nas áreas de: i) desenvolvimento de aplicações em saúde baseadas em arquétipos e ii) mapeamento e persistência de arquétipos em banco de dados.

Späth e Grimson (2010)⁹ utilizaram a especificação fornecida pela openEHR para modelar e reestruturar o RES em um sistema legado. Inicialmente, o esquema do banco de dados proprietário foi reestruturado para que cada campo das tabelas utilizadas do banco de dados estivesse vinculado a um elemento do arquétipo. Os autores indicam que durante o processo de mapeamento dos arquétipos para o banco de dados, diversas dificuldades foram encontradas como, a falta de ferramentas e metodologias que apoiem o processo de modelagem de arquétipos em banco de dados.

De forma similar, Georg, Judith e Christoph (2013)², propõem uma abordagem para mapear arquétipos em uma base de dados legada e gerar templates para uma aplicação em saúde chamada de *ArchiMed*. Um conjunto de regras de mapeamento foram especificadas em um algoritmo, de modo a vincular cada elemento de dado do arquétipo com um campo de uma tabela no banco de dados. Os resultados apresentados indicam que a solução proposta não conseguiu mapear os arquétipos que continham estruturas de dados hierárquicas.

Outra alternativa para mapear arquétipos em repositório de dados é a criação de um mecanismo de persistência que serialize os elementos dos arquétipos em SGBD's. Nesse sentido, a fundação openEHR disponibiliza uma solução de persistência que serializa os as estruturas de dados em banco de dados relacional ou objeto relacional. A solução chamada de Node+Path¹⁰ utiliza o princípio da abordagem *Entity-attribute-Value (EAV)* para serializar todos os nós de dados em uma tabela de duas colunas. Assim, armazena-se o caminho do nó na primeira coluna, enquanto que o valor do nó serializado é armazenado na segunda coluna. No entanto, apesar da simplicidade de se armazenar estruturas hierarquizadas de dados, a recuperação das informações exige a criação de sentenças lógicas e complexas que podem comprometer o desempenho da aplicação.

Wang et al.(2015)¹² especificam um novo método de persistência de dados para apoiar o processo de mapeamento de arquétipos em banco de dados relacional. A solução consiste em um conjunto de regras de mapeamento que extraem os atributos de dados dos arquétipos e os armazena na forma de tabelas e colunas de dados. O método proposto estende também a linguagem *Archetype Query Language (AQL)*, adicionando os comandos de *Insert*, *Update* e *Delete* para suportar a manipulação de dados. No entanto, observando o esquema de dados gerado a partir do método proposto, percebe-se que as restrições e terminologias especificadas nos arquétipos não são foram consideradas. Além disso, trata-se de uma solução para um domínio de problema específico.

Embora os trabalhos aqui apresentados representem um avanço no desenvolvimento de aplicações em saúde baseadas na arquitetura da openEHR, há um consenso que a forma como os arquétipos são mapeados e persistidos em banco de dados necessita evoluir. Em virtude da heterogeneidade dos requisitos de dados encontrados em um domínio da saúde, identificou-se que pouca atenção tem sido dada na investigação de uma abordagem que crie dinamicamente esquemas de dados relacionais utilizando arquétipos.

A principal motivação do trabalho aqui proposto consiste no desenvolvimento de um serviço capaz de extrair dos arquétipos, os atributos de dados, as terminologias e as restrições, e assim, gerar dinamicamente esquemas de dados relacionais para o armazenamento do RES. Existem duas vantagens principais no uso do serviço proposto nesse artigo. Primeiro, o esquema de dados é criado a partir de um padrão em saúde que uniformiza os requisitos do RES. Segundo, auxilia projetistas de banco no mapeamento e criação de esquemas de dados utilizando arquétipos.

Resultados

Serviço de Extração dos Elementos de Arquétipos – O serviço proposto nesse artigo utiliza quatro passos principais para a geração de esquemas de dados relacionais utilizando arquétipos. A Figura 1 mostra a sequência de atividades executada pela abordagem proposta neste trabalho.

A primeira atividade consiste em identificar o tipo do arquétipo que será mapeado para o esquema de dados. De acordo com a definição da openEHR, cada tipo de arquétipo (i.e., *OBSERVATION*, *EVALUATION*, *INSTRUCTION*, *ACTION*, *SECTION*, *COMPOSITION*, *SINGLE*, *LIST*, *TREE*, *TABLE*, *ADMIN_ENTRY*, *CLUSTER*) representa um conceito do RES que pode ser criado para modelar um dado domínio da saúde.



Figura 1: Ciclo de atividades da REST API.

Identificado o tipo do arquétipo, o serviço inicia a execução de um conjunto de regras de validação que avaliam a estrutura e os metadados do arquivo XML. O objetivo da atividade 2 é certificar-se que se trata de um arquétipo válido e em conformidade com a especificação da openEHR. Após validar a estrutura do arquétipo, a REST API extrai os elementos (i.e., atributos de dados, restrições e terminologias) e inicia o processo de criação do esquema de dados.

Para a geração do esquema de dados, o serviço desenvolvido busca por quatro elementos básicos no arquétipo, que são: a) tipo do arquétipo, b) estrutura de dados, c) terminologias e d) restrições. A Figura 2 mostra um arquétipo extraído do repositório da openEHR e criado por meio da ferramenta *Archetype Editor*¹². Nela é possível observar como os elementos estão dispostos no esquema XML.



Figura 2: Estrutura e definição dos elementos de um arquétipo.

Os quatro elementos citados acima são de suma importância para a geração do esquema de dados. Primeiro, o tipo define o contexto em saúde que se está modelando o RES por meio de arquétipos. Segundo, as estruturas de dados (i.e., atributos) representam as características (i.e., campos) de cada arquétipo sobre o qual se deseja armazenar informações. Terceiro, na criação de um arquétipo, o especialista de domínio pode associar às estruturas de dados, um conjunto de terminologias ou valores pré-definidos. Por exemplo, na Figura 2, observa-se que para o atributo *Gender*, o especialista definiu previamente as terminologias, *Male* e *Female*. A utilização de terminologias e códigos pré-definidos é uma prática comum e facilitadora na área da saúde, principalmente porque ajudam na padronização de diagnósticos, medicamentos, exames, entre outros. Por esse motivo, todas as terminologias presentes em um arquétipo são mapeadas para o esquema de dados proposto. Por fim, as restrições especificadas sobre as estruturas de dados são importantes mecanismos de validação de dados em um arquétipo. Por exemplo, o campo de um determinado resultado de exame só poderá armazenar informações dentro de uma faixa de valores (e.g., de 10 a 20), ou a data da realização de um exame deve expressar o formato: dia, mês, ano e hora (e.g., 12/02/2016 14:20). Dada a sua importância, as restrições também são consideradas e adicionadas ao esquema de dados.

A Figura 3 mostra a arquitetura desenvolvida para que aplicações de saúde possam fazer uso do serviço de geração de esquemas de dados utilizando arquétipos.

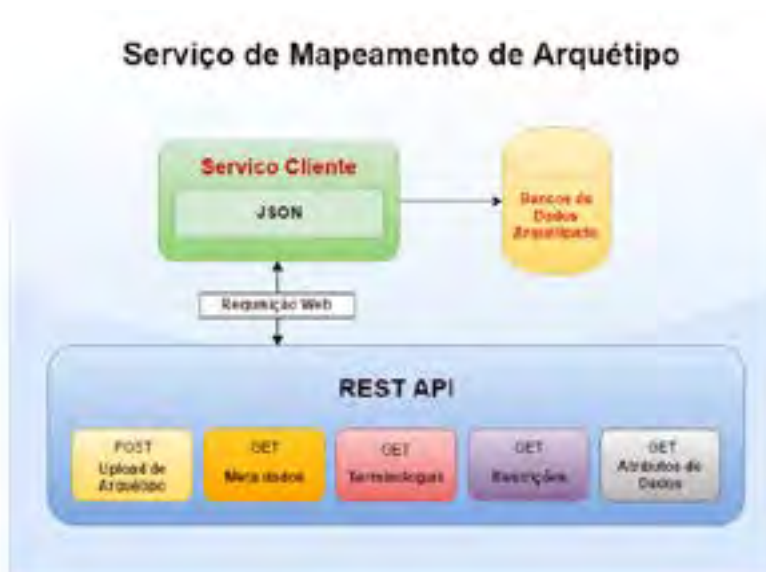


Figura 3: Arquitetura do Serviço de Mapeamento de Arquétipos

Cinco métodos principais realizam a tarefa de extrair dos arquétipos os elementos necessários para a criação de esquemas de dados, são eles: i) upload de arquétipos - por meio de uma requisição POST no endereço [http://polyehrap.azurewebsites.net/api/archetypes /upload/{organizationId}/{language}](http://polyehrap.azurewebsites.net/api/archetypes/upload/{organizationId}/{language}), esta funcionalidade realiza o upload de arquétipos XML para a extração dos seus elementos; ii) extração dos Metadados - esta funcionalidade retorna os metadados do arquétipo XML por meio de uma requisição GET no endereço <http://polyehrap.azurewebsites.net/api/archetypes/metadata/{archetypeId}>. Os metadados descrevem informações a respeito do tipo do arquétipo, objetivo, uso, autores e pode ser usado por exemplo, para realizar o controle de versões do arquétipo em um repositório de dados; iii) extração das estruturas de dados - as estruturas de dados especificadas nos arquétipos podem ser retornadas por meio de uma requisição GET no endereço <http://polyehrap.azurewebsites.net/api/archetypes/datastructure/{archetypeId}>. De acordo com especificação do arquétipo, esta funcionalidade pode retornar um array com um único elemento, uma lista de dados, uma estrutura de dados hierarquizada ou uma estrutura tabular com linhas e colunas; iv) extração das terminologias - esta funcionalidade retorna as terminologias e vocabulários em saúde especificados em cada atributo de dados de um arquétipo. Por meio de uma requisição GET no endereço [http://polyehrap.azurewebsites.net/ api/archetypes/terminologies/{archetypeId}](http://polyehrap.azurewebsites.net/api/archetypes/terminologies/{archetypeId}), uma lista contendo o identificador, a terminologia e a estrutura de dados é retornada para a aplicação solicitante. Por fim, v) extração das restrições - as restrições especificadas nos arquétipos validam e restringem o tipo, o formato e intervalo de dados em um atributo de dado. Por meio de uma requisição GET no endereço [http://polyehrap.azurewebsites.net/api/archetypes/constraints /{archetypeId}](http://polyehrap.azurewebsites.net/api/archetypes/constraints/{archetypeId}) é possível retornar, o identificador do atributo, juntamente com a lista de restrições encontradas no arquétipo.

Discussão

Criação de Esquemas de Dados – A partir da *REST API* desenvolvida, qualquer aplicação pode utilizar os métodos e consumir os elementos extraídos (i.e., padrão JSON) dos arquétipos para serem persistidos em bancos de dados legados. No entanto, nós desenvolvemos um segundo serviço que exemplifica e demonstra como um arquétipo pode ser mapeado dinamicamente para um esquema de dados relacional. Para essa demonstração, utiliza-se três arquétipos do repositório da openEHR (i.e., *Blood Pressure*, *Family history e Apgar*), e um arquétipo construído na ferramenta *Archetype Editor* que representa a consulta de um paciente (i.e., Figura 4).

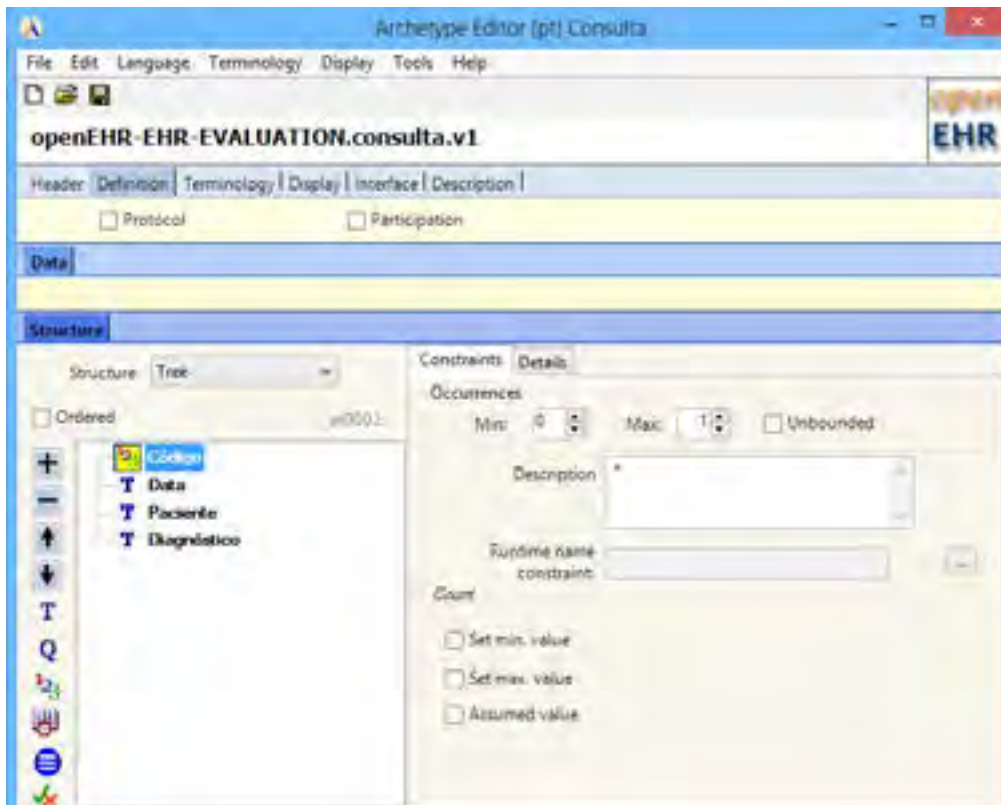


Figura 4: Exemplo do Arquétipo Consulta do Paciente

A Figura 5 mostra a interface e as principais funcionalidades do serviço desenvolvido para consumir os métodos da *REST API* e gerar o esquema de dados relacional. Por meio de uma requisição *POST* no método *upload ()*, nós enviamos os arquétipos para a extração dos seus elementos. Observe que a após a confirmação do método, o serviço obtém e mostra em formato *JSON*, os atributos de dados, terminologias e restrições dos arquétipos.



Figura 5: Serviço de Consumo da API e Criação do Esquema de Dados

Uma vez consumido os elementos dos arquétipos, nós utilizamos um conjunto de regras de mapeamento para construir dinamicamente o esquema de dados a partir dos elementos extraídos. Nesse caso, os atributos de dados são utilizados como campos, as terminologias são armazenadas e guardam a referência de cada atributo; por fim, as restrições restringem o conteúdo e o tipo de dado do atributo. A Figura 6 mostra o esquema de dados criado a partir dos quatro arquétipos utilizados nessa demonstração. Já a Figura 7 mostra um conjunto de registros inseridos na tabela *Blood Pressure* após a criação do esquema de dados.

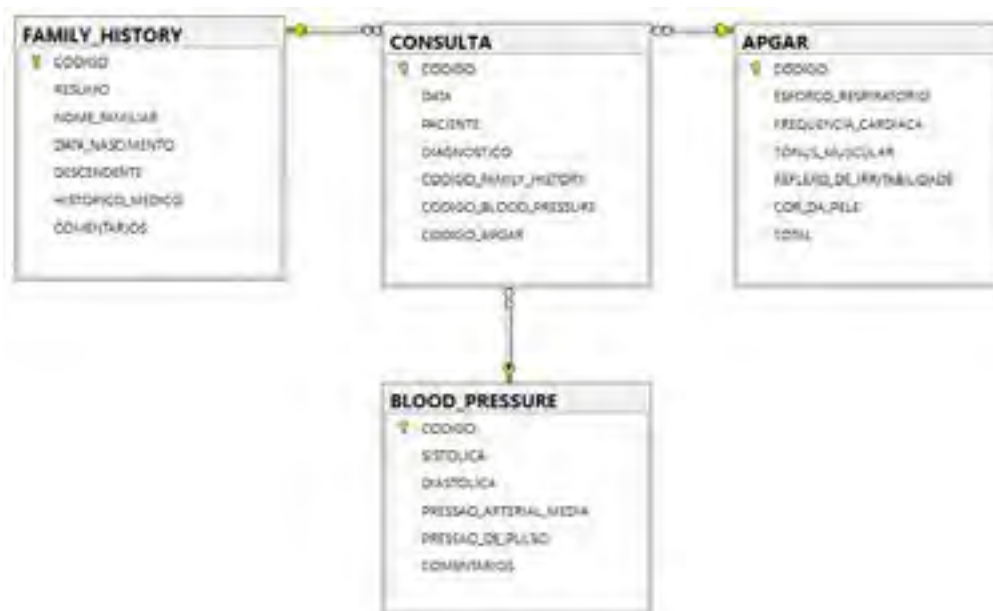


Figura 6: Esquema de dados criado utilizando Arquétipos

```

CREATE TABLE BLOOD_PRESSURE
(
    CODIGO INT PRIMARY KEY IDENTITY(1,1),
    SISTOLICA NUMERIC(10,3),
    DIASTOLICA NUMERIC(10,3),
    PRESSAO_ARTERIAL_MEDIA NUMERIC(10,3),
    PRESSAO_DE_PULSO NUMERIC(10,3),
    COMENTARIOS TEXT
);
SELECT FROM DBO.BLOOD_PRESSURE;

```

	CODIGO	SISTOLICA	DIASTOLICA	PRESSAO_ARTERIAL_MEDIA	PRESSAO_DE_PULSO	COMENTARIOS
1	1	80.000	90.000	12.800	12.800	Paciente normal
2	2	80.000	100.000	14.800	14.800	
3	3	80.000	100.000	14.800	14.800	Sem observações

Figura 7: Exemplo da Tabela criada a partir do Arquétipo Blood Pressure.

Conclusão

Neste artigo nós apresentamos um serviço capaz de extrair e mapear dinamicamente os elementos de arquétipos openEHR em esquemas de dados relacionais. Inicialmente uma REST API extrai e disponibiliza em JSON, os atributos de dados, terminologias e restrições do arquétipo informado.

Depois, um segundo serviço consome os elementos extraídos, e por meio de um conjunto de regras de mapeamento, cria-se o esquema de dados relacional. Existem duas vantagens principais na criação de esquemas de dados a partir de arquétipos. Primeiro, utiliza-se um padrão em saúde que uniformiza os atributos de dados e terminologias em aplicações de saúde. Segundo, a especificação do RES feita por um especialista do domínio em um arquétipo é utilizada no desenvolvimento de SIS.

Agradecimentos

Este trabalho foi parcialmente financiado pela Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE), sob as subvenções APQ-0173-1.03 / 15 e IBPG-0.809-1.03 / 13.

Referências

- [1] Marco E, Thomas A, Jorg R, Asuman D, Gokce L. A Survey and Analysis of Electronic Healthcare Record Standards. *ACM Computing Surveys*. 2005; 277–315.
- [2] D. Georg, C. Judith, R. Christoph. Towards plug-and-play integration of archetypes into legacy electronic health record systems: the ArchiMed experience. *BMC Medical Informatics and Decision Making*. 2013; 1-12.
- [3] André M C Araújo, Valéria C Times, Marcus U Silva. Uma Ferramenta de Modelagem baseada em Arquétipos, XIII Congresso Brasileiro de Informática em Saúde - CBIS 2012;
- [4] International Organization for Standardization: ISO/TS 18308 health informatics - requirements for an electronic health record architecture. Disponível em: http://www.iso.org/iso/iso_catalogue.htm. Acesso em jun. de 2016.
- [5] Michele M V F Santos, Luciana Tricai Cavalini. Modelagem da Ficha de Notificação de Violência no modelo openEHR. *J. Health Inform.* 2015; 7(3): 99-100.
- [6] Bernstein K, Bruun RM, Vingtoft S, Andersen SK, Nøhr C. Modelling and implementing electronic health records in Denmark. *International Journal of Medical Informatic*, 2005: 213-220.
- [7] D. Lloyd, T. Beale, S. Heard. openEHR Architecture: Architecture Overview. Disponível em: <http://www.openehr.org/releases/1.0.2/architecture/overview.pdf>
- [8] André M C Araújo, Valéria C Times, Sergio CB Soares. A Conceptual Data Model for Health Information Systems. The 14th International Conference on Software Engineering Research and Practice; 2016 Jul 25-28; LAS Vegas, USA.
- [9] Späth MB, Grimson J. Applying the archetype approach to the database of a biobank information management system. *International Journal of Medical Informatics*. 2010; 1-22.
- [10] Node + Path Persistence, disponível em <https://openehr.atlassian.net/wiki/pages/viewpage.action?pageId=6553626>. Acesso em jun. de 2016.
- [11] Wang L, Min L, Lu X, Duan H. “Archetype relational mapping - a practical openEHR persistence solution”; *BMC Medical Informatics and Decision Making*, pp. 1-18, 2015.
- [12] Archetype Editor. Disponível em <http://www.openehr.org/>. Acesso em jun. de 2016.

Contato

André Magno Costa de Araújo, Centro de Informática, UFPE, Av. Jornalista Aníbal Fernandes, s/n – Cidade Universitária (Campus Recife) 50.740-560 - Recife – PE, Fone: + 55 81 2126-8430, E-mail: amca@cin.ufpe.br

RESTRIÇÕES DE INTEGRIDADE EM PRONTUÁRIOS ELETRÔNICOS NOSQL - UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

INTEGRITY CONSTRAINS IN NOSQL ELECTRONIC MEDICAL RECORDS - A SYSTEMATICAL REVIEW

RESTRICCIONES DE INTEGRIDAD EN REGISTROS MÉDICOS ELECTRÓNICOS NOSQL – UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA

Elúzio H. S. Barretto¹, Marcia Ito²

¹ Mestrando em Engenharia de Computação, Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, São Paulo, SP, Brasil.

² Research Staff Member, IBM Research Brasil – IBM-BRL, São Paulo, SP, Brasil

Resumo: Assegurar a integridade de dados em prontuários eletrônicos de saúde tem sido um desafio trabalhoso e dispendioso, porém essencial para que os mesmos possam auxiliar os profissionais na gestão da saúde em suas instituições. Com o advento de diversas formas e formatos de armazenamento para grandes volumes de dados na área de saúde, surge um questionamento sobre o estado das pesquisas científicas neste contexto com relação a bancos de dados NoSQL. Assim o objetivo deste artigo é identificar e avaliar pesquisas relevantes no contexto de integridade de dados em prontuários eletrônicos de saúde com o uso de banco de dados NoSQL. O método utilizado foi a revisão sistemática da literatura. Como resultado, encontra-se 83 artigos e seleciona-se 14 para leitura completa. Conclui-se que há um atual e crescente interesse de pesquisas acadêmicas nesse contexto por tratar-se de uma necessidade ainda não coberta por esses sistemas.

Abstract: *Ensuring data integrity in electronic medical records has been a cumbersome and wasteful job, while nevertheless essential in enabling health management in medical institutions. With the advent of several new forms and formats of big data storage in Health, one might question the status of the scientific research regarding NoSQL databases in this context. This paper aims to identify and review relevant research regarding integrity constraints of medical records using NoSQL databases. Systematic review is the applied method. As result, 83 articles were found and 14 selected to complete review. In conclusion, there is a present and growing research interest of this topic since it is related to a still open question.*

Descritores: Banco de Dados, Sistemas Computadorizados de Registros Médicos, Revisão.

Descriptors: Database, Medical Records Systems, Review.

Descriptores: Base de Datos, Sistemas de Registros Médicos Computarizados, Revisión.

Introdução

Um fator essencial para a utilização de sistemas de prontuários eletrônicos de saúde (PES) é a qualidade de seus dados, por conseguinte, esses sistemas devem auxiliar seus usuários na aquisição e manutenção de dados relevantes, completos e íntegros. Grandes organizações do setor de saúde

buscam definir regras e regimentos a fim de garantir a qualidade e integridade dos dados no contexto médico¹ thus a main feature of computer-based medical documentation systems should be to assist the user in complete and plausible data acquisition and maintenance. In this paper we define a grammar for modeling medical documentation systems to increase integrity and completeness of collected data, focusing attention on integrity constraints. An integrity constraint defines requirements that involved entities had to comply with. Furthermore it defines possibly implications in case of failure. The constraints presented in this paper are type constraint, length constraint, domain constraint, key constraint, quantity constraint, reference constraint, search constraint, result constraint, hierarchy constraint, and semantic constraint. Their grammar is declared using a schema in extensible markup language-format (XML-schema).

Entretanto, segundo Monda et al.² garantir a qualidade de dados em sistemas médicos é um desafio trabalhoso e dispendioso que requer intervenções humanas. Diversos sistemas dependem da digitalização manual das informações manuscritas pelos médicos, conduta que pode provocar registros errôneos ou perda de informações, mesmo em sistemas dotados de pré-validações. Dessa forma, mesmo após a importação de dados, controles rigorosos de qualidade são necessários e não devem depender de ineficientes iterações humanas.

Moore et al.³ defendem que sistemas PES possuem construções complexas, tendo em vista que comumente os dados são armazenados em sistemas e localidades distribuídas, bem como utilizam distintos formatos de dados (estruturados e não-estruturados) e integram múltiplas fontes de dados, tais como: hospitais, sistemas laboratoriais, farmacêuticos e médicos. Tradicionalmente, Sistemas Gerenciadores de Bancos de Dados Relacionais têm sido utilizados para armazenamento de dados, contudo, a constante necessidade de desempenho, o crescimento do número de usuários, volume e diversidade de dados tem aumentado o interesse em bancos de dados alternativos, incluindo os chamados NoSQL.

Caracterizado como banco de dados não-relacional, o NoSQL ganhou notoriedade nos últimos anos. Permite produtividade no desenvolvimento de aplicações, por utilizar estruturas de dados flexíveis. São capazes de gerenciar conjunto de dados em larga escala, tipicamente em estruturas distribuídas, tornando-se um excelente candidato para implementações de sistemas PES.

Esse artigo tem como objetivo identificar e avaliar pesquisas relevantes no contexto de integridade de dados em prontuários eletrônicos de saúde com o uso de banco de dados NoSQL.

Método

A fim de orientar o mapeamento da revisão literária desse trabalho, levanta-se as questões de pesquisa que atuam como fator de inclusão e exclusão dos estudos encontrados. As questões de pesquisa que guiam esse trabalho são:

1. Como garantir a integridade dos dados em prontuários eletrônicos de saúde?
2. Como garantir a integridade de dados em bancos de dados NoSQL?
3. Quais as implicações e benefícios do uso de NoSQL em prontuários eletrônicos de saúde?

Posteriormente, define-se os engenhos de busca utilizados na pesquisa. Buscou-se incluir as principais fontes de trabalhos nas especialidades de ciência da computação e de saúde. Os engenhos selecionados são listados na Tabela 1.

Tabela 1. Tabela dos engenhos de busca disponíveis para revisões sistemáticas em Exatas e Medicina

Engenho de busca	Especialidade	Endereço
ACM Digital Library	Ciência da Computação	http://dl.acm.org
IEEE Xplore	Ciência da Computação	http://ieeexplore.ieee.org
PubMed	Saúde	www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed

Define-se os termos sinônimos para cada item das questões de pesquisa, além do agrupamento dos termos conforme Tabela 2. Posteriormente, eles servem para a definição das *Strings* de Busca (termos concatenados com operadores booleanos). Busca-se representar os conjuntos de termos encontrados nas questões de pesquisa a fim de recuperar os trabalhos relevantes nos engenhos de busca. O Grupo 1 descreve sinônimos relacionados a integridade de dados. O Grupo 2 trata de bancos não relacionais (NoSQL). O Grupo 3 ilustra sinônimos de prontuários eletrônicos e, por fim, o Grupo 4 retrata sistemas PES.

Tabela 2. Tabela com os termos sinônimos e grupos de pesquisa

	Grupo1	Grupo2	Grupo3	Grupo4
Termo 1	Integrity Constraint	NoSQL	EHR	Health Information System
Termo 2	Referential Integrity	Not Only SQL	Electronic Health Record	Health Management System
Termo 3	Data Integrity	not SQL	Electronic Health	Healthcare Information System
Termo 4	Integrity Restriction	Cloud SQL	Health Data	Healthcare Management System
Termo 5	Database Integrity	Non-Relational Database	Healthcare Data	E-Health
Termo 6				Medical Records System
Termo 7				Medical Informatics
Termo 8				Medical System
Termo 9				Clinical Decision Support
Termo 10				Medical Decision Support

Na intenção de responder as questões de pesquisa levantadas, combina-se os grupos de sinônimos e define-se as *Strings* de Busca conforme Tabela 3. Os Grupos 1 e 3 buscam identificar trabalhos que tratam da integridade de dados em sistemas PES. Por outro lado, os Grupos 2, 3 e 4 buscam sistemas PES ou de saúde, que podem beneficiar-se de banco de dados NoSQL.

Tabela 3. Tabela com a combinação de Grupos e as Strings de Busca

Grupos Combinados	String de Busca
Grupo1 e Grupo3	((“Integrity Constraint” OR “Referential Integrity” OR “Data Integrity” OR “Integrity Restriction” OR “Database Integrity”) AND (“EHR” OR “Electronic Health Record” OR “Electronic Health” OR “Health Data” OR “Healthcare Data”))
Grupo2 e Grupo3 e Grupo4	((“NoSQL” OR “Not Only SQL” OR “not SQL” OR “Cloud SQL” OR “Non-Relational Database”) AND (“EHR” OR “Electronic Health Record” OR “Electronic Health” OR “Health Data” OR “Healthcare Data”) AND (“Health Information System” OR “Health Management System” OR “Healthcare Information System” OR “Healthcare Management System” OR “E-Health” OR “Medical Records System” OR “Medical Informatics” OR “Medical System” OR “Clinical Decision Support” OR “Medical Decision Support”))

Para efetuar a busca do Grupo 1 e 3 no engenho ACM exclui-se a palavra “*Data Integrity*” pois além de elevar o número de resultados em aproximadamente dez vezes, os artigos obtidos não pertencem ao escopo da pesquisa. Para o engenho IEEE, altera-se a busca do Grupo 2, 3 e 4 devido a limitação da quantidade de palavras permitidas pelo engenho. Dessa forma, excluem-se as palavras “*Electronic Health Record*”, “*Healthcare Data*”, “*Healthcare Information System*”, “*Healthcare Management System*”, “*Medical Records System*”, “*Medical Informatics*”, “*Medical Decision Support*” e “*Medical System*”, sendo adicionada a palavra “*Medical*” a fim de compensar as palavras removidas.

Os critérios de inclusão dos trabalhos são:

- Estudos completos publicados em revistas ou conferências revisadas que respondam uma ou mais questões de pesquisa;
- Artigos publicados nos últimos 10 anos (de 2005 até 2015);
- Trabalhos escritos em língua inglesa;
- Estudos disponíveis para *download* nos engenhos de buscas definidos.

Por fim, estudos que não respondem às questões de pesquisa e aquelas que não se encontravam disponíveis para *download* são excluídos da análise.

Resultados

Com a pesquisa nos engenhos de busca, em conjunto com as Strings definidas, encontra-se um total de 83 artigos. Desse total, 14 trabalhos são diretamente ligados as questões de pesquisa, sendo assim, selecionados como escopo desse trabalho. Ao menos 20% dos artigos encontrados tratam de privacidade ou segurança de dados, o que demonstra um grande interesse e preocupação para essas questões tanto na área médica como em tecnologia. Entretanto, não pertencem ao escopo deste artigo. Um resumo, em termos quantitativos, encontra-se na Tabela 4.

Tabela 4. Tabela com os resultados encontrados nos engenhos de busca

Grupos	ACM	PubMED	IEEE
Grupo1 e Grupo3	23	17	20
Grupo2 e Grupo3 e Grupo4	13	6	4

Para a busca dos Grupos 1 e 3 encontra-se 60 artigos, sendo 8 selecionados para análise, pois atendem os critérios de seleção. Do Grupo 2, 3 e 4 encontra-se 23 artigos, sendo 6 selecionados para análise. Outros 7 artigos não se encontram disponíveis para *download* e excluem-se do estudo.

Uma análise temporal da evolução da quantidade de artigos publicados é realizada, na qual verifica-se um aumento expressivo de número de artigos a partir do ano de 2010 e uma linha de tendência crescente nas duas áreas conforme demonstrado na Figura 1. Fato que reforça a atual relevância dos temas na pesquisa acadêmica.

Figura 1. Gráfico de evolução do número de artigos por ano



Discussão

Pela análise dos artigos percebe-se que atualmente não existem requisitos regulatórios para avaliar a integridade, confiabilidade, eficácia, qualidade e a segurança da informação de sistemas de prontuário eletrônico de saúde. Isso ocorre mesmo sabendo que o mau uso desses sistemas podem colocar em risco a saúde dos pacientes, diminuir a qualidade do atendimento ou aumentar os custos com saúde. Por sua vez, Browman⁴ including better care and decreased healthcare costs, serious unintended consequences from the implementation of these systems have emerged. Poor EHR system design and improper use can cause EHR-related errors that jeopardize the integrity of the information in the EHR, leading to errors that endanger patient safety or decrease the quality of care. These unintended consequences also may increase fraud and abuse and can have serious legal implications. This literature review examines the impact of unintended consequences of the use of EHR systems on the quality of care and proposed solutions to address EHR-related errors. This analysis of the literature on EHR risks is intended to serve as an impetus for further research on the prevalence of these risks, their impact on quality and safety of patient care, and strategies for reducing them.”, “author” : [{ “dropping-particle” : “”, “family” : “Bowman”, “given” : “Sue”, “non-dropping-particle” : “”, “parse-names” : false, “suffix” : “” }], “container-title” : “Perspectives in health information management / AHIMA, American

Health Information Management Association”, “id” : “ITEM-1”, “issued” : { “date-parts” : [[“2013”]] }, “title” : “Impact of electronic health record systems on information integrity: quality and safety implications.”, “type” : “article-journal”, “volume” : “10” }, “uris” : [“http://www.mendeley.com/documents/?uuiid=39835578-1070-4955-b2d6-d7072d197341”] }, “mendeley” : { “formattedCitation” : “⁴”, “plainTextFormattedCitation” : “4”, “previouslyFormattedCitation” : “⁴” }, “properties” : { “noteIndex” : 0 }, “schema” : “https://github.com/citation-style-language/schema/raw/master/csl-citation.json” } apresenta os principais fatores que podem comprometer esses sistemas, incluindo falhas no desenvolvimento, baixa usabilidade ou flexibilidade, uso impróprio das informações, reuso de informações de outros pacientes (copiar e colar) e uso inadvertido de sistemas de suporte a decisões. O autor propõe formas de reduzir esses erros e afirma que apesar do aumento das pesquisas nessa área, pouco tem sido feito de forma sistemática para medir e analisar esses riscos, identificar suas causas e implementar estratégias para reduzi-los. Como sugestão ele indica que fornecedores devem implementar políticas, procedimentos e padrões para garantir a integridade de informação desses sistemas. Kohn⁵ também concorda que integridade de dados é vital para sistemas PES e por isso, eles devem possuir métodos para garantir a qualidade dos mesmos, contudo pacientes também devem ser encorajados a revisarem seus registros para garantirem sua exatidão.

O desafio de manter integridade referencial se torna muito difícil em sistemas de saúde devido a necessidade de integração de dados estruturados e semiestruturados de diversas fontes. Ordonez e García-García⁶ citam que existem extensivas pesquisas para se manter integridade referencial, mas não existem trabalhos medindo a inconsistência de dados. Os autores propõem conjuntos de métricas para qualidade em integridade referencial utilizando SQL e acreditam que suas ideias podem ser estendidas e aplicadas em dados semiestruturados como textos ou documentos XML. Na mesma linha Ward et al.⁷ however, transiently, can result in inappropriate operational decision making. Implementing electronic health records (EHRs) analisam a qualidade e integridade de dados durante a implementação de um sistema PES em um departamento de emergência. Mede-se e compara-se dados registrados manualmente e sistematicamente durante sua agitada implantação. Falhas nos dados sistemáticos acontecem imediatamente após a implementação e ocasionam perda de dados. Fato que reforça a importância e necessidade de análises de integridade dos dados desde o princípio, prevenindo e detectando inconsistências o quanto antes possível.

Lee et al.⁸ comprovam a viabilidade do uso de dados clínicos com bancos de dados NoSQL. Os mesmos evidenciam menor esforço na preparação inicial dos dados, melhor desempenho nas respostas das consultas, além de apresentar maior flexibilidade na modelagem de dados quando comparado com bancos de dados relacionais. Nesse estudo avaliam-se apenas os bancos de dados NoSQL dos tipos chave-valor e XML (Extensible Markup Language), demonstrando-se o segundo como o que permite um melhor controle da integridade dos dados.

Entretanto, bancos de dados orientados a documentos e colunas são os mais indicados para dados médicos, devido os seus distintos tipos, diversidade, sequência temporal e a seu crescente volume de itens registrados⁹. Os autores utilizam o MongoDB (banco de dados NoSQL orientado a documentos) para armazenar e analisar mais de um milhão de registros médicos. Defendem ainda, a possibilidade de divisão dos dados em pequenas porções (*Shards*) que são reagrupadas utilizando-se computação paralela (*MapReduce*), artefato que melhora o desempenho das operações em até quarenta vezes.

O advento da computação em nuvem também é um fator importante para o desenvolvimento de sistemas PES. Yang e Liu¹⁰ propõem uma arquitetura distribuída em nuvem, utilizando o banco de dados NoSQL Hbase (orientado a colunas). Ele permite escalabilidade horizontal, tolerância a falhas e paralelização do processamento, conforme o aumento de transações e volume de dados médicos. Xhafa et al.¹¹ também propõem um ambiente colaborativo em nuvem utilizando NoSQL, que permite a realização do monitoramento constante de dados dos pacientes e integração de suas diferentes fontes (texto, som, vídeo, etc.). Os autores afirmam que esse tipo de banco de dados é preferível sobre os

tradicionais bancos relacionais, devido a essas características. Porém, ressaltam a deficiência de uma linguagem declarativa para consultas, como o SQL.

Lan et al.¹² escolhem o SimpleDB (orientado a documentos) para implementar um sistema de análise e medição para pacientes com problemas cardíacos devido a sua escalabilidade superior e a grande flexibilidade de modelo de dados. Contudo, é necessário o desenvolvimento de uma camada intermediária para transpor a falta de garantias de atomicidade, consistência, isolamento e durabilidade (ACID), bem como, a carência de operações de conjunto, como uniões e junções, típicas dos bancos NoSQL. Já Kaur e Rani¹³ defendem o uso de sistemas políglotas, por isso, criam uma interface de comunicação integrando três bancos de dados de diferentes tipos. Um relacional (PostgreSQL) e dois NoSQL, sendo esses o MongoDB (orientado a documentos) e o Neo4j (orientado a grafos), a fim de segregar os dados entre os bancos e assim, explorar os benefícios de cada um.

Weis e Levy¹⁴ comentam que diversos sistemas PES possuem facilitadores para importação de dados que trazem agilidade para seus usuários. Contudo, o uso indiscriminado desses facilitadores pode ocasionar inconsistência de dados, ou até mesmo, colocar em risco a saúde do paciente. Os autores desenvolvem uma lista de melhores práticas para evitar esses riscos. Com a mesma preocupação na qualidade dos dados, Consolver¹⁵ indica cinco formas para minimizar registros duplicados de pacientes. As técnicas aplicadas em treze hospitais, reduzem em até 21% o número de registros em duplicidade e aumentaram a confiabilidade de seus dados. Neste mesmo sentido Tate et al.¹⁶ propõem pontuações de qualidade de dados para sistemas PES. Podem ser utilizadas para validar a qualidade das informações registradas para cada paciente e indicar se seus dados podem ou não ser utilizados em pesquisas.

Por fim, Sachdeva e Bhalla¹⁷ defendem que os sistemas PES devem ser padronizados, de forma que possam interoperabilidade semântica e assim, permitam a troca de dados entre diferentes organizações, mantendo os dados consistentes e íntegros. González-ferrer et al.¹⁸ defendem que os sistemas PES devem ser padronizados, de forma que possam interoperabilidade semântica e assim, permitam a troca de dados entre diferentes organizações, mantendo os dados consistentes e íntegros. González-ferrer et al.¹⁸ defendem que os sistemas PES devem ser padronizados, de forma que possam interoperabilidade semântica e assim, permitam a troca de dados entre diferentes organizações, mantendo os dados consistentes e íntegros. Gonzalez-ferrer et al.¹⁸ defendem que os sistemas PES devem ser padronizados, de forma que possam interoperabilidade semântica e assim, permitam a troca de dados entre diferentes organizações, mantendo os dados consistentes e íntegros. Gonzalez-ferrer et al.¹⁸ defendem que os sistemas PES devem ser padronizados, de forma que possam interoperabilidade semântica e assim, permitam a troca de dados entre diferentes organizações, mantendo os dados consistentes e íntegros.

Conclusão

Nesse trabalho, apresenta-se uma revisão sistemática da literatura atual no contexto de integridade de dados em sistemas de prontuários eletrônicos com o uso de bancos de dados NoSQL. É possível com esta revisão, demonstrar o atual e crescente interesse de pesquisas acadêmicas nesse contexto e discutir seus principais trabalhos.

Nota-se uma grande necessidade de aferir e melhorar a qualidade de dados em sistemas PES, com especial importância na integridade e interoperabilidade de dados entre esses sistemas. Devido as características do uso de dados provenientes de diversas fontes, estruturados e principalmente semiestruturados e do advento do uso de computação em nuvem, esses sistemas são fortes candidatos a se beneficiar das características de escalabilidade e flexibilidade que bancos de dados NoSQL propiciam. Diversos trabalhos demonstram o grande interesse e crescente uso desses bancos por esse tipo de sistema.

Outros trabalhos apresentam métodos para controle da integridade e qualidade de

dados em sistemas PES. Entretanto, não se encontram pesquisas que tratem diretamente formas de se garantir integridade de dados de sistemas PES que utilizam bancos de dados NoSQL, sendo um tópico propício para trabalhos futuros.

Referências

1. Goertzen R, Stausberg J. A grammar of integrity constraints in medical documentation systems. *Comput Methods Programs Biomed.* 2007;86:93–102.
2. Monda J, Keipeer J, Were MC. Data Integrity Module for Data Quality Assurance Within an e-Health System in Sub-Saharan Africa. *Telemed e-Health.* 2012;18(1):5–10.
3. Moore P, Qassem T, Xhafa F. “NoSQL” and Electronic Patient Record Systems: Opportunities and Challenges. 2014 Ninth Int Conf P2P, Parallel, Grid, Cloud Internet Comput [Internet]. 2014;300–7. Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=7024600>
4. Bowman S. Impact of electronic health record systems on information integrity: quality and safety implications. *Perspect Health Inf Manag [Internet].* 2013;10. Disponível em: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=3797550&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>
5. Kohn D. The Patient’s Role in Ensuring Legal EHR Data Integrity. *AHIMA.* 2011;5:54–5.
6. Ordonez C, García-García J. Referential Integrity Quality Metrics. *Decis Support Syst.* 2008;44(2):495–508.
7. Ward MJ, Froehle CM, Hart KW, Lindsell CJ. Operational data integrity during electronic health record implementation in the ED. *Am J Emerg Med [Internet].* 2013;31(7):1029–33. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23707000>
8. Lee KKY, Tang WC, Choi KS. Alternatives to relational database: Comparison of NoSQL and XML approaches for clinical data storage. *Comput Methods Programs Biomed [Internet].* 2013;110(1):99–109. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cmpb.2012.10.018>
9. Lin C-H, Huang L-C, Chou S-CT, Liu C-H, Cheng H-F, Chiang I-J. Temporal Event Tracing on Big Healthcare Data Analytics. 2014 IEEE Int Congr Big Data [Internet]. 2014;(M):281–7. Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=6906791>
10. Yang CY, Liu CT. Developing IHE-based PHR cloud systems. *Proc - Soc 2013.* 2013;1022–5.
11. Xhafa F, Qassem T, Moore P. Collaboration through Patient Data Access and Sharing in the Cloud. 2014 Int Conf Intell Netw Collab Syst [Internet]. 2014;205–12. Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=7057092>
12. Lan M, Samy L, Alshurafa N, Suh M-K, Ghasemzadeh H, Macabasco-O’Connell A, et al. WANDA: An End-to-End Remote Health Monitoring and Analytics System for Heart Failure Patients. *Proc Conf Wirel Heal - WH ’12 [Internet].* 2012;1–8. Disponível em: <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=2448096.2448105>
13. Kaur K, Rani R. Managing Data in Healthcare Information Systems : Many Models, One Solution. *Computer (Long Beach Calif).* 2015;48(3):52,59.
14. Weis JM, Levy PC. Copy, Paste, and Cloned Notes in Electronic Health Records. *CHEST J [Internet].* 2014;145:632. Disponível em: <http://journal.publications.chestnet.org/article.aspx?doi=10.1378/chest.13-0886>
15. Consolver P. 5 Ways To Minimize Duplicate Patient Records. *Healthcare Financial Management;* 2013. p. 28.
16. Tate AR, Williams T, Puri S, Beloff N, Van Staa T. Developing quality scores for electronic health records for clinical research. *Proc first Int Work Manag interoperability Complex Heal Syst - Mix ’11 [Internet].* 2011;35–41. Disponível em: <http://dl.acm.org/citation.cfm?doid=2064747.2064756>
17. Sachdeva S, Bhalla S. Semantic Interoperability in Standardized Electronic Health Record Databases. *J Data Inf Qual.* 2012;3(1):1–37.

18. González-ferrer A, Peleg M, Verhees B, Verlinden J. Data Integration for Clinical Decision Support Based on openEHR Archetypes and HL7 Virtual Medical Record. Process Support KnowledgeRepresentation Heal Care. 2013;71–84.

Contato

Autor correspondente:

Eluizio Barreto

email: eluizio@gmail.com

ANÁLISE DE SENTIMENTO PARA AVALIAR A ADERÊNCIA: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

SENTIMENT ANALYSIS TO ASSESS THE PATIENT'S ADHERENCE: A SYSTEMATIC REVIEW

EL ANÁLISIS DE SENTIMIENTOS PARA EVALUAR LA ADHERENCIA DEL PACIENTE: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA

Gabriel do Nascimento Ribeiro¹, Marcia Ito²

Master of Computing Engineering , Instituto de Pesquisas Tecnológica – IPT, São Paulo, SP, Brasil.

Research Staff Member, IBM Research Brasil – IBM-BRL, São Paulo, SP, Brasil

Abstract: Objective To conduct a systematic review of the use in sentiment analysis on social media to identify or assess patient's treatment adherence, and evaluate its application, benefits and future research. **Methods** A systematic review of the literature was carried out by identifying published articles on the main databases of computing and health-care. Search strings were built by combining keywords related to adherence, social media, data analysis and sentiment analysis. **Results** From a total of 709 articles screened, it wasn't possible to identify any study related to the objective. However, we could select 15 which presented some similarity degree and yet very heterogeneous, they were analyzed according to six dimensions: Adherence, Data Source, Psychology, Methods, Tools and Sentiment Analysis. **Conclusions** A strong agreement and trend can be observed on the potential use and importance of automatic techniques to collect and analyzed online patient data, especially related to assessment of adherence with sentiment analysis.

Descriptors: adherence; sentiment analysis; systematic review.

Introduction

Patient's treatment adherence continues to be a common problem in the healthcare today, leading to high rates of deaths and costs to providers. Despite decades of studies, the literature is still growing every year with many papers published trying to understand why a patient abandon its treatment, what can be done to prevent and assess possible non-adherence behavior and how to intervene when necessary.^{1,2} The strategies to address adherence remained the same until now. Theories and models from the health psychology fields were developed between 50's and 80's to explain human behavior,³ but today people lives and interacts in a new way. The assessments based on manual methods, such as interviews, questionnaires and surveys now can rely on new technologies. These changes are a unique opportunity to reformulate the problem and obtain better outcomes. Since adherence is strictly related to human behavior, and behavior, in turn, is directly reflected on how people uses online social medias,⁴ a huge source of raw data is ready to be collected and analyzed, seeking for traces of personality, sentiments and opinions. Many of the innovative studies of adherences are based on sensors or mobile.^{6,7} These approaches can automatically collect data from patients in their daily livings, monitor

objective and subjective⁸ variables and help to identify non-adherence behavior. Despite initial studies shows good results, problems related to costs, accuracy, ethic and privacy still need to be resolved.

Artificial intelligence can help in this task with sentiment analysis, a technique which can extract subjective information from textual data by utilizing text mining, machine learning and natural language processing. Analysis of social media and sentiment analysis have been studied for different purposes. So the goal of this work is to conduct a systematic review of the use in sentiment analysis on social media to identify or assess patient's treatment adherence, and evaluate its application, benefits and future research.

Method

This systematic review followed the methods outlined in Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis (PRISMA)⁹. The search strategy version of this systematic review was generated by combining keywords for patient's treatment adherence and for sentiment analysis. The search string ("*patient adherence*" OR "*treatment adherence*") AND "*sentiment analysis*" and others variations to include plurals and synonyms were performed in all selected data sources, and brought zero results in all of them. This naturally led to a questioning about: (1) effectiveness of the search strategy used: are the keywords not suitable to gather all the published related literature? And (2) feasibility of the objective of this systematic review: why there are not yet published material related to sentiment analysis and adherence? Is this research field not reasonable, and existing studies have failed? Or are the research community not aware of its potential?

Although such results initially suggests, probably as a misconception, that studies in the area doesn't exist, the authors believe that articles with any degree of similarity were already published in the literature, motivating this systematic review. Since additional efforts and deeper investigation are necessary to confirm this hypothesis, the search definition had to be reviewed, expanding the scope and selection criteria and aggregating similar fields and keywords, in the attempt to collect as many related paper as possible (and probably with lower precision and recall). The final search definition of this systematic review was elaborated by dividing the objective into four main areas: (1) patient's treatment adherence, (2) social media, source of most online patient's data analysis and sentiment analysis applications, (3) data analysis, because many researchers have a similar approach to sentiment analysis without explicitly using this term, and (4) sentiment analysis. The four main areas described earlier were used to generated several keyword (see Table 1), which then were combined into logical expressions with "OR" and "AND" operators to build different search strings. This approach, with several combinations of the areas, its keywords and search strings, allows the researcher to manually control the search granularity, adjusting it dynamically according to the results obtained and the scope, precision and recall desired. A total of 24 different search strings combining all the areas and keywords were built for this systematic review, and will not be described here due to space limitations.

Table 1 The four search definition areas and keywords

Area	Keyword
(1) patient's treatment adherence	"patient"
	"treatment"
	"adherence"
	"patient adherence"
	"treatment adherence"
(2) social medias	"social media"
	"social network"
	"data"
	"analysis"
(3) data analysis	"data analysis"
	"mining"
	"data mining"
	"text mining"
	"opinion mining"
(4) sentiment analysis	"sentiment analysis"

The searches were performed manually between April and May 2015 on the main articles databases for computing and healthcare, including ACM, IEEE, PubMed, PMC and ScienceDirect. Each article obtained were evaluated by its title, abstract and superficial content analysis in case of any doubt.

To be selected in this systematic review, articles have ideally to apply sentiment analysis in social media to identify or assess adherences. Since the scope had to be expanded to aggregate many similar studies as possible, we changed the selection criteria to select articles that belong to at least two of the four search definition areas described above. For example, articles which apply sentiment analysis in patient data but not related to social media and articles which used any other technique on online patient data in social media were selected to this systematic review. There is no publication date constraint, articles not in English were excluded and grey literature was not considered. The metadata extraction consisting of titles, abstracts, sources, publication dates and URLs was carried out automatically by using a Google Chrome's extension called Web Scraper.

Papers were selected by the selection criteria were full reviewed and analyzed. A standardized form were used to extract the relevant data, including reviewer's commentaries, category, tags, similarity degree and six dimensions: Adherence, Data Sources, Psychology, Methods, Tools and Sentiment Analysis. Due to the results of the first search definition in which the union of areas (1) and (4) brought zero results, the authors thought it may be interesting to analyze each area separately and then its unions. This task was carried out by performing the search strings on the selected data sources and collecting the results and publication dates. All the values were normalized according to the following formula:

$$\text{normalized data} = \frac{\text{data} - \text{minimum}}{\text{maximum} - \text{minimum}}$$

In the Figure 1, it's possible to analyze the rapid and constant growing of each area separately in the last 15 years, showing clearly that the research interest continues to increase over the years.

Some areas are a recent phenomena, like (2)/(3) data analysis in social media, due to Web 2.0 and (4) sentiment analysis, with the first study published in 2003 and less than 1000 articles published until 2010.

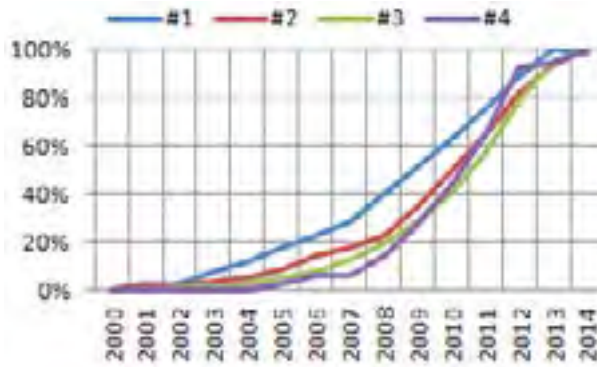


Figure 1 Distribution of articles by area from 2000 to 2014.

Results and Discussion

As a result of all searches performed, 709 articles were found and screened by its title, abstract and a superficial content analysis in case of doubt. According to the selection criteria, 672 articles were excluded and 37 were left to full text review, which revealed 4 duplicated articles, 12 articles which didn't met the selection criteria, 4 articles with access restriction and a total of 15 selected studies. A summary of the study selection flow can be observed in Figure 3:

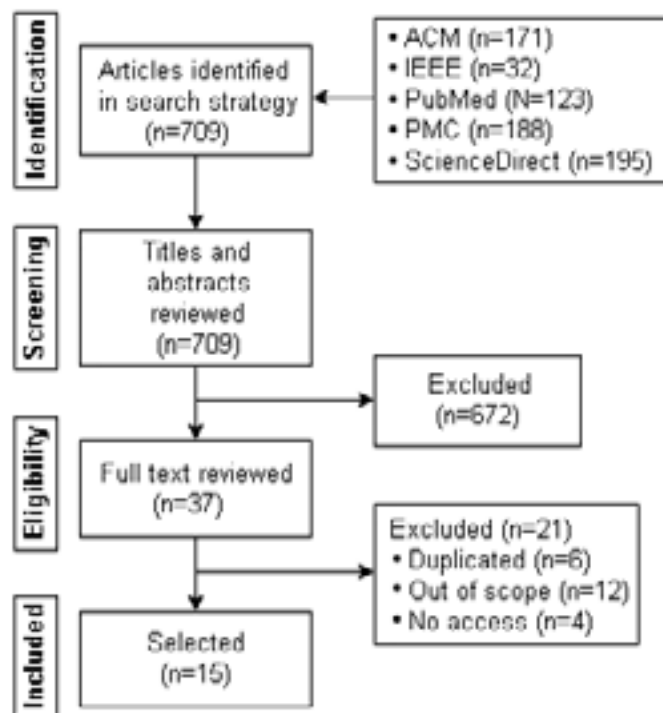


Figure 3 Study selection flow diagram.

The Figure 4 shows the trend of study selection publication date, with a high number of studies published in the last few years and growing exponentially.

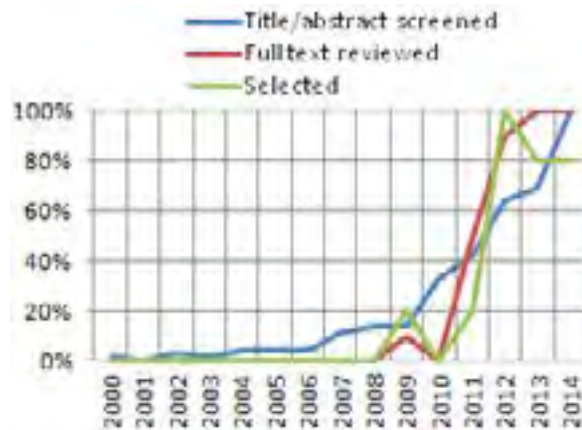


Figure 4 Distribution of study selection publication date

The full text review of the 15 articles selected showed a high heterogeneous content, hard to compare and analyze with traditional models and even to classify into categories. One suitable approach found was to analyze each article in different dimensions, as follows: (1) Adherence, (2), Data Sources, where the analyzed data comes from, (3) Psychology, because many adherence studies are based on models and frameworks from psychology, (4) Methods, the manual or automatic technique used, , (5) Tools, the software or strategy used to carry out the method and (6) Sentiment Analysis. A summary is presented in Table 2.

Adherence and Data Source

We could observe that the strategy used to identify or assess adherence is strictly related to where the patient data comes from. Thus, these dimensions were merged and classified into 5 subgroups: (1) Patient experience, (2) Health Big Data, (3) Information health in Social Medias, (4) Internet health information influence and (5) Doctor-patient interaction.

The (1) Patient experience subgroup contains all studies related to online commentaries, complains or opinions from patients about the treatment received from hospitals, including its infrastructure, medical staff or any other factor that matters to the patient perspective. The aim of the studies are to help in hospital management by automatically analyzing manual surveys and identifying common problems and opportunities. Alemi *et al*¹¹ and Greaves *et al*¹² used automatic techniques to identify the content and sentiment of online messages from patients about its experience in hospitals, collecting data from a doctor's rates and reviews website called Rate My MD (<http://ratemymd.com>) and data from the English National Health Service, respectively.

Subgroup (2) Health Big Data proposes a conceptual model of Cloud Computing and a Big Data for Health, containing big volume of patient heterogeneous data from different data sources, such as mobile, sensors, devices and internet. All this information then can be analyzed with any technique, algorithm or statistical model to gain insights about patient's life, behavior and adherence. Hsueh, Ramakrishnan and Chang¹³ leading to wastes of resources and increasing patient churn rates. In current practice, mitigating the risk of non-adherence cases is a labor-intensive task that requires additional efforts from healthcare professionals to handle on a case-by-case basis. Previous work has investigated into the possibility of modeling patient adherence behavior, but left questions about the accountability of such models in services. With the prevalence of mobile devices and maturing cloud-based service models, more patient data are fed to cloud services from a variety of sources (e.g., health records, surveys, sensors, embedded GPS modules proposed a risk mitigation cloud service fed with heterogeneous patient data from a variety of data sources that can construct statistical models of adherence and intervention need. Vicente *et al*¹⁴ proposes a conceptual reverse logistic model of Health Big Data with a cognitive computing in the

backend responsible to data analysis. Yang and Lai¹⁵ presented the concept of “peers” - patients facing the same self-care management problem in dealing with the same disease -, and proposed a conceptual system capable of identify personal adherence problems, analyze cluster peers and recommend suitable cures, all through a keyword-based analysis of information in Big Data.

The subgroup (3) Information health in Social Medias is related to the collect and analysis of online data about health in Social Medias, some popular and general-purpose such as Facebook and Twitter, and others specific to medical information change. The analysis of such data can be carried out with a variety of techniques and algorithms, and we are specially interested in those related to artificial intelligence and sentiment analysis, that can be used to automatically identify or asses, among others things, adherence and non-adherence behavior. Benton *et al*¹⁶ analyzed online medical message boards of several health websites with the objective to identify potential adverse drug effects related to breast cancer discussed by users and could find several documented and undocumented items. Jamison-Powell *et al*¹⁷ have collected and analyzed messages on Twitter about insomnia, and could concluded that people uses this social media to describe its coping and experience related to this disease. Mishra *et al*¹⁸ have collected and analyzed a large sample of anonymous internet conversation in several health websites regarding treatment of prostate cancer with active surveillance. Murnane and Counts¹⁹ had a similar approach from the first study, with the analysis of messages on Twitter but related to smoking cessation process. Park *et al*²⁰ focused on a celiac disease community on Facebook to gather information about the patient’s perspective of this disease. Ramagopalan, Wasiak and Cox²¹ used Twitter to investigate opinions about multiple sclerosis treatments.

The subgroup (4) Internet heath information influence is related to the patient behavior change that internet users demonstrate after seeking online information about health. Cobb, Mays and Graham²² didn’t aimed adherence, but analyzed how exposure to messages about the cessation drug varenicline affects smoker’s decision making around its use, on an online social media dedicated to smoking cessation and relapse prevention called QuitNet (<http://www.quitnet.com>). Weaver *et al*²³ compared personal and environmental determinants of internet users who report non-adherence behavior from their counterparts, using healthcare information obtained online.

The subgroup (5) Doctor-patient interaction analyzes how a good relationship and communication in medical consultations between doctor and patient can affect positively the treatment adherence. Howes, Purver and McCabe²⁴ have demonstrated in their study the feasibility of automatic prediction of adherence and therapy outcomes in schizophrenia through analysis of conversation topic between doctor-patient. Patterson *et al*²⁵ stated that patient education and counseling is a key factor in achieving and maintaining adherence, and thus developed an automatic system to detect, in clinical notes, text documentation of dietary counseling by physicians to gout patients.

Psychology

Adherence is strictly related to behavior, and many attempts to understand factors of non-adherence are based on conceptual frameworks and models found in the Psychology field. From the 15 articles selected to this systematic review, we could identify 3 which used human behavior’s theories to help in the task of automatically identify or assess adherence.

Hsueh, Ramakrishnan and Chang¹³ leading to wastes of resources and increasing patient churn rates. In current practice, mitigating the risk of non-adherence cases is a labor-intensive task that requires additional efforts from healthcare professionals to handle on a case-by-case basis. Previous work has investigated into the possibility of modeling patient adherence behavior, but left questions about the accountability of such models in services. With the prevalence of mobile devices and maturing cloud-based service models, more patient data are fed to cloud services from a variety of sources (e.g., health records, surveys, sensors, embedded GPS modules used three theories to model the patient behavior, divided in two categories. The first one views the user behavior as an outcome, with the assumption that the degree to which patients follow the recommended care is determined by a set of

predetermined factors. The Health Belief Model have been proposed to explain the relationship between beliefs and behavior, and the Decomposed Theory of Planned Behavior (DTPB) explains how patient behavior and the likelihood of adhering to recommended care plans are influenced by a set of behavioral intention-related attributes, such as attitude, subjective norm, and perceived behavior control. In the second category, the user behavior is view as a triggered action, and the Action Trigger Model can help providers to identify appropriate triggers to engage different types of users (e.g., users of different ability and motivation) who are at the different phases (e.g., awareness, motivation, and action) of behavioral change.

According to Murnane and Counts,¹⁹ recent studies establishes that a combination of personal, behavioral, and environmental factors influence why an individual sets a goal, performs positively or negatively during its pursuit, and ultimately reaches success or failure. Thus, the Transtheoretical Model (TTM) provides a conceptual framework to evaluate an individual's readiness to embark on such goal and to monitor progress through stages of behavior change.

Weaver *et al*²³ uses the Social Cognitive Theory (SCT), which posits a model of reciprocal causation in which environmental factors, personal factors, and behavior all operate as interacting determinants of each other.

Methods, Tools and Sentiment Analysis

Here we are concentrated on what methods were chosen to analyze the data and which tools were used to carry out this analyze, with a special attention to sentiment analysis. We could identify 5 common approaches: (1) Manual, (2) Statistical, (3) Supervised Learning, (4) Natural Language Processing and (5) Sentiment Analysis.

Alemi *et al*¹¹ and Greaves *et al*¹² adjusted, applied and compared the supervised learning algorithms Decision Trees, Bagging, Support Vector Machines and Naive Bayes from the WEKA software package to conduct sentiment analysis on patient's experience.

Benton *et al*¹⁶ aimed to identify potential adverse drug effects on a online medical message board, and analyzed all the data by applying statistical co-occurrence with the help of Natural Language Toolkit.

Cobb, Mays and Graham²² were trying to determine the impact of online messages on smoker's choice to use varenicline, and used the software Saliency Engine 4.1 to perform sentiment analysis with a keyword approach and a precoded dictionary.

Howes, Purver and McCabe,²⁴ to predict therapy outcomes using doctor-patient conversation topics, applied an unsupervised learning algorithm called Latent Dirichlet Allocation (LTA) present in MALLET toolkit and classified the results with Decision Trees and Support Vector Machines presents in WEKA.

Hsueh, Ramakrishnan and Chang¹³ leading to wastes of resources and increasing patient churn rates. In current practice, mitigating the risk of non-adherence cases is a labor-intensive task that requires additional efforts from healthcare professionals to handle on a case-by-case basis. Previous work has investigated into the possibility of modeling patient adherence behavior, but left questions about the accountability of such models in services. With the prevalence of mobile devices and maturing cloud-based service models, more patient data are fed to cloud services from a variety of sources (e.g., health records, surveys, sensors, embedded GPS modules proposes a theoretical model of risk mediation cloud service which constructs models of patient adherence through statistics modeling.

Jamison-Powell *et al*¹⁷ investigated insomnia on Twitter using with LIWC software to carry out a content analysis with character count, word class classification and word root type and a basic sentiment analysis.

Mishra *et al*¹⁸ aggregate, and analyze content from the world-wide-web for ICs centered on AS. Collection of ICs was not restricted to any specific geographic region of origin. NLP was used to evaluate content and perform a sentiment analysis. Conversations were scored as positive, negative, or neutral. A sentiment index (SI used the Wool Labs software to perform a sentiment analysis on online

conversation about active surveillance treatment. A machine learning approach with a internal data dictionary were used, and a sentiment index were calculated according to the numbers of positive and negative terms presents.

Murnane and Counts¹⁹ used a manual method to analyze Twitter messages about smoking cessation events with Amazon Mechanical Turks, classifying survival or relapse, online activity, social media and behavior change process.

Park *et al*²⁰ collected surveys from a celiac disease community on Facebook, and analyzed all the data manually looking for patient-reported outcomes.

Patterson *et al*²⁵ applied a Natural Language Processing pipeline based on UIMA software to collect provider counseling practices in clinical notes.

Ramagopalan, Wasiak and Cox²¹ collected data from Twitter regarding multiple sclerosis treatment's opinions, and performed sentiment analysis with Jeffrey Breen's code, calculating the difference of positive and negative terms in each message.

Vicente *et al*¹⁴ proposes a theoretical reverse logistic model of Health Big Data, where all the data analysis are carried out by a cognitive computing system in the background which should have understanding of natural language, and ability to learn through iterative feedback and to personalize its response according to each patient.

Weaver *et al*²³ used surveys to gather data about internet users who change its behavior after seeking online health information and analyzed the results without any automatic technique.

Yang and Lai¹⁵ developed a custom algorithm called iKeyword, where each keyword mimics a brain neuron, creating a media which characterizes patients and its similarity, according to the concept of "peers".

Table 2 Dimensions analysis of the selected articles

Article	Adherence	Data Sources	Psychology	Methods	Tools	Sentiment Analysis
ALEMI <i>et al</i> . ¹¹	Patient experience	Rate My MD	-	Decision Tree, Bagging, Support Vector Machine, Naive Bayes and Natural Language Processing	WEKA	Yes
BENTON <i>et al</i> . ¹⁶	Information health in Social Medias	Several health websites	-	Statistical co-occurrence	Natural Language Toolkit	No
COBB, MAYS and GRAHAM ²²	Internet heath information influence	QuitNet	-	Keyword, pre-coded dictionary	Saliency Engine 4.1	Yes
GREAVES <i>et al</i> . ¹²	Patient experience	English National Health Service	-	Decision Tree, Bagging, Support Vector Machine, Naive Bayes and Natural Language Processing	WEKA	Yes

HOWES, PURVER and MCCABE ²⁴	Doctor-patient interaction	Audio-visual consultation records	-	Latent Dirichlet Allocation, Decision Trees and Support Vector Machine	WEKA and MALLET	No
HSUEH, RAMAKRISHNAN and CHANG ¹³	Health Big Data	Cloud services	Health Belief Model, Decomposed Theory of Planned Behavior and Action Trigger Model	Statistical modeling	-	No
JAMISON-POWELL <i>et al.</i> ¹⁷	Information health in Social Medias	Twitter	-	-	LIWC	Yes
MISHRA <i>et al.</i> ¹⁸	Information health in Social Medias	Several health websites	-	Machine learning with internal dictionary	Wool Labs	Yes
MURNANE and COUNTS ¹⁹	Information health in Social Medias	Twitter	Transtheoretical Model	Manual	Amazon Mechanical Turk	No
PARK <i>et al.</i> ²⁰	Information health in Social Medias	Facebook	-	Survey	-	No
PATTERSON <i>et al.</i> ²⁵	Doctor-patient interaction	Clinical notes	-	Natural Language Processing	UIMA	No
RAMAGOPALAN, WASIAK and COX ²¹	Information health in Social Medias	Twitter	-	-	Jeffrey Breen	Yes
VICENTE <i>et al.</i> ¹⁴	Health Big Data	Health Big Data	-	Cognitive Computing	-	No
WEAVER <i>et al.</i> ²³	Internet health information influence	Survey	Social Cognitive Theory	Survey	-	No
YANG and LAI ¹⁵	Health Big Data	Big Data and mobile	-	Keyword analysis	iKeyword	No

Conclusion

The analysis of the selected studies showed many articles similar to an automatic system capable of crawl online patient data on social media, analyze such information and its sentiment associated and finally identify and assess non-adherence behavior for management and intervention purposes.

However, several notable differences exist that avoid the aforementioned idea to be a reality today and, which makes this topic totally new in the literature to the best of our knowledge. Despite the adherence approach and its five subgroups presented, most of the studies^{11,12,14,16-22,25} real-time surveys must be radically short. The shortest possible survey is a comment card. Patients' comments can be found online at sites organized for rating clinical care, within e-mails, in hospital complaint registries, or through simplified satisfaction surveys such as "Minute Survey." Sentiment analysis uses patterns among words to classify a comment into a complaint, or praise. It further classifies complaints into specific reasons for dissatisfaction, similar to broad categories found in longer surveys such as Consumer Assessment of Healthcare Providers and Systems. In this manner, sentiment analysis allows one to re-create responses to longer satisfaction surveys from a list of comments. To demonstrate, this article provides an analysis of sentiments expressed in 995 online comments made at the RateMDs.com Web site. We focused on pediatrician and obstetrician/gynecologist physicians in District of Columbia, Maryland, and Virginia. We were able to classify patients' reasons for dissatisfaction and the analysis provided information on how practices can improve their care. This article reports the accuracy of classifications of comments. Accuracy will improve as the number of comments received increases. In addition, we ranked physicians using the concept of time-to-next complaint. A time-between control chart was used to assess whether time-to-next complaint exceeded historical patterns and therefore suggested a departure from norms. These findings suggest that (1) don't aim directly the automatic identification of patient behavior for adherence management or intervention, yet clearly is possible to aggregate and adapt each of them in an adherence-driven way. Patients who are complaining publicly on internet about its bad past experience and patients who are discussing adverse effects of a certain drug or treatment option in a medical message board or Twitter are in the risk group of treatment abandon, and we can expand this group by analyzing medical-patient poor communications and investigate why users are seeking for online health information if they already have a treatment plan. All this model of adherence management fits in the model of Health Big Data, which contains important patient data from a variety of data sources to be analyzed. A common problem when applying any automatic technique, especially in the medicine field, is the validity of the results obtained. Studies struggle to confirm that the outputs reflect the reality and are not being affected by any noise or statistical issue. The use of models and frameworks from the psychology shows a driven way to apply such techniques, serving as a starting point and as a base for comparing and validating its efficacy. We can name, for instance, the study which collected several adverse drug effects from online patients discussions, most of them already documented in previous researches and a few with a high potential to be new undiscovered adverse effects. The methods to carry out the studies are another heterogeneous dimension. Some surveys analysis^{20,23} and manual methods¹⁹ leave a good opportunity to be substituted by automatic techniques related to artificial intelligence, especially sentiment analysis. We could notice most of the articles^{11,12,14,16,18,20,22,23} real-time surveys must be radically short. The shortest possible survey is a comment card. Patients' comments can be found online at sites organized for rating clinical care, within e-mails, in hospital complaint registries, or through simplified satisfaction surveys such as "Minute Survey." Sentiment analysis uses patterns among words to classify a comment into a complaint, or praise. It further classifies complaints into specific reasons for dissatisfaction, similar to broad categories found in longer surveys such as Consumer Assessment of Healthcare Providers and Systems. In this manner, sentiment analysis allows one to re-create responses to longer satisfaction surveys from a list of comments. To demonstrate, this article provides an analysis of sentiments expressed in 995 online comments made at the RateMDs.com Web site. We focused on pediatrician and obstetrician/gynecologist physicians in District of Columbia, Maryland, and Virginia. We were able to classify patients' reasons for dissatisfaction and the analysis provided information on how practices can improve their care. This article reports the accuracy of classifications of comments. Accuracy will improve as the number of comments received increases. In addition, we ranked physicians using the concept of time-to-next complaint. A time-between control chart was

used to assess whether time-to-next complaint exceeded historical patterns and therefore suggested a departure from norms. These findings suggest that (1 are more related to the healthcare field than computing science, where the authors are essentially medical doctors applying computing tools. It suggests that the computing community is not yet aware of all the practical application opportunities in the healthcare, while medical community are by themselves learning, applying and benefiting from computing. As consequence, we could observe the superficial level of computing in those studies. Outcomes could be improved if more accurate data pre-processing, parameters adjusting and training-sets were applied.

References

- [1] Mathes T, Jaschinski T, Pieper D. Adherence influencing factors – a systematic review of systematic reviews. *Arch Public Heal.* 2014;72(1):37.
- [2] Sapkota S, Brien J, Greenfield J, Aslani P. A Systematic Review of Interventions Addressing Adherence to Anti-Diabetic Medications in Patients with Type 2 Diabetes—Impact on Adherence. *PLoS One.* 2015;10(2):1-17. doi:10.1371/journal.pone.0118296.
- [3] Glanz K, Rimer BK, Viswanath K. *Health Behavior and Health Education: Theory, Research and Practice.* John Wiley & Sons; 2008. doi:10.1016/S0014-1606(49)81524-1.
- [4] Stoughton JW, Thompson LF, Meade AW. Big five personality traits reflected in job applicants' social media postings. *Cyberpsychol Behav Soc Netw.* 2013;16(11):800-806. doi:10.1089/cyber.2012.0163.
- [5] Bachrach Y, Kosinski M, Graepel T, Kohli P, Stillwell D. Personality and patterns of Facebook usage. *Proc 3rd Annu ACM Web Sci Conf.* 2012:24-32.
- [6] Mistry N, Keepanasseril a., Wilczynski NL, Nieuwlaat R, Ravall M, Haynes RB. Technology-mediated interventions for enhancing medication adherence. *J Am Med Informatics Assoc.* 2015. doi:10.1093/jamia/ocu047.
- [7] Varshney U. Mobile health: Four emerging themes of research. *Decis Support Syst.* 2014;66:20-16. doi:10.1016/j.dss.2014.06.001.
- [8] Glenn T, Monteith S. New Measures of Mental State and Behavior Based on Data Collected From Sensors, Smartphones, and the Internet. *Curr Psychiatry Rep.* 2014;16(12):1-10.
- [9] Prisma. [internet] [acesso em 2015 nov 25] Disponível em: <http://www.prisma-statement.org/>
- [10] Ji X, Chun SA, Geller J. Monitoring public health concerns using twitter sentiment classifications. *Proc - 2013 IEEE Int Conf Healthc Informatics, ICHI 2013.* 2013:145-344.
- [11] Alemi F, Torii M, Clementz L, Aron DC. Feasibility of real-time satisfaction surveys through automated analysis of patients' unstructured comments and sentiments. *Qual Manag Health Care.* 2012;21(1):9-19.
- [12] Greaves F, Ramirez-Cano D, Millett C, Darzi A, Donaldson L. Use of sentiment analysis for capturing patient experience from free-text comments posted online. *J Med Internet Res.* 2013;15(11):1-11.
- [13] Hsueh PY, Ramakrishnan S, Chang H. Risk mediation cloud service: Constructing statistical models of patient adherence for sustainable case management. *Annu SRII Glob Conf.* 2012:237-242.
- [14] Vicente S, Martin D, Vicente O, Doblaz M, Maynar M. Reverse logistic on health. *Proc 2014 Summer Simul Multiconference.* 2014;(59):1-7.
- [15] Yang YP, Lai TY. The development of a Patient Adherence Management System Applying Intelligent Keyword (PAMSIK) empowered by peer learning mechanism. *IEEE 14th Int Conf e-Health Networking, Appl Serv.* 2012:105-110.
- [16] Benton A, Ungar L, Hill S, et al. Identifying potential adverse effects using the web: A new approach to medical hypothesis generation. *J Biomed Inform.* 2011;44(6):989-996.

- [17] Jamison-Powell S, Linehan C, Daley L, Garbett A, Lawson S. “I can’t get no sleep”: discussing #insomnia on Twitter. *Proc SIGCHI Conf Hum Factors Comput Syst.* 2012:1501-1510.
- [18] Mishra M V, Bennett M, Vincent A, et al. Identifying barriers to patient acceptance of active surveillance: content analysis of online patient communications. *PLoS One.* 2013;8(9):1-7.
- [19] Murnane EL, Counts S. Unraveling abstinence and relapse: smoking cessation reflected in social media. *Proc 32Nd Annu ACM Conf Hum Factors Comput Syst.* 2014:1345-1164.
- [20] Park K, Harris M, Khavari N, Khosla C. Rationale for Using Social Media to Collect Patient-Reported Outcomes in Patients with Celiac Disease. *J Gastrointest Dig Syst.* 2014;4(1):1-5. Secured.
- [21] Ramagopalan S, Wasiak R, Cox AP. Using Twitter to investigate opinions about multiple sclerosis treatments: a descriptive, exploratory study. *F1000Research.* 2014:1-9.
- [22] Cobb NK, Mays D, Graham AL. Sentiment analysis to determine the impact of online messages on smokers’ choices to use varenicline. *J Natl Cancer Inst Monogr.* 2013;(47):224-230.
- [23] Weaver JB, Thompson NJ, Weaver SS, Hopkins GL. Healthcare non-adherence decisions and internet health information. *Comput Human Behav.* 2009;25(6):1373-1380.
- [24] Howes C, Purver M, McCabe R. Using Conversation Topics for Predicting Therapy Outcomes in Schizophrenia. *Biomed Inform Insights.* 2013;6:39-50.
- [25] Patterson O V., Kerr GS, Richards JS, et al. Identifying provider counseling practices using natural language processing: Gout example. *IEEE Second Conf Healthc Informatics, Imaging Syst Biol.* 2012:127.

Contato

Autor correspondente:

Gabriel Ribeiro

email: gribeiro@br.ibm.com

REFERATÓRIO SEMÂNTICO DE OBJETOS DE APRENDIZAGEM SOBRE DOENÇA RENAL CRÔNICA

Sidney Patrício R. Campos¹, Cecília N. A. P. Gomes² e Natasha C. Q. Lino¹

¹ Programa de Pós-Graduação em Informática (PPGI), Centro de Informática, Universidade Federal da Paraíba (UFPB), João Pessoa – PB, Brasil.

² Programa de Pós-Graduação em Modelos de Decisão e Saúde (PPGMDS), Universidade Federal da Paraíba (UFPB), João Pessoa – PB, Brasil.

Resumo: A falta de monitoramento dos indicadores da Doença Renal Crônica (DRC) aponta a necessidade de ações educativas capazes de inserir profissionais de Atenção Primária à Saúde (APS) na prevenção da doença. **Objetivo:** Desenvolver um referatório semântico de objetos de aprendizagem relacionados à DRC destinado para profissionais de APS. **Métodos:** Modelagem de uma ontologia e utilização do padrão *Resource Description Framework* (RDF) para representar informações sobre DRC e metadados de objetos de aprendizagem, respectivamente, de maneira legível e processável por máquinas. **Resultado:** Referatório capaz de evidenciar conceitos relacionados à DRC e de gerenciar e fornecer acesso à objetos de aprendizagem categorizados de acordo com estes conceitos e descritos por metadados. **Conclusão:** O fornecimento de sentido semântico para recursos digitais relacionados à saúde facilita a padronização, recuperação e compartilhamento de informações sobre um domínio particular da saúde e permite subsidiar um processo de autoaprendizagem suportado por Representação do Conhecimento e Raciocínio.

Palavras-chave: Educação em Saúde, Inteligência Artificial, Nefrologia.

Abstract: The lack of monitoring of the Chronic Kidney Disease (CKD) indicators by professionals of Primary Health Care (PHC) launched an alert to the need to create educational activities able to enter them in the disease prevention. **Goal:** Development of a semantic referatory of learning objects related to CKD aimed at PHC. **Methods:** Ontology modeling and use of *Resource Description Framework* (RDF) standard to represent, respectively, CKD information and metadata of learning objects, in a legible and machine processable way. **Results:** A referatory capable of making evident concepts related to CKD and manage and permit access to a learning objects collection categorized by these concepts and described by metadata that exposes their characteristics. **Conclusion:** Permitting semantic sense to digital resources related to health facilitates standardization, retrieval and sharing of information related to a particular health domain and allows support to a process of self-learning based on Knowledge Representation and Reasoning.

Keywords: Health Education, Artificial Intelligence, Nephrology.

Introdução

Qualquer área do conhecimento é um campo complexo de estudo que exige uma variedade de capacidades de seus profissionais. Na medicina, mais especificamente na subárea Nefrologia, por exemplo, a compreensão do modelo conceitual de iniciação e progressão da Doença Renal Crônica (DRC) e a capacidade de adoção de medidas nefroprotetoras em pacientes permitem inserir profissionais de Atenção Primária à Saúde (APS) na prevenção da DRC, oferecendo também grandes oportunidades de intervenção na progressão da doença quando o paciente se encontra nos estágios iniciais¹.

A necessidade de inserção de profissionais de APS na prevenção é resultante do fato do curso da Doença Renal Crônica (DRC) ser frequentemente assintomático², pelos menos até que atinja seu estágio avançado, e do cenário promovido pelos serviços de saúde que colocam o profissional de APS como o de primeiro contato de usuários que buscam estes serviços³.

O grande problema é que cada vez mais pacientes com DRC atingem o último estágio da doença, que provoca a falência funcional renal e a necessidade de Terapia de Substituição Renal (TRS), por exemplo, hemodiálise⁴. Entre outros fatores, a progressão da doença é decorrente da falta de monitoramento dos indicadores da DRC e consequente encaminhamento tardio de pacientes para o atendimento nefrológico, que é geralmente resultado da escassez de informações por parte dos profissionais de APS sobre a DRC³.

Portanto, alguns autores realizaram estudos com objetivo de especificar e descrever as informações sobre a DRC que são necessárias para a inclusão dos profissionais de APS na prevenção desta especialidade da Nefrologia¹⁻³.

Além disso, já existe uma série de materiais educacionais, relacionados a Doença Renal Crônica, armazenados em diferentes repositórios de renome na Web⁵. Chamados de objetos de aprendizagem⁶, estes materiais podem ser acessados por meio de URIs (*Uniform Resource Identifier*), estão disponíveis em diferentes formatos (vídeo, texto, apresentações em slide, etc.) e são associados a informações descritivas (metadados).

Objetos de aprendizagem e a especificação de informações sobre DRC integram iniciativas que visam a autoaprendizagem de profissionais de APS em relação ao diagnóstico, tratamento, indicadores da doença e medidas de prevenção.

Com a crescente adição de tecnologias da informação na área da saúde, o campo da educação médica foi beneficiado com diferentes abordagens educacionais capazes, por exemplo, de disponibilizar informações da área médica, simular experiências clínicas e promover a educação médica continuada⁷.

A Representação do Conhecimento, por sua vez, é uma subárea da Inteligência Artificial que permite atender as várias necessidades de um processo de aprendizagem subsidiado por tecnologias da informação⁸. Ontologia, por exemplo, é uma técnica de Representação do Conhecimento que permite a descrição de um domínio a partir de um vocabulário específico, de um conjunto de afirmações explícitas sobre o significado das palavras do vocabulário e da indicação de como este vocabulário está inter-relacionado⁹, tornando este domínio passível de processamento automático⁷.

Neste contexto, a Web Semântica¹⁰ fornece o padrão RDF¹¹ (*Resource Description Framework*), que é capaz de representar metadados no formato de sentenças sobre propriedades de recursos na Web, de maneira legível e processável por máquinas.

Em razão dos fatores apresentados, este trabalho tem como objetivo a criação de um referatório semântico de objetos de aprendizagem relacionados à Doença Renal Crônica. Um referatório é responsável por fornecer acesso a informações (metadados) que descrevem recursos disponíveis na Web e, conseqüentemente, referenciam os repositórios que detêm estes recursos. Pode ser considerado semântico quando gerencia informações passíveis de processamento automático.

Com uma interface web, a principal função do referatório proposto neste trabalho é apontar para (listar) objetos de aprendizagem sobre a DRC que estão dispersos em diferentes repositórios existentes na Web. Para isto, conta com uma base de conhecimento composta por metadados de cento e três (193) objetos de aprendizagem descritos no padrão RDF (é de responsabilidade dos metadados prover informações sobre a localização efetiva dos objetos). Além disso, é capaz de disponibilizar informações, estruturadas na ontologia desenvolvida no contexto deste trabalho, que evidenciam conceitos relacionados à DRC que são indispensáveis para que o profissional de APS conheça a definição e classificação da doença, consiga observar os indicadores e aplicar as medidas nefroprotetoras correspondentes em pacientes que eles assistem.

Métodos

Nesta seção, serão apresentados, respectivamente, os métodos utilizados para o desenvolvimento da ontologia do domínio da DRC, para gestão semântica de objetos de aprendizagem relacionados à DRC que são componentes de repositórios disponíveis na Web e para o desenvolvimento do referatório semântico de objetos de aprendizagem.

Desenvolvimento de uma ontologia do domínio da Doença Renal Crônica – Segundo autores da área da Nefrologia, os aspectos da DRC considerados fundamentais para que um profissional da APS tenha capacidade de perceber os indicadores da doença são definição, formas de diagnóstico, estágios, fatores de risco e medidas nefroprotetoras para cada estágio e fatores de risco abordados. No contexto deste trabalho, ontologia foi a técnica de representação do conhecimento escolhida para representar este subdomínio da DRC porque, além da possibilidade de descrever informações sobre a doença de forma padronizada, tornando-as passíveis de processamento automático por máquina e facilitando seu compartilhamento e reuso, a ontologia também permite a inferência sobre seu próprio conteúdo⁷.

Portanto, para prover informações relevantes à capacitação de profissionais de APS, a ontologia OntoEducaDRC, proposta neste trabalho, possui as seguintes questões de competência:

- O que é a DRC?
- Como detectar pacientes com DRC?
- Como se caracterizam os estágios da doença?
- Quais são os fatores de risco da DRC?
- Quais são as medidas nefroprotetoras indicadas para impedir a progressão da DRC sob a perspectiva de cada fator de risco e dos estágios da doença?

O processo de desenvolvimento da OntoEducaDRC foi baseado no método 101 proposto por Noy e Guinness¹². O estudo comparativo desenvolvido por Silva, Souza e Almeida¹³ permite a realização de uma análise acerca de um grupo de metodologias utilizadas para o desenvolvimento de ontologias. Entre metodologias que focam no ciclo de desenvolvimento, compreendendo atividades de gerenciamento, implementação e manutenção de ontologias, muitas mostram-se superficiais na elucidação dos passos para construção de ontologias, principalmente no que diz respeito a atividades e procedimentos envolvidos. Por sua vez, o método 101 dá uma ênfase maior para atividades de desenvolvimento, em especial para implementação da ontologia, expondo o que deve ser realizado em cada um dos sete passos do seu processo de modelagem com maior riqueza de detalhes. A seguir, os sete passos desta metodologia serão apresentados e relacionados com a construção da ontologia deste trabalho.

O passo um exige três informações específicas: “Qual o domínio, propósito e para que informações a ontologia deve fornecer respostas?”. O objetivo da ontologia proposta neste trabalho é representar um subdomínio da DRC, abordando a definição, formas de diagnóstico, estágios, fatores clínicos que afetam a DRC e medidas nefroprotetoras para cada estágio e fatores clínicos abordados. Desta forma, busca responder as questões de competência identificadas na fase de aquisição de conhecimento.

O passo dois chama atenção para a importância do reuso de ontologias que já foram desenvolvidas para representar o domínio especificado no passo anterior. Com onze mil termos, a *The Human Phenotype Ontology – HPO* proporciona um vocabulário padronizado para anormalidades fenotípicas encontradas nas doenças humanas⁷. Como a DRC é uma anormalidade do sistema urinário, mais especificamente do rim, a HPO representa a doença e os seus cinco estágios.

De forma similar, a DRC é representada pela *International Classification of Diseases, Version 10 - Clinical Modification - ICD10CM*, uma ontologia que permite a classificação de doenças dispostas em registros eletrônicos de saúde e o armazenamento e recuperação de informações de diagnóstico para fins clínicos⁷.

As ontologias HPO e ICD10CM restringem o dom6nio da DRC 6 sua definio e est6gios. E, como citado anteriormente, este trabalho busca representar e fornecer informa6es que abordam, al6m da definio da DRC e seus est6gios, formas de diagn6stico, fatores de risco e medidas nefroprotetoras para cada est6gio e fatores de risco abordados. Outra limitao est6 relacionada com o fato de que estas ontologias s6o totalmente descritas em ingl6s. Portanto, a OntoEducaDRC foi proposta para representar o recorte do dom6nio da DRC pretendido.

O passo tr6s e quatro prop6em a enumerao dos termos importantes da ontologia e a definio de classes e hierarquia de classes, respectivamente. Por6m, as classes isoladamente n6o fornecem subs6dios suficientes para responder 6s quest6es de compet6ncia do passo um. Uma vez que as classes s6o definidas, 6 necess6rio descrever a estrutura interna dos seus conceitos⁹, portanto, o passo cinco 6 reservado para a definio de propriedades das classes, e o passo seis para definir os valores das propriedades que, neste caso, s6o cadeias de caracteres.

De uma forma geral, pode-se afirmar que ap6s a definio do escopo e das quest6es de compet6ncia, axiomas do dom6nio da DRC, ou seja, sentenas ou preposi6es consideradas um consenso sobre o tema pelos profissionais da 6rea, foram selecionados a partir de fontes confi6veis de informao. Em seguida, as quest6es de compet6ncia foram utilizadas para selecionar, nos axiomas, termos relevantes do dom6nio. Estes termos, representados por ret6ngulos na Figura 1, foram transformados em classes da ontologia, e cada termo que conecta dois termos relevantes foi transformado em propriedade de objeto. Entende-se por propriedades de objeto (representadas por setas na Figura 1), aquelas que s6o respons6veis por conectar duas classes da ontologia¹⁴. Os termos que funcionavam como especializao dos termos convertidos em classes foram transformados em suas subclasses, por exemplo, Est6gio 1 6 uma especializao de Est6gios (vide Figura 2). Por fim, para garantir que a ontologia seria capaz de responder todas as quest6es de compet6ncia, foram definidas as propriedades de anotao para cada classe da ontologia, ou seja, propriedades usadas para adicionar metadados 6s classes¹⁴. Estas propriedades s6o determinadas de acordo com as informa6es que a ontologia tem que prover sobre o t6pico que a classe representa.

O 6ltimo passo do m6todo 101 defende a criao de inst6ncias individuais para classes da ontologia. Inst6ncia pode ser definida como um indiv6duo que 6 membro de uma classe ou, de uma forma simpl6ria, pode ser entendida como um caso ou exemplo⁹.

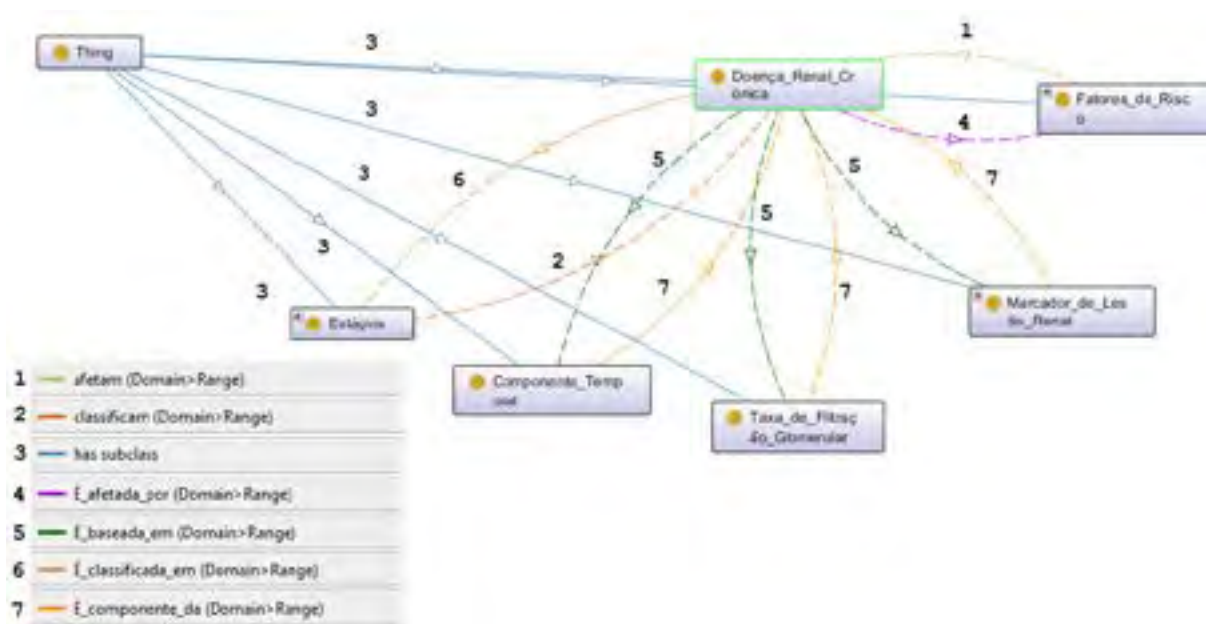


Figura 1: Vis6o geral da OntoEducaDRC a partir do visualizador gr6fico do Prot6g6

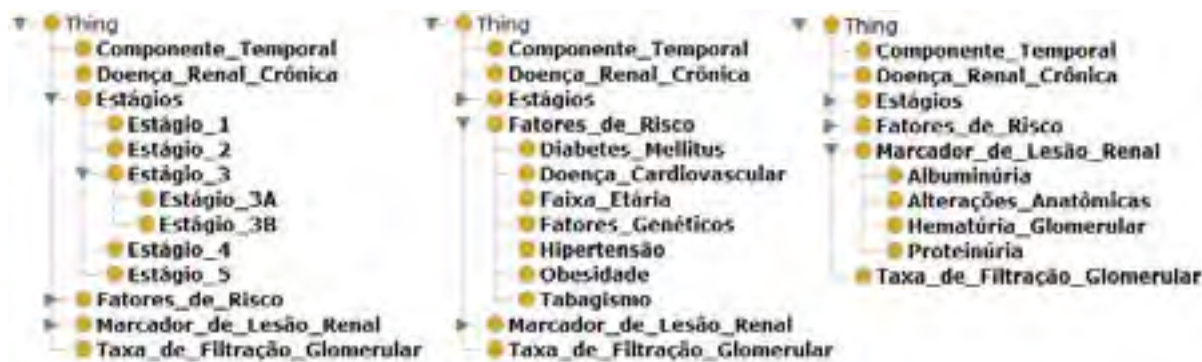


Figura 2: Taxonomia da OntoEducaDRC

Como a OntoEducaDRC é uma representação de um subdomínio da DRC e suas classes representam conceitos relativos a este domínio específico, este trabalho não fez uso de instâncias. Geralmente, as instâncias são aplicadas sob classes que descrevem conceitos genéricos. No caso da existência de uma ontologia de nível superior responsável por representar o domínio de doenças que acometem o corpo humano, a DRC seria um exemplo ou componente desse grupo de doenças e, dessa forma, faria sentido instanciar as classes da ontologia de nível superior com informações relacionadas à DRC.

Depois de estruturar conceitualmente a OntoEducaDRC, a conceituação foi formalizada na linguagem OWL¹⁵, através do editor de ontologias Protégé¹⁶. Entre os editores de ontologia existentes, o Protégé foi escolhido porque é a ferramenta adotada no processo de implementação proposto pelo método 101¹².

Gestão semântica de objetos de aprendizagem sobre Doença Renal Crônica – Para extração de objetos de aprendizagem cujo conteúdo intelectual aborda a Doença Renal Crônica, tornou-se necessário realizar o levantamento de repositórios de objetos de aprendizagem e, conseqüentemente, estabelecer algumas restrições para que, diante de diversas alternativas, fossem selecionados aqueles que retornam objetos de aprendizagem relevantes para o referatório desenvolvido neste trabalho.

O levantamento dos repositórios de objeto de aprendizagem foi facilitado pela divulgação de uma lista, realizada pelo grupo de pesquisa LATEC da Universidade Federal do Rio de Janeiro⁵, que engloba repositórios internacionais e nacionais.

Foram impostas quatro restrições aos repositórios da lista:

- Idioma: o repositório precisava conter objetos de aprendizagem com conteúdo intelectual descrito em português, porque o referatório proposto neste trabalho é direcionado para profissionais de APS do Brasil.
- Natureza: o repositório tinha que ser abrangente, contendo objetos de aprendizagem correspondente a diferentes áreas do conhecimento, ou específico para a autoaprendizagem de profissionais da saúde.
- Existência de metainformação relacionada aos objetos de aprendizagem.
- Capacidade de retornar objetos de aprendizagem relevantes sobre a DRC: a relevância do objeto de aprendizagem foi determinada pela presença do termo “Doença Renal Crônica” em pelo menos um de três atributos que compõem os metadados dos objetos, o Título, Resumo e Assunto.

Após a análise de todos os repositórios encontrados quanto à conformidade com as restrições, obteve-se um conjunto composto por seis repositórios que são as fontes dos cento e noventa e três objetos (193) de aprendizagem, relacionados à DRC, que compõem o referatório deste trabalho. É importante destacar que todos os repositórios selecionados seguem a política de acesso aberto, ou seja, disponibilizam o acesso às informações no meio digital para que qualquer pessoa possa ler, fazer download, copiar, distribuir, imprimir, pesquisar ou referenciar gratuitamente. Na Tabela 1, pode-se

visualizar cada repositório seguido do seu endereço eletrônico e número de objetos de aprendizagem relacionados à DRC retornados por ele.

Tabela 1: Fontes de objetos de aprendizagem relacionados à Doença Renal Crônica

Repositório de Objetos de Aprendizagem (Endereço Eletrônico)	Números de Objetos de Aprendizagem sobre DRC
Repositório Aberto da Universidade do Porto (http://repositorio-aberto.up.pt)	16
Repositório Científico do Instituto Politécnico de Viseu (http://repositorio.ipv.pt)	6
Repositório da Universidade de Lisboa (http://repositorio.ul.pt)	6
Acervo de Recursos Educacionais em Saúde (https://ares.unasus.gov.br/acervo)	93
Repositório Digital da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (http://www.lume.ufrgs.br)	32
Portal Domínio Público – Banco de Dados do Ministério da Educação (http://www.dominiopublico.gov.br)	40

Os repositórios selecionados neste trabalho disponibilizam metadados do padrão Dublin Core para descrever os objetos de aprendizagem de acordo com seu conteúdo, propriedade intelectual e características formais¹⁷. O grande problema é que, como toda informação vinculada pelos repositórios, os metadados estão especificados no interior de estruturas definidas por linguagens de marcação¹⁸, o que permite que mecanismos de busca identifiquem o conteúdo dos objetos de aprendizagem, mas não oferece sentido semântico e uma forma padronizada de acesso para diferentes tipos de aplicações.

Portanto, para fornecer ao referatório a capacidade de gerenciar objetos de aprendizagem relacionados à DRC, foi desenvolvida uma abordagem dividida em quatro etapas: extração, representação semântica, armazenamento e anotação semântica. Cada um desses passos está ilustrado na Figura 3.

A etapa de Extração está relacionada com a análise sintática da estrutura definida pela linguagem de marcação de cada repositório (por exemplo, HTML¹⁸), com o intuito de localizar, extrair e/ou manipular os metadados de objetos de aprendizagem presentes nas páginas. No contexto deste trabalho, foi utilizada a biblioteca Java *Jsoup*¹⁹ para esta função.

Sugerido no contexto da Web Semântica¹⁰, o RDF (*Resource Description Framework*) permite entender a descrição de objetos de aprendizagem, fornecida pelos metadados *Dublin Core*, para o formato de sentenças, que podem ser compreendidas como frases, passíveis de processamento automático por máquina, que tornam explícitas propriedades e relacionamentos de um objeto de aprendizagem.

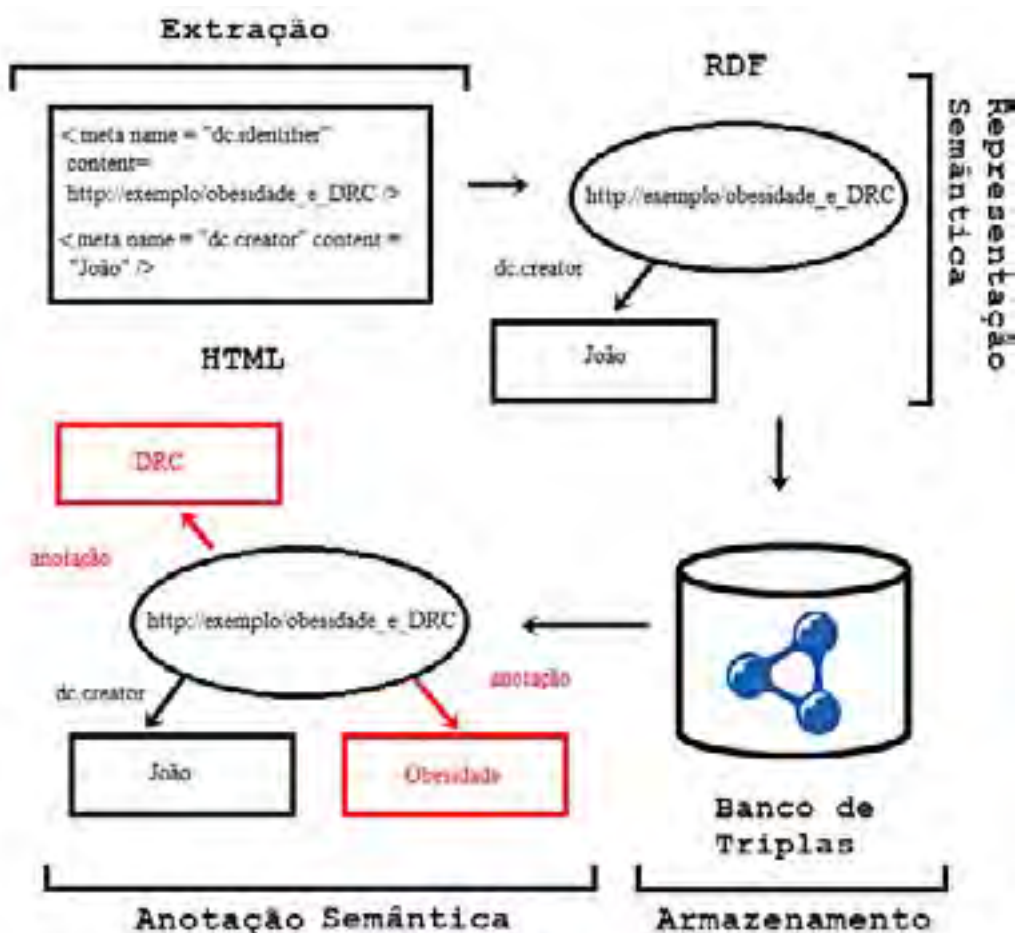


Figura 3: Gestão semântica de Objetos de Aprendizagem

Dessa forma, na etapa de Representação Semântica, o padrão RDF é utilizado para que, a partir de uma sequência de informações descritas pelos metadados do padrão *Dublin Core* sobre um determinado objeto de aprendizagem relacionado à DRC, se construa um modelo (grafo RDF) composto por um conjunto de sentenças processáveis por máquina que descrevem este objeto de aprendizagem. Cada sentença é composta por recurso (URI do objeto de aprendizagem em questão), propriedade (metadado *Dublin Core*) e valor (valor do metadado). Jena¹¹ é a API Java recomendada para a composição de modelos RDF e a utilizada neste trabalho.

Modelos (Grafos RDF), formados por um conjunto de sentenças (triplas) RDF, são armazenados em um banco de dados de triplas na etapa de Armazenamento. Um banco de dados de triplas é um *framework* usado para armazenar e consultar dados RDF²⁰, ou seja, fornece o armazenamento e acesso a informações padronizadas como sentenças semânticas passíveis de processamento automático. Considerando o contexto deste trabalho, a principal vantagem oferecida por um banco de triplas é a composição de uma base de conhecimento formal que fornece suporte para consultas sobre sentenças que descrevem semanticamente objetos de aprendizagem sobre a DRC dispostos em diferentes repositórios da Web. Tais consultas permitem encontrar um tipo específico de objeto de aprendizagem (por exemplo, vídeos educativos), localizar objetos de aprendizagem criados por um mesmo autor, etc. Além disso, como o padrão RDF promove a interoperabilidade por meio de uma forma padronizada de definição e utilização de sentenças sobre recursos da Web, a base de conhecimento composta por informações representadas em RDF é suscetível ao compartilhamento, manipulação e reuso por parte de diferentes *softwares* e métodos computacionais com propósitos educacionais. O acesso às triplas, dispostas em um banco de dados de triplas, é promovido por uma linguagem de consulta. No contexto

deste trabalho, foram utilizados o banco de dados de triplas *OpenLink Virtuoso*²¹ e a linguagem de consulta SPARQL²².

Como uma ontologia pode representar uma área do conhecimento a partir de um vocabulário estruturado e um conjunto de afirmações explícitas sobre o significado das palavras do vocabulário, anotações semânticas também podem ser utilizadas para descrever recursos disponíveis na Web (por exemplo, objetos de aprendizagem) com o vocabulário fornecido pela ontologia, com a finalidade de classificar o conteúdo destes recursos de uma forma explícita e compreensível para que máquinas possam inferir informações sobre os mesmos⁷⁻⁹.

Como os repositórios de onde advém estes objetos de aprendizagem são de natureza multidisciplinar, tornou-se perceptível a pouca expressividade na classificação do conteúdo dos objetos, sendo necessário categoriza-los de acordo com tópicos mais específicos do domínio da DRC, que foram modelados na ontologia OntoEducaDRC. Portanto, na etapa de Anotação Semântica, quando um termo relevante ao domínio modelado na OntoEducaDRC é identificado no título, resumo ou assunto de um objeto de aprendizagem significa que o objeto é relevante para o tema que o termo representa e, portanto, deve ser relacionado ao termo a partir de uma tripla RDF destinada à anotação.

Dessa forma, foi possível organizar todas as informações de objetos de aprendizagem sobre a DRC, que estão dispostos nos seis repositórios selecionados no contexto desta pesquisa, de uma forma padronizada para o acesso automático por parte do referatório.

Desenvolvimento do referatório semântico de objetos de aprendizagem – Do ponto de vista da aplicação, optou-se por uma interface Web para coletar a entrada do usuário. A interface é criada a partir do *framework* Flex²³. A característica mais interessante deste *framework*, para o contexto deste trabalho, é a capacidade de fornecer a interação entre a interface Web e a infraestrutura Java composta por uma série de bibliotecas (*Jena*, *OWL API*, *JSoup*).

Resultados e discussão

O referatório, resultante deste trabalho, suporta pesquisa baseada em texto livre (vide Figura 4). As informações fornecidas pelo referatório tem conteúdo relacionado com a DRC e consistem em metadados de objetos de aprendizagem e conceitos gerais do domínio. Os metadados de objetos de aprendizagem estão armazenados em um banco de dados de triplas e os conceitos gerais estão modelados em uma ontologia de domínio, que também fornece definições e conceitos inter-relacionados.

Dessa forma, para prover informações para um profissional de APS, o referatório realiza o processamento de uma consulta realizada pelo profissional de APS, e faz inferências na ontologia OntoEducaDRC e consultas no banco de dados de triplas.

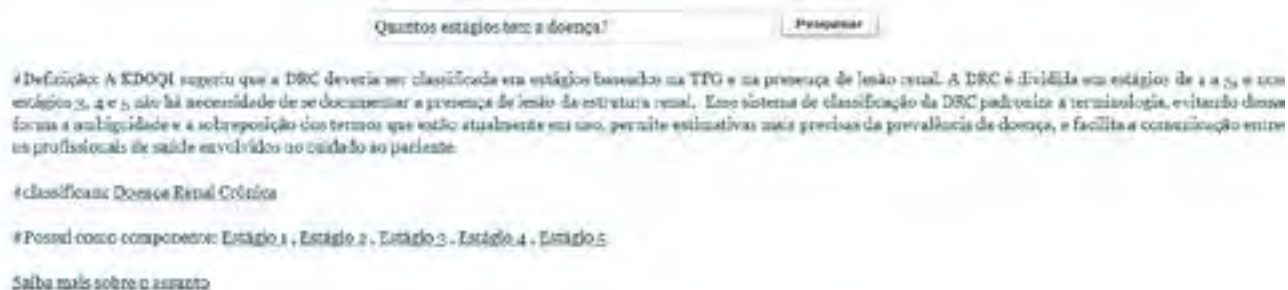


Figura 4: Visão de uma consulta com resultados relevantes

O texto inserido pelo usuário é processado com o intuito de identificar palavras-chave do domínio da DRC. Para isto, uma inferência é realizada na ontologia com a finalidade de encontrar, entre os conceitos descritos por este modelo de representação do conhecimento, conceitos equivalentes às palavras que constam na consulta, para recuperar definições (propriedades de anotação) e conceitos inter-relacionados (propriedades de objeto). Por fim, uma consulta é realizada no banco de dados de triplas com o intuito de encontrar modelos RDF de objetos de aprendizagem anotados com os conceitos identificados na ontologia. Por exemplo, dentre as palavras que compõe a consulta “Quantos estágios tem a doença?”, o conceito “estágios” está modelado na ontologia OntoEducaDRC, bem como suas especializações (por exemplo, “estágio 1”). Dessa forma, é possível recuperar definições sobre “estágios” no contexto da DRC, representadas na ontologia, e conceitos relacionados. Cada conceito relacionado é disponibilizado, na interface, na forma de um link que, ao ser clicado, fornece mais informações sobre o conceito. Também é possível realizar uma consulta no banco de triplas para recuperar objetos de aprendizagem anotados com o conceito “estágios” (vide Figura 5).

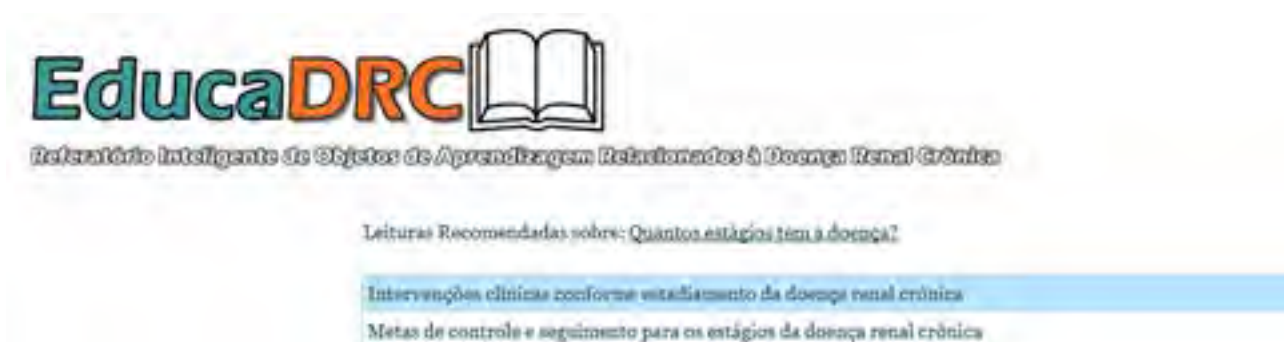


Figura 5: Lista de objetos de aprendizagem retornados em uma consulta.

Um dos problemas associados à estrutura do referatório é a forma de consulta. Como a consulta é livre, ou seja, o profissional pode compor a sentença com termos ou expressões escolhidas por ele, estes termos ou expressões podem não estar representados na OntoEducaDRC, o que impossibilita a ontologia de prover informações acerca da consulta. Quando a ontologia não é capaz de fornecer respostas para uma consulta, o profissional de APS recebe todas as informações representadas na OntoEducaDRC sobre o conceito “Doença Renal Crônica” (o que inclui definições e conceitos inter-relacionados) e os metadados de objetos de aprendizagem anotados semanticamente com este conceito. Dessa forma, para encontrar respostas especificamente para a consulta que realizou, o profissional de APS terá que realizar uma análise manual dos metadados de objetos de aprendizagem retornados. Este processo é semelhante ao que acontece em todos os repositórios investigados por este trabalho e outros engenhos de busca que transferem para o usuário a responsabilidade de avaliar se um determinado recurso retornado em uma pesquisa é relevante para seus propósitos.

Outro problema está relacionado com a recuperação de objetos de aprendizagem. Baseado em anotações semânticas definidas pelo conteúdo de metadados, o processo de recuperação pode ser prejudicado pela ausência de objetos relevantes e a presença de objetos irrelevantes, principalmente, pela associação de metadados a informações incompletas ou tendenciosas.

Em relação ao processo de validação, o referatório foi avaliado pela capacidade de fornecer respostas para perguntas criadas por profissionais de APS e submetidas ao programa Telessaúde Brasil Redes²⁴. Adicionalmente, o modelo conceitual da ontologia e o processo de anotação semântica de objetos de aprendizagem foram aprovados por médicos nefrologistas.

Conclusão

O referatório semântico de objetos de aprendizagem relacionados à DRC contribui em três aspectos principais: computacional, educacional e da saúde.

Em relação ao aspecto computacional, o referatório propõe uma arquitetura semântica capaz de interagir e criar relações entre conceitos existentes em uma ontologia e um banco de dados de triplas RDF. Quanto ao aspecto educacional, consegue estruturar informações sobre um domínio para subsidiar um processo de autoaprendizagem suportado por Representação do Conhecimento e Raciocínio. Também centraliza e fornece visibilidade para objetos de aprendizagem que estão dispersos em diferentes repositórios existentes na Web, por meio de raciocínio semântico. No âmbito da saúde, fornece boas possibilidades para que o profissional de APS possa aprimorar seus conhecimentos sobre a DRC, orientando na definição e classificação da doença e capacitando na identificação de indicadores e aplicação de medidas nefroprotetoras correspondentes.

As principais perspectivas futuras desta pesquisa são disponibilizar o referatório para acesso na Web e transformar a fonte de dados RDF, que prover informações sobre objetos de aprendizagem relacionados à DRC, em um *dataset* (conjunto de dados) da nuvem *Linked Data*²⁵.

Referências

- [1] Bastos MG, Kirsztajn GM, Mastroianni. Doença renal crônica: importância do diagnóstico precoce, encaminhamento imediato e abordagem interdisciplinar estruturada para melhora do desfecho em pacientes ainda não submetidos à diálise. *J Bras Nefrol.* 2011;33(1):93-108.
- [2] National Kidney Foundation. KDOQI clinical practice guidelines for chronic kidney disease: evaluation, classification and stratification. *Am J Kidney Dis.* 2002 Feb;39(2 Suppl 1):1-266.
- [3] Bastos RMR, Bastos MG, Teixeira MTB. A Doença Renal Crônica e os desafios da Atenção Primária à Saúde na sua detecção precoce. *Revista APS.* 2007;10(1):46-55.
- [4] Sociedade Brasileira de Nefrologia. Censo de Diálise 2013. 2013 Mai [cited 2015 jan 05]. Available from: http://www.sbn.org.br/pdf/censo_2013-14-05.pdf
- [5] Laboratório de Pesquisa em Tecnologias da Informação e da Comunicação – LATEC. Lista de Repositórios e Referatórios de Objetos de Aprendizagem. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro; [citado 2015 fev 16]. Disponível em: <http://www.educaonline.latec.ufrj.br/multimidia/261-lista-de-repositórios-e-referatórios-de-objetos-de-aprendizagem>
- [6] Trindade CS, Dahmer A, Reppold CT. Objetos de Aprendizagem: Uma Revisão Integrativa na Área da Saúde. *J. Health Inform.* 2014; 6(1): 20-9.
- [7] Mota MRA, Lino NCQ, Campos SPR, Tavares EA. Um Mapeamento Sistemático sobre o Uso de Ontologias em Informática Médica. In: *Anais do XIV Congresso Brasileiro de Informática em Saúde – CBIS; 2014 Dez 7-10; Santos. SP.*
- [8] Russel S, Norving P. *Artificial Intelligence: A Modern Approach.* 3rd ed. New Jersey: Prentice-Hall; 2010.
- [9] Breitman K. *Web Semântica: a Internet do Futuro.* Rio de Janeiro: Editora LTC – Livros Técnicos e Científicos Ltda; 2005.
- [10] Berners-Lee T, Hendler J, Lassila O. The semantic web. *Scientific American Magazine.* 2001 May; 284(5):34-43.
- [11] World Wide Web Consortium – W3C. Resource Description Framework (RDF). 2014 Feb [cited 2015 nov 16]. Available from: <http://www.w3.org/RDF>
- [12] Noy N, Guinness D. *Ontology Development 101: A Guide to Creating Your First Ontology.* Stanford University, California; 2001. [cited 2014 jun 16]. Available from: http://protege.stanford.edu/publications/ontology_development/ontology101.pdf

- [13] Silva DL, Souza RR, Almeida MB. Ontologias e vocabulários controlados: comparação de metodologias para construção. *Ci. Inf.* 2008;37(3):60-75.
- [14] Chandrasekaran B, Josephson JR, Benjamins VR. What Are Ontologies, and Why Do We Need Them?. *IEEE Intelligent Systems.* 1999 Jan; 14(1):20-26.
- [15] World Wide Web Consortium. OWL Web Ontology Language Overview. 2004 Feb [cited 2014 jan 08]. Available from: <http://www.w3.org/TR/owl-features/>
- [16] Gonçalves R, Hardi J, Horridge M, Musen, et al. Protégé - A free, open-source ontology editor and framework for building intelligent systems. Stanford University, California; [cited 2015 feb 04]. Available from: <http://protege.stanford.edu/>
- [17] Souza MIF, Vendrusculo LG, Melo GC. Metadados para a descrição de recursos de informação eletrônica: utilização do padrão Dublin Core. *Ci. Inf.* 2000; 29(1):93-102.
- [18] Lei Z. Metadata and Domain-Specific Markup Languages in Knowledge Representation in Digital Libraries. *Library and Information Service.* 2002;10(1):14-22.
- [19] Hedley J. Jsoup: Java HTML Parser. 2009 [cited 2015 apr 01]. Available from:<http://jsoup.org/>
- [20] Rohloff K, Dean M, Emmons I, Ryder D, Sumner J. An Evaluation of Triple-Store Technologies for Large Data Stores. In: Meersman R, Tari Z, Herrero P, editors. *On the Move to Meaningful Internet Systems.* Portugal: Springer Berlin Heidelberg; 2007. p. 1105-1114.
- [21] OpenLink Software. Virtuoso Universal Server. [cited 2015 sep 14]. Available from: <http://virtuoso.openlinksw.com>
- [22] World Wide Web Consortium – W3C. SPARQL Query Language for RDF. 2008 Jan [cited 2015 sep 19]. Available from: <http://www.w3.org/TR/rdf-sparql-query/>
- [23] Apache Software Foundation. Apache Flex. [cited 2015 sep 09]. Available from: <http://flex.apache.org/index.html>
- [24] Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Manual de Telessaúde para Atenção Básica / Atenção Primária à Saúde. Série A. Normas e Manuais Técnicos. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. – Brasília (DF): Ministério da Saúde; 2012.
- [25] Bizer C, Heath T, Idehen K, Berners-Lee T. Linked data on the web (LDOW2008). In: *Proceedings of the 17th international conference on World Wide Web*; 2008; New York. USA

Contato

Sidney Patrício Reinaldo Campos.
Mestre em Informática pelo Programa de Pós-Graduação em Informática - PPGI, Centro de Informática, Universidade Federal da Paraíba - UFPB, João Pessoa – PB, Brasil.
E-mail: sidneypatrezo@di.ufpb.br

ELECTRONIC HEALTH RECORDS STORAGE: A SYSTEMATIC REVIEW

José Ferreira de Souza Filho¹, Sergio T. Carvalho¹, Juliana Pereira de Souza-Zinader¹

¹Instituto de Informática (INF), Universidade Federal de Goiás (UFG), Brasil

Abstract: Objective: This systematic review aims to identify how data storage has been achieved in Electronic Health Record (EHR) systems. **Methods:** Following meta-analysis systematic review methodology, the authors reviewed papers published between 2000 and 2015 in PubMed, IEEE and ScienceDirect databases, which describes the storage of EHRs. Additionally, an inductive content analysis was performed to summarize the steps and methodologies followed in order to build EHR systems. **Results:** 633 articles were screened, 79 were selected for the full review and 32 have been elected for final review. These articles elected were analyzed to extract relevant information about EHR storage. It has been noticed through the reviewed articles that there is no standard and common way adopted for EHR storage. **Conclusion:** There is little available information about EHR storage, suggesting opportunities in the sense of design a methodology for best practices for EHR storage and retrieval.

Keywords: Eletronic Health Record, Information Storage and Retrieval.

Resumo: Objetivo: Esta revisão sistemática tem como objetivo identificar como o armazenamento de dados tem sido realizado em sistemas de RES (Registro Eletrônico de Saúde). **Métodos:** Seguindo a metodologia de revisão sistemática com meta-análise, os autores revisaram artigos publicados entre 2000 e 2015 nas bases de dados PubMed, IEEE e ScienceDirect, que descrevem o armazenamento de RES. Além disso, uma análise de conteúdo indutivo foi realizada para sumarizar os passos e metodologias seguidos a fim de construir sistemas de RES. **Resultados:** 633 artigos foram selecionados inicialmente, 79 foram selecionados para a análise completa e 32 foram eleitos para revisão final. Estes artigos eleitos foram analisados para extrair informações relevantes sobre armazenamento de RES. Foi observado, por meio dos artigos revisados, de que não há nenhuma maneira padrão e comum adotada para o armazenamento de RES. **Conclusão:** Há pouca informação disponível sobre armazenamento de RES, sugerindo oportunidades no sentido de se conceber uma metodologia de boas práticas para o armazenamento e a recuperação de RES.

Palavras-chave: Registros Eletrônicos de Saúde, Armazenamento e Recuperação da Informação.

Introduction

The Electronic Health Record (EHR) is an evolving concept, which has been the subject of many researches, models and specifications, for example, openEHR (www.openehr.org) and ISO 13606¹.

From the technical perspective, the two-level modeling approach is gaining relevance to develop EHR systems². This architecture proposes a separate definition on two modeling levels: information and knowledge. The information level is provided by the reference model and represents the generic clinical data structures. The knowledge level is provided in the form of archetypes and templates, which defines specific representations and meanings of those data structures. Archetypes define clinical concepts and are usually built by domain experts. They are deployed at runtime via templates that specify particular groups of archetypes to use for a particular purpose, often corresponding to a screen form. Figure 1 presents the structure of such model.

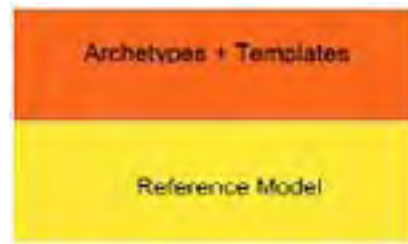


Figure 1- Two-level modeling structure.

The first level mostly referred as information level or reference model (RM) defines the entities and properties that are not likely to change over time. This model must be generic enough to avoid modifications for supporting new characteristics or requirements from a clinical domain perspective.

The RM entities are the basic building blocks for the conceptual level. The archetype model (AM) allows defining clinical information models by constraining specific data structures of the RM, to support specific clinical use cases. Such definitions are called archetypes. Archetypes define the maximum data schema of a clinical concept. To attach a formal specification of the meaning of archetypes, they can be linked to clinical terminologies. This makes archetypes a powerful mechanism to define information structures with attached meaning that support semantic interoperability among systems. This fact changes the way health information systems are developed. Domain experts define the structure and element types of the domain concepts (making it possible to create new concepts or update the current ones), while the system developers are just concerned about creating instances that represent the data according to the RM and the archetypes and creating user interfaces for the templates³. The ISO 13606 series of standards follows a similar approach, but it is based on a different RM^{1,4}.

EHR systems using either openEHR or ISO 13606 need to efficiently store and retrieve archetype-based patient information, which it is not straightforward^{5,6,7}. Although, archetype storage and retrieval is a challenge, there is very little available information of how the storage issue is addressed.

This systematic review aims to identify the trends used for EHR storage (also known as EHR persistence) in the researches published between January 2000 and September 2015. In particular, a systematic review and an inductive content analysis have been performed in order to learn about EHR storage and experiences in building medical systems. The question being addressed in this study is whether an emergent consensus (good practice) strategy for EHR storage exists, taking into account approaches that use ISO 13606 or openEHR approach, and, therefore, if it is possible to propose a common or unified storage approach.

The remaining sections of this paper are organized as follows. The second section describes the materials and methods used to define the systematic review protocol. The third section shows the results of our systematic review. The fourth section, in turn, presents a discussion about the results. Finally, the last section presents final considerations.

Methods and Materials

In order to perform this systematic review we defined a systematic review protocol containing the eligibility criteria, the exclusion criteria and terms that we would be observing following a systematic review methodology⁸. The eligibility criteria were:

- Papers with any of the following terms in their title or abstract: “electronic health records”, “Health Information Systems”, “EHR”, “electronic medical records”, “Health Information Systems”.
- Papers with the terms “storage” or “persistence”.

- Papers published between “2000/01/01” and ”2015/09/30”.

When deciding on the search criteria, we preferred to have a broad scope focused on storage of EHRs, rather than searching for each of the specific EHR mechanisms that could be applied for storage, such as relational database, NoSQL, XML databases. We have performed the search in PubMed¹, IEEE Xplore² and ScienceDirect³ databases.

Figure 2 shows the structure of the search performed according to the previously defined search criteria.

```
(
  "electronic health records" OR "Health Information Systems" OR "EHR" OR
  "electronic medical records" OR "Health Information Systems"
)
AND
(
  "storage" OR "persistence"
)
AND ("2000/01/01":"2015/09/30")
```

Figure 2- Search terms used to perform the systematic review.

With the results of the search performed on the selected databases, a two-phase procedure was adopted for the systematic review. In phase 1, also known as screening, the title and abstract have been reviewed. The following exclusion criteria were adopted:

- Short Papers.
- Any paper that does not follow neither openEHR nor the closely related ISO 13606 standard.
- Articles not related with storage somehow (Interoperability, Security, Privacy).

In cases where limited information was available in the titles and abstracts, the papers were accepted for full review. In phase 2 (full review), we reviewed the paper thoroughly. The objective in this step was two-fold: to reject those papers that did not fit the purpose of this systematic review and, from only those papers that were finally accepted, to extract a set of data items and indicators to perform further analysis.

Results

As a result of the search, 633 papers were found, 20 of which were duplicates. In total 613 papers titles and abstracts were screened, and 79 of them were selected for full review, after which it was determined that only 32 papers contained relevant data for the objectives of this research. The summary of this systematic review process is presented in Figure 3.

Figure 4 shows the publication date distribution of the selected papers. Note that 2015 only included the period between January and September of that year.

1 <http://www.pubmed.gov>

2 <http://ieeexplore.ieee.org>

3 <http://www.sciencedirect.com>

None of the papers addressed the storage of EHR solutions directly and we tried to identify how storage is being achieved in each one of the papers. Some of them are using relational data model approach^{9,10,11,12}, although most of them do not detail the storage mechanism^{13,6,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25}. Other storage data model are XML²⁶, Data Warehouse²⁷ and NoSQL databases^{7,28,29}.

Most of the researches and EHR systems developed today use some kind of standard, mostly openEHR or ISO 13606. With these standards come a lot of architecture definitions, such as Clinical Document Architecture (CDA)³⁰, which is an exchange standard and does not define the persistence storage requirements for CDA documents. There is not yet any finalized openEHR specification of service interface to aid application developers in creating, accessing, and the storing the EHR content²⁹. Although storage of EHR records has not being the subject of many researches, effective storage of electronic healthcare record is the key for statistics, analysis and further use²⁸.

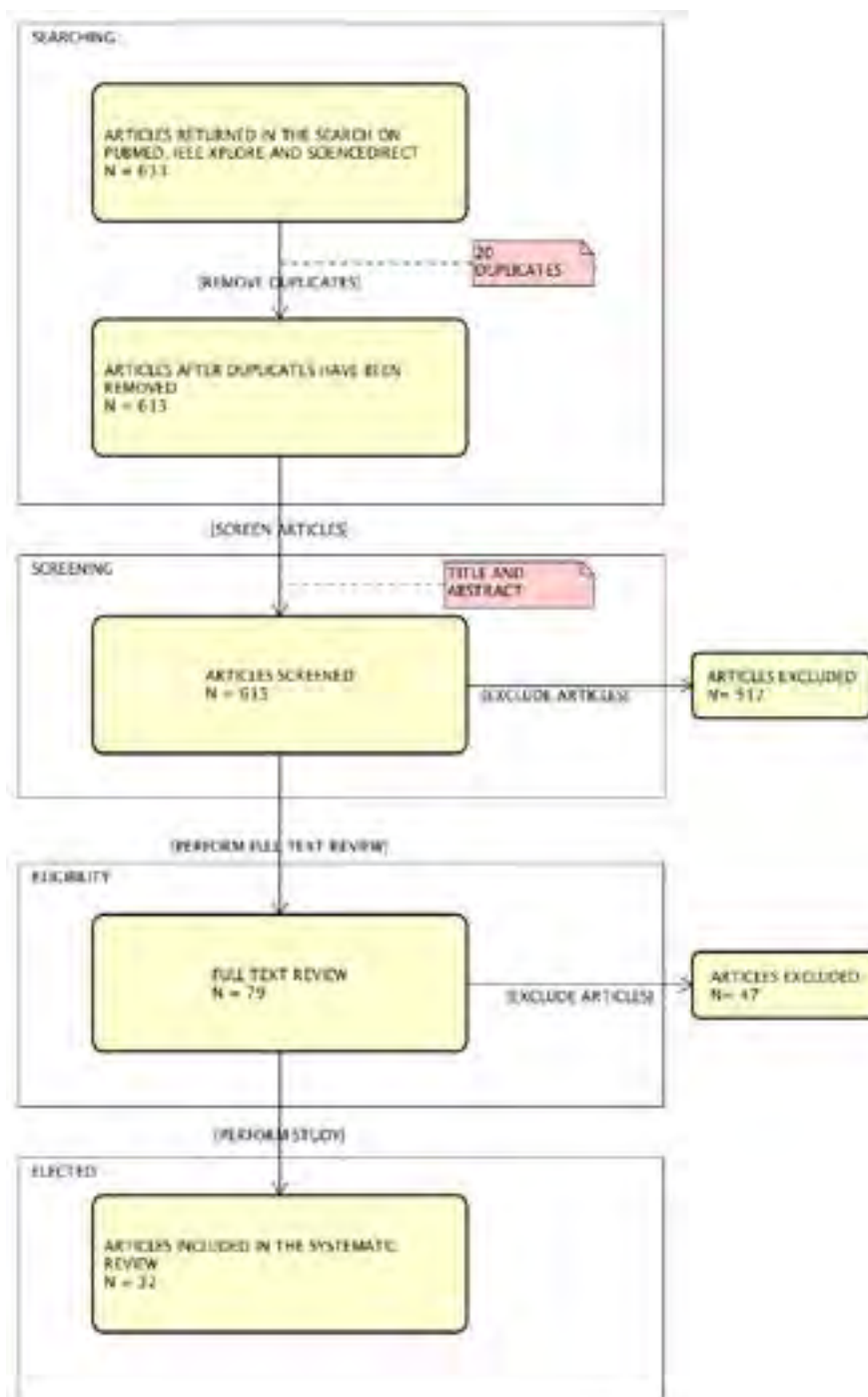


Figure 3- Systematic review process.

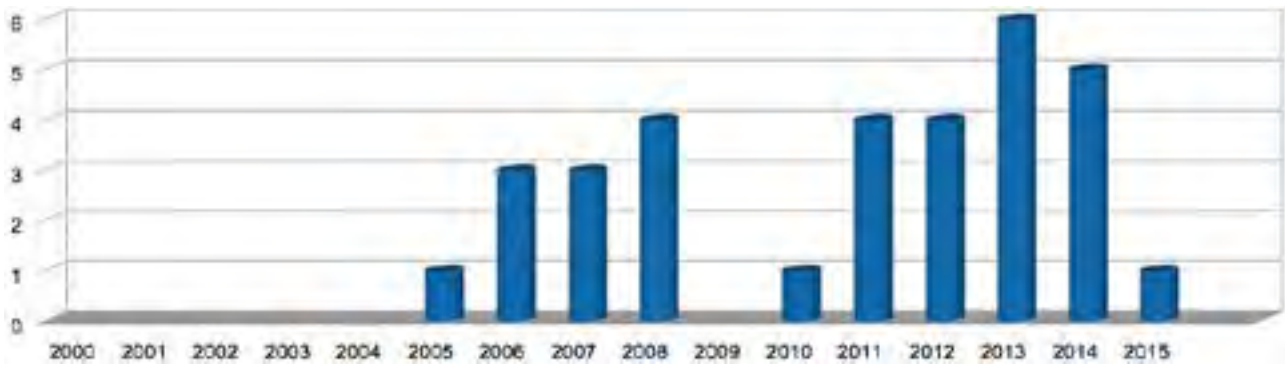


Figure 4- Publication date distribution of papers.

Discussion

This systematic review analyzed the selected papers searching for the storage mechanisms used. The focus was to determine if a standard or best practice exists for EHR archetype storage and watch closely the adoption of NoSQL or a non-conventional database approach for EHR storage (e.g., XML, object databases). Our reflection on the results of our publication searches confirmed that the decision not to include more specific search criteria was appropriate. Using a generic search without including specific terms for the types of storage proved to be successful, because it allowed the inclusion of an extensive range of storage experiences, using different technologies and standards. As we suspected before conducting this systematic review, storage or persistence is not the main concern of research in EHR. Yet, the focus of specifications such as openEHR and ISO 13606 is semantic interoperability, however, data interoperability is a challenging effort as well.

We have seen many papers addressing semantic interoperability, integration, communication, however, there is not yet much effort in how an EHR system based either on openEHR or ISO 13606 should do to store its records with their archetype tree-like structure. Once EHR relates to all the health-related data about the whole life of a person, it will contain a huge amount of data. Medical data must be available for large periods of time (for at least the entire lifespan of the patient), so there is a need for a lifelong solution. Otherwise there will be data loss because of the conversion from one system to another. Health information systems must be accurate, preventing data mixing, data loss and must be available at all times for authorized viewers.

NoSQL Databases – Archetype based EHR data is logically tree-structured⁵, and different tree-structures appear every time a new archetype is used. Tree structures can of course be mapped to relational models³¹, but you would in that case want to avoid methods that involve too many joins at retrieval time and avoid methods that need manual creation of new tables when new archetypes appear. In relational database models, it is needed to design many tables and a lot of fields to store EHR. When the whole EHR of a person is queried, it will involve the connection among the tables, and this will weak the system performance, in addition, there will be many empty values.

Although storage of archetypes using NoSQL solutions were not specified in the search string (Figure 2), we were interested in non-conventional approaches of storing archetype records, such as NoSQL or XML Databases. Some surveys have been published showing the increasing of NoSQL or XML databases^{6,32} investigates NoSQL and XML databases for clinical models considering the performance of them over relational databases^{33,34}. Data models created using NoSQL or other storage data model seems promising since the nature of archetype based systems do not fit directly into a relational database without transformation and conversion, what decreases more when the information

needs to be retrieved, therefore store the archetype directly without conversions seems appealing, once the schema-less feature of non-conventional databases offers great flexibility when a new archetype arises, without the need to change the whole structure. Additionally, standards for archetype query have been developed (e.g., AQL⁴) to help retrieve records stored as archetype directly without any transformation prior to storage. Besides, a system must be designed to be scalable, resilient, open for extension, but closed for modification (open/closed principle)³⁵.

Conclusion

Clinical data are dynamic in nature, often arranged hierarchically and stored as free text and numbers. Effective management of clinical data and the transformation of the data into structured format for data analysis are therefore challenging issues in electronic health records development. Different standards and technical approaches exist (e.g., ISO 13606 and openEHR, using archetypes, or HL7 v3, using templates), but there is no formal definition of how store and retrieve archetype-based patient information. Thus, it is important clear and well-defined standards or best practices for archetype-based EHR storage.

This research characterized published experiences related to EHR storage between 2000 and 2015, in order to obtain a better understanding of the different approaches used for EHR storage. It was found that there is no consensus on EHR storage, specially for archetype-based systems. This suggests that it should be possible to create a common or unified methodology for future clinical information data modeling for systems that use archetypes. This conclusion is, however, limited, due to the selected papers' lack of detail on the storage details used and how the storage issue is addressed. Some measurements and implementation suggestions have been published³⁵. Yet, there is no standard for archetype storage. Despite of the popularity of relational databases, the scalability of the NoSQL database model and the document-centric data structure of XML databases appear to be promising features for effective clinical data management over relational databases.

As part of our reflection on the set of selected papers, we also observed the cloud computing adoption^{14,22,7,34}. Cloud computing is a promising platform for health information systems in order to reduce costs and improve accessibility. The cloud can provide several benefits to all the stakeholders in the health care ecosystem through systems such as health information management system, laboratory information system, radiology information system, pharmacy information system, etc. With public cloud-based EHR systems hospitals do not need to spend a significant portion of their budgets on IT infrastructure. Public cloud service providers provide on-demand provisioning of hardware resources with pay-per-use pricing models. Thus, hospitals using public cloud-based EHR systems can save on upfront capital investments in hardware and data center infrastructure and pay only for the operational expenses of the cloud resources used. The biggest obstacle, however, in the widespread adoption of cloud computing technology for EHR systems is security and privacy issues of health care data stored in the cloud, due to its out-sourced nature⁷. Therefore, we envision healthcare systems being created in the cloud, storing archetypes in non-conventional databases (NoSQL or XML databases) and providing semantic interoperability through services offered via cloud service providers.

References

- [1] ISO 13606: Health Informatics Electronic Health Care Record Communication Part 1: Reference Model. International Organization for Standardization, p. 28, 2008.
- [2] Beale, T. Archetypes constraint-based domain models for futureproof, information systems, In: OOPSLA, Workshop on Behavioural Semantics, , p. 1-18, 2002.

⁴ <https://openehr.atlassian.net/wiki/display/spec/Archetype+Query+Language+Description>

- [3] Heard, S., Beale, T. openEHR Architecture Overview. OpenEHR Foundation, 2008.
- [4] ISO 13606: Health Informatics Electronic Health Care Record Communication Part 1: Reference Model. International Organization for Standardization”, p. 124, 2008.
- [5] Frade, S., Freire, S., Sundvall, E., Almeida, J., Correia, R. Survey of openEHR storage implementation. In: Int. Symposium on Computer-Based Medical Systems. 2013; Porto, Portugal.
- [6] Almeida, J., Frade, S., Correia, R. Exporting Data from an openEHR Repository to Standard Formats. *Procedia Technology*. 2014; 16:1391-1396.
- [7] Bahga, A., Madisetti, V. K. A cloud-based approach for interoperable electronic health records (EHRs). *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics*. 2013;17(5):894-906.
- [8] Moher, D., Liberatti, A., Tetzlaff, J., Altman, D. Preferred reporting items for systematic reviews and meta- analyses: the PRISMA statement. *BMJ*. 2009; 339:b2535.
- [9] Alabbasi, S., Ahmed, A., Kaneko, K., Rebeiro-Haggrave, A., Fukuda, A. Data types managed database design for dynamic content: A database design for personal health book system. In: *IEEE TENCON*. 2014; Bangkok, Thailand.
- [10] Kim, H., Tran, T., Cho, H. A Clinical Document Architecture (CDA) to Generate Clinical Documents within a Hospital Information System for E- Healthcare Services. In: *The Sixth IEEE Int. Conf. on Comp and Inf Tech*. 2016; Seoul.
- [11] Muñoz, A., Somolinos, R., Pascual, M., Fragua, J., Gonzalez, M., Monteagudo, J., et al. Proof-of-concept Design and Development of an EN13606-based Electronic Health Care Record Service. *Journal Amer Med Inf Association*. 2007;14(1):118-129.
- [12] Späth, M., Grimson, J. Applying the archetype approach to the database of a biobank information management system. *Journal of Medical Informatics*. 2011;80(3):205-226.
- [13] Ghani, M., Wen, L., The design of flexible Pervasive Electronic Health Record (PEHR). In: *IEEE Colloquium on Humanities, Science and Engineering*. 2011; Penang.
- [14] Almutiry, O., Wills, G., Alwabel, A. Toward a framework for data quality in cloud-based health information system. In: *Information Society*. 2013; Toronto.
- [15] Anciaux, N., Berthelot, M., Braconnier, L., Bouganim, L., De la Blache, M., Gardarin, G. A tamper-resistant and portable healthcare folder. *Journal of Telemedicine and Applications*. 2008;763534.
- [16] Andriuskevicius, E., Dobravolskas, E., Punys, V., Sinciene, V., Valentinavicius, A. Architecture for national e-health infrastructure in Lithuania. *Studies in Health Technology and Informatics*. 2006;124:421-6.
- [17] Bamiah, M., Brohi, S., Chuprat, S., Ab Manan, J. A study on significance of adopting cloud computing paradigm in healthcare sector. In: *Cloud Computing Technologies, Applications and Management*. 2012; Dubai.
- [18] Basu, S., Karp, A. H., Li, J., Pruyne, J., Rolia, J., Singhal, et. al. Fusion: managing healthcare records at cloud scale. *Computer*. 2012; 11:42-49.
- [19] Dehelean, S., Sauciuc, D. G., Miclea, L., Hóka, I. EN13606 overview and compatibility with the Romanian healthcare system. In: *Automation, Quality and Testing, Robotics*. 2008; Romania.
- [20] Grasso, G. M., Cuzzocrea, A., Nucita, A. A Patient-Centric Distributed Architecture for Electronic Health Record Systems. In: *Network-Based Information Systems*. 2014; Salerno, Italy.
- [21] Hanzlicek, P., Spidlen, J., Heroutova, H., & Nagy, M. User interface of MUDR electronic health record. *Journal of medical informatics*. 2005; 74(2):221-227.
- [22] Laohakangvalvit, T., Achalakul, T. Cloud-based data exchange framework for healthcare services. In: *Computer Science and Software Engineering*. 2014; Shenzhen, China.
- [23] Prados-Suárez, B., Molina, C., Yañez, C. P., Reyes, M. P. Improving electronic health records retrieval using contexts. *Expert Systems with Applications*. 2012; 39(10):8522-8536.

- [24] Sartipi, K., Yarmand, M. H., Down, D. G. Mined-knowledge and decision support services in electronic health. In: *International Workshop on Systems Development in SOA Environments. 2007; Washington, DC, USA.*
- [25] Špidlen, J., Hanzlíček, P., Říha, A., Zvárová, J. Flexible information storage in MUDR II EHR. *journal of medical informatics. 2006; 75(3):201-208.*
- [26] Haomin, L., Huilong, D., Xudong, L., Zhengxing, H. A clinical document repository for CDA documents. In: *Bioinformatics and Biomedical Engineering. 2007; Beijing, China.*
- [27] Marco-Ruiz, L., Moner, D., Maldonado, J. A., Kolstrup, N., Bellika, J. G. Archetype- based data warehouse environment to enable the reuse of electronic health record data. *Journal of medical informatics. 2015; 84(9):702-714.*
- [28] Jin, Y., Deyu, T., Yi, Z. A distributed storage model for EHR based on HBase. In: *Information Management, Innovation Management and Industrial Engineering (ICIII). 2011; Hong Kong.*
- [29] Sundvall, E., Nyström, M., Karlsson, D., Eneling, M., Chen, R., Öрман, H. Applying representational state transfer (REST) architecture to archetype-based electronic health record systems. *BMC medical inf. and decision making. 2013;13(1):1.*
- [30] Dolin, R. H., Alschuler, L., Boyer, S., Beebe, C., Behlen, F. M., Biron, P. V. Shabo, A. HL7 clinical document architecture, release 2. *Journal Amer Med Inf Association. 2006; 13(1):30-39.*
- [31] Wang, L., Min, L., Wang, R., Lu, X., Duan, H. Archetype relational mapping - a practical openEHR persistence solution. *BMC Med Inform Decis Mak. 2015; 15(1):1.*
- [32] Lee, K. K. Y., Tang, W. C., Choi, K. S. Alternatives to relational database: comparison of NoSQL and XML approaches for clinical data storage. *Computer methods and programs in biomedicine. 2013; 110(1):99-109.*
- [33] Freire S.M., Teodoro, D., Wei-Kleiner, F., Sundvall, E., Karlsson, D., Lambrix, P. Comparing the Performance of NoSQL Approaches for Managing Archetype-Based Electronic Health Record Data. *PLoS ONE. 2016; 11(3): e0150069.*
- [33] Abbot, M., Fisher, M. *The Art of Scalability. Addison-Wesley, 2009.*
- [34] Freire, S. M., Sundvall, E., Karlsson, D., Lambrix, P. Performance of XML Databases for Epidemiological Queries in Archetype-Based EHRs. In: *Scandinavian Conference on Health Informatics. 2012; Linköping, Sweden.*
- [35] Tancer, J., Varde, A. S. Cloud technology and EHR data management. In: *Information and Automation for Sustainability. 2012; Beijing, China.*

Contato

Sergio T. Carvalho
sergio@inf.ufg.br

DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DA APLICAÇÃO CREUZA VS. AEDES: PREVENÇÃO DO AEDES AEGYPTI

Julio Moreira Soares Neto¹, Kennedy Edson Silva de Souza¹, Carlos André Barros Lopes¹
Marcos César da rocha Seruffo¹, Carlos Renato Lisboa Francês², Rita de Cássio Medeiros³

¹Laboratório de Desenvolvimento de Sistemas (LADES), Castanhal-PA, Brasil - Universidade Federal do Pará (UFPA)

² Laboratório de Tecnologias Sociais (LTS), Belém-PA, Brasil, Universidade Federal do Pará (UFPA)

³ Faculdade de Medicina, Belém-PA, Brasil, Universidade Federal do Pará (UFPA)

Resumo: Este artigo apresenta um jogo lúdico digital chamado CREUZA VS. AEDES que visa fornecer informações ao jogador para prevenção das doenças transmitidas pelo mosquito *Aedes aegypti*, que atualmente é um dos maiores problemas de saúde que afeta o Brasil, além de frisar o combate aos possíveis criadouros dos mosquitos. O jogo foi desenvolvido com baixo custo computacional para ser usado em diversos dispositivos. Com o intuito de validar a aplicação, usuários realizaram testes e responderam questionários para que suas respostas e observações possam ser usadas no aprimoramento do jogo que será disponibilizado em lojas virtuais.

Palavras-chave: jogos de vídeo, computação em nuvem, saúde, prevenção de doença.

Abstract: *This paper presents a digital playful game called CREUZA VS. AEDES which aims to provide information to the player for the prevention of diseases transmitted by the mosquito *Aedes aegypti*, which is currently one of the biggest health problems affecting Brazil, in addition to stress the fight against potential breeding of mosquitoes. The game was developed with low computational cost to be used in various devices. In order to validate the application, users conducted tests and completed questionnaires, and their answers and comments will be used in the game enhancement that will be available in online stores.*

Keywords: *Video Games, prevention and control, Arbovirus Infections.*

Introdução

Há muito tempo o mosquito *Aedes aegypti* é preocupação da saúde mundial e nacional por ser o vetor transmissor dos vírus da Dengue, Zika e Chikungunya. Os primeiros relatos de dengue ocorreram no século XVIII na ilha de Java na Finlândia, e em Cairo no Egito. No Brasil, datam-se as primeiras referências à dengue no final do século XIX, sendo que no início do século XX o mosquito já estava sendo combatido devido à epidemia de febre amarela urbana. Em 1973, o *Aedes aegypti* foi oficialmente declarado erradicado, no entanto em 1976 o mosquito retornou devido a falhas na vigilância epidemiológica e de mudanças sociais e ambientais¹.

Em 2014 e 2015, surgiram os primeiros casos, respectivamente, de Chikungunya e Zika no Brasil, doenças que também são transmitidas pelo mosquito. Em Pernambuco, no período entre 3 de janeiro a 15 de fevereiro de 2016 foram identificados mais de 12.815 casos de suspeita de dengue, representando um aumento de 119,51% em relação ao mesmo período em 2015, durante o qual 5.838 casos suspeitos de dengue foram reportados².

Por mais diversas razões, grande parte dos brasileiros possuem dificuldades em acessar serviços de saúde, distribuição de compostos farmacêuticos e testes laboratoriais. Isso se agrava ainda mais

a partir da proliferação do mosquito e a falta de preocupação da população em tratar os focos de reprodução do mesmo. Para incentivar a prevenção e a eliminação de focos do mosquito, o governo brasileiro, em 2016, deu continuidade à campanha “Pacto da Educação Brasileira contra o Zika”³. A campanha tem como propósito incentivar o combate ao o *Aedes aegypti* através da educação nas escolas. Desta forma, nota-se que campanhas vem sendo empregadas para combate ao mosquito, entretanto, ações que corroborem com a erradicação destas doenças devem ser incentivadas.

Cerca de 86 milhões de brasileiros com mais de 10 anos acessaram a Internet em 2013 e 48% (31,2 milhões) possuíam acesso à rede mundial de computadores, sendo que 42,4% acessavam através de computadores e 3,6 milhões (11,6%) por outros meios (smartphones, tablets, etc.)⁴. Com isso, nota-se a crescente evolução do uso da Internet no país, aumentando assim a facilidade de compartilhar informações por todas as regiões do país.

Com o uso dos computadores e smartphones nas mais diversas áreas e classes sociais, o conceito de tecnologia social vem sendo difundida no Brasil e busca a atuação de movimentos sociais, organizações comunitárias junto com instituições de ensino e pesquisa, no desenvolvimento de soluções tecnológicas para a implantação de políticas públicas.

Como forma de prender a atenção do usuário, são utilizadas ferramentas e aplicações online, muitas vezes de cunho social, que criam situações de aprendizado que correspondem ao interesse dos estudantes, como por exemplo: *On Educational Game Design: Building Blocks of Flow Experience*⁵.

Assim, baseando-se nas considerações multidisciplinares supracitadas, o grupo de pesquisa deste artigo vem desenvolvendo soluções que se enquadram em tecnologias emergentes (tais como plataformas móveis) e que visam contribuir para o bem-estar do dia a dia da população. Desta forma, esta proposta visa realizar soluções de grande problema social a partir do uso de tecnologia social.

Este trabalho foi desenvolvido contemplando a necessidade de levar conhecimento sobre a prevenção contra o mosquito *Aedes aegypti*. Para isto, utiliza-se o conceito de *Cloud Computing* e programação, para o desenvolvimento de um jogo online intitulado “CREUZA VS. AEDES”, que pode ser executado em diversas plataformas eletrônicas, além disso, este trabalho propõe uma forma de ensino lúdica e interativa da maneira como alguns sintomas das doenças transmitidas pelo mosquito se manifestam. O jogo foi validado por um grupo de usuários (alunos de graduação) e especialistas da área que testaram o aplicativo.

O objetivo primordial do jogo é ensinar, de forma atrativa, a prevenir o mosquito *Aedes aegypti*. O jogo propõe ainda instruir o usuário sobre a importância de evitar a água parada, que serve de criadouro para as larvas do *Aedes aegypti*. Pretende-se ainda que o jogador aprenda alguns dos sintomas das doenças: Dengue, Zika e Chikungunya, para que possa distinguir qual (is) sintoma (s) pertence (m) a que doença.

O jogo pode ser acessado por diferentes plataformas e foi desenvolvido considerando requisitos contemplados pela engenharia de software, interação humano-computador e experiência do usuário. Desta forma, é possível compartilhar os progressos e lições aprendidas, via Facebook, estimulando a mobilização social para a questão, além de contribuir para a adesão dos comportamentos de prevenção e combate à proliferação do mosquito.

Embasamento teórico e trabalhos relacionados

O conceito de e-health nas últimas décadas vem sido empregado nos mais diversos estudos de caso, para facilitar as pessoas em situações onde as tecnologias tomam papel importante na tomada de decisão durante os serviços de atendimento médico, como por exemplo o trabalho *Internet of Vehicles for E-Health Applications: A Potential Game for Optimal Network Capacity*⁶.

De forma mais específica, e-health consiste no uso de tecnologias de comunicação e informação para a saúde, podendo ser qualquer aplicação eletrônica utilizada em conjunto com outras tecnologias

de informação, focada na melhoria do acesso, eficiência, efetividade e qualidade dos processos clínicos e assistenciais necessários a toda a cadeia de prestação de serviços de saúde.

O conceito de e-health inclui muitas dimensões e dentro do modelo encontra-se um conjunto de ferramentas e serviços capazes de sustentar o atendimento de forma integrada e através da WEB.

A motivação para escolha da criação de um jogo para estimular o aprendizado sobre o combate ao *Aedes aegypti* vem do fato das pessoas terem sempre bons resultados com jogos, conforme maioria das literaturas pesquisadas. Além disso, os jogos digitais tem sido parte da vida de muitas pessoas e isto as motiva a aprimorar as habilidades e ganhar experiências, com isso este método está sendo muito utilizado para auxílio na educação, com mostra o trabalho *Learning gaming – evaluation of an online game for children*⁷.

A literatura vigente considera tecnologia social todo produto, método, processo ou técnica criados para solucionar algum tipo de problema social e que atendam aos quesitos de simplicidade, baixo custo, fácil aplicabilidade e impacto social comprovado. Nesse processo, plataformas móveis ganham bastante força.

É um conceito que remete para uma proposta inovadora de desenvolvimento, baseada na disseminação de soluções para problemas voltados a demandas de diversas searas, tais como: água, alimentação, educação, energia, habitação, renda, saúde, tecnologia, mobilidade, meio ambiente, etc.

Jogos educativos são formas de desenvolver de maneira lúdica as habilidades e conhecimentos dos alunos⁸. O trabalho intitulado – Avaliação de jogos educativos computadorizados⁹ – comprova que o uso dos jogos na educação melhora a evolução cognitiva, a concentração, motivação e a capacidade de tomar decisões rápidas. Os jogos educativos digitais geralmente são elaborados para potencializar e divertir os alunos¹⁰.

Os conhecimentos inerentes dos jogos não devem proporcionar apenas diversão, como também mobilizar saberes e culturas em geral, desta forma, a construção do jogo não deve ser focada exclusivamente na distração, mas também nos valores e aprendizados que serão passados aos jogadores¹¹. Para expandir os acessos de usuários a aplicação foi implantada em um sistema em nuvem, considerando *The NIST Definition of Cloud Computing*¹².

Devido ao crescimento de 2.253,1 % no número de usuários com Internet de 2000 até 2015, de acordo com o Secretaria de Assuntos Estratégicos, o Brasil está na era do conhecimento e na era da informação, possuindo ainda um aumento de mais de 130% do uso de Internet em celulares durante o período de 2000 a 2013¹³.

Utilizar recursos de distribuição de aplicações em nuvem é a um método que vem crescendo nas últimas décadas e o seu uso consiste em armazenar dados em servidores possibilitando o melhor controle do provedor sobre os dados inseridos, o que contrapõe as formas mais tradicionais de distribuição e atualização de softwares.

Como forma de estimular a interação e compartilhamento de conhecimento entres os jogadores, a aplicação desenvolvida capacita a comunicação entre os usuários por redes sociais. Um exemplo a ser citado é o sistema Pettie, que utiliza o compartilhamento de recursos, onde os usuários têm a capacidade de interação entre si para que ocorra a troca de informações e conseqüentemente o avanço de nível no jogo. A aplicação utiliza redes sociais para aumentar o número de usuários através do compartilhamento da aplicação por jogadores já cadastrados no sistema¹⁴.

O trabalho *Second Screen Application - Dengue Fever: Prevention through Information*¹⁵ sincroniza a televisão e o celular do usuário a fim transmitir informações extras sobre a dengue. Uma de suas interações é permitir que o usuário execute um jogo sobre as práticas de prevenção. O jogador precisa eliminar os possíveis focos da dengue, no menor tempo possível e sua pontuação pode ser compartilhada nas redes sociais. Este trabalho motivou o desenvolvimento deste artigo proposto, já que possui objetivos similares, contudo, com metodologias de desenvolvimento e cenários diferenciados.

Já em Game contra a dengue¹⁶ é apresentado o desenvolvido de um jogo de uma menina de sete anos que possui a função de matar os mosquitos com aerossol e um mata-moscas, além de procurar e eliminar os focos do mosquito.

Sherlock Dengue 8 é um jogo 3D¹⁷ online do tipo investigativo e arcade, no qual os jogadores assumem o papel de inspetores da dengue e podem participar de inspeções (partidas). No modo colaborativo-competitivo, chamado no jogo de duelo de pares, duas duplas de jogadores se enfrentam em uma partida. Os jogadores devem encontrar e eliminar os depósitos utilizados pelo mosquito transmissor da dengue que estão espalhados pelo cenário virtual a fim de ganhar ponto.

Assim, com base nas literaturas encontradas, CREUZA VS. AEDES mostra uma aplicação para ajudar a prevenir doenças transmitidas pelo Aedes aegypti. O diferencial deste game é a forma que a interface gráfica do jogo se posiciona, através de um falso 3D, buscando proporcionar melhor experiência aos usuários. Além disso, o desenvolvimento foi baseado em ambiente multiplataforma, o que torna a experiência flexível e genérica.

Métodos

Para o desenvolvimento do jogo, diversas tecnologias foram empregadas a fim de se obter uma aplicação multiplataforma. Para que o jogo pudesse ser online e torna-lo disponível para variados dispositivos com acesso à Internet, foi utilizada a plataforma Scirra Construct 2, que possui interface de desenvolvimento “Arrastar-e-Soltar”, conforme abordado Metodologia para “*drag-and-drop*” de conteúdo entre dispositivos de interação e visualização¹⁸.

Foram considerados e aplicados diversos recursos que pudessem dar mais realismo à aplicação, como por exemplo conceitos de atrito e gravidade, aplicados na movimentação dos objetos pelo cenário. Portanto, a construção de jogos 2D utilizando a ferramenta citada é realizada de maneira rápida e fácil, contudo, o fator determinante para a escolha do Scirra Construct 2 foi o fato de que as aplicações construídas nesta ferramenta são baseadas em HTML 5 e JavaScript, tornando a aplicação mais acessível, com maior mobilidade, de fácil compartilhamento e com capacidade de ser utilizada por diversas plataformas.

A arquitetura do jogo é cliente-servidor, sendo que arquivos do projeto gerados pelo Scirra Construct 2 são exportados para o formato de aplicação HTML 5. Os arquivos gerados são então enviados para um servidor em nuvem, responsável por disponibilizar a aplicação online, como demonstrado na Figura 1. Uma vez disponibilizado, o usuário é capaz de acessar o jogo fazendo requests, sendo que esta arquitetura facilita a atualização de futuras versões do jogo, bem como alcança um público maior, haja vista que apenas demanda do usuário uma básica conexão com a Internet, não necessitando a instalação do jogo no dispositivo.



Figura 1 - Arquitetura cliente-servidor

A aplicação desenvolvida foi testada em diferentes plataformas com diferentes sistemas operativos, já que a ideia é de que se tenha um jogo com alta capilaridade. A Figura 2 mostra o jogo sendo utilizado no desktop e no celular.



Figura 2 - Exemplo de uso multiplataforma do jogo

Para facilitar o entendimento do funcionamento do jogo foram feitos dois fluxogramas, apresentados nas Figuras 3 e 4. O fluxograma apresentado na Figura 3 representa a estratégia principal do jogo. Creuza, a protagonista do jogo, tem que procurar possíveis criadouros do mosquito, espalhados pelo cenário. Para eliminar os focos da dengue, o jogador tem que esvaziar a água dos pneus, coletar as garrafas e jogar no lixo. Também existem alguns itens úteis espalhados pelo jogo, como repelentes e inseticidas, que podem ser usados para evitar o ataque dos mosquitos. O jogo termina quando não existe mais nenhum possível criadouro de mosquitos no cenário e um número mínimo de garrafas é coletado.

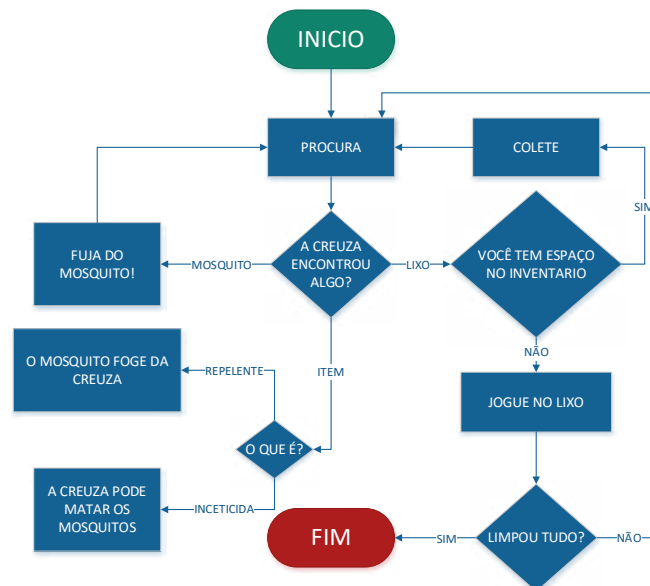


Figura 3 - Estratégia principal do jogo

A Figura 4 apresenta as ações do mosquito, que se movimenta de forma senoidal aleatoriamente pelo cenário. Ao encontrar Creuza, a perseguirá até picá-la, ou por 30 segundos caso a personagem já esteja distante. Caso encontre um objeto contendo água, o mosquito entra no objeto e lá permanece por alguns segundos, para colocar os ovos. Após transcorridos 60 segundos, novos mosquitos sairão

do objeto, que se tornou um foco de infestação do *Aedes aegypti*. Após sair do foco, o mosquito continua seu voo pelo cenário.

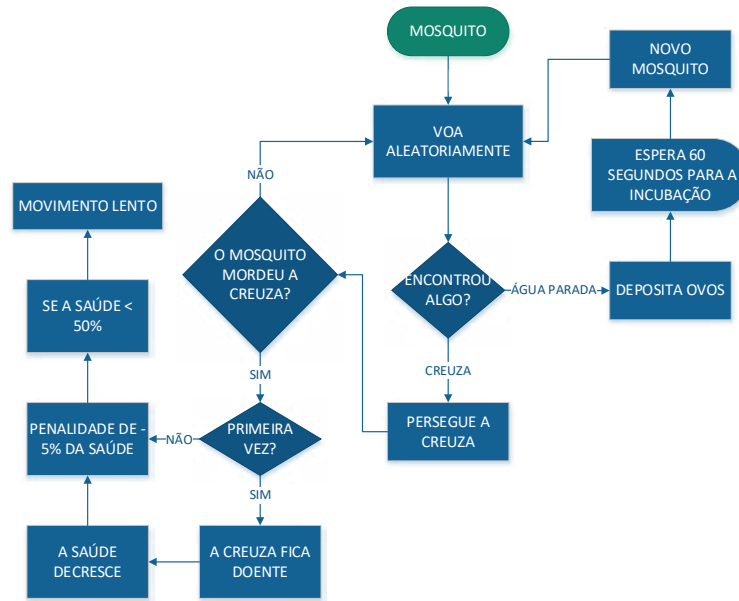


Figura 4 - Estratégia do mosquito e da personagem

Quando Creuza é picada, pela primeira vez, pode ficar doente de algumas das doenças transmitida pelo mosquito. E quando ela já está doente e for picada novamente pelo mosquito, haverá uma penalidade de 5% na saúde dela. A saúde de Creuza vai diminuir e quando ficar abaixo de 50% a personagem ficará mais lenta, com febre e tonta, portanto, a jogabilidade vai ser dificultada, tornando um desafio a conclusão da missão do jogo.

Aplicação desenvolvida: CREUZA VS. AEDES

O intuito é de que a aplicação possa contar com métodos didáticos que estimulam o aprendizado dos jogadores e também auxilia o jogador a desenvolver uma visão crítica dos problemas sociais e de saneamento da sua comunidade. Desta forma, aprendendo mais sobre as doenças, o usuário pode ser multiplicador de informações a respeito do assunto.

Além disso, pretende-se disponibilizar o jogo para que possa ser utilizado por usuários diversos. O jogo possui ainda interação com o sistema de API do Facebook, para compartilhar as pontuações obtidas pelo jogador.

A Figura 5 mostra a primeira tela do jogo, onde existem as opções Iniciar e Login. Ao clicar no botão Iniciar, o jogador passa para tela seguinte com a protagonista esperando os comandos de jogo. A opção Login abre uma janela onde é permitido ao jogador entrar no Facebook, para que o jogo possa obter suas informações básicas, sua pontuação mais alta e também habilitar na Rede Social o compartilhamento do avanço nas fases do jogo e dos pontos obtidos.



Figura 5 – Primeira tela do jogo

A tela seguinte do jogo é mostrada na Figura 6, onde é apresentado ao jogador: a personagem do jogo; o indicador de saúde da personagem; o cenário do jogo com garrafas espalhadas pelo mapa; o texto que apresenta pontuação do jogador; o balão de informações do jogo, que exibe textos que incentivam o usuário a limpar o mapa; e instruções de como avançar no jogo.



Figura 6 - Telas iniciais do jogo mostrando a introdução (a) e objetivos (b)

As ações feitas pelo usuário são informadas no texto do lado superior direito da tela da aplicação, conforme apresentado na Figura 6 (b) (Você coletou uma garrafa!). Desta forma, o jogador pode executar com mais facilidade as tarefas, bem como receber informações de grande importância para o combate ao *Aedes aegypti* na vida real. Estas informações, bem como todas as que norteiam o jogo, foram feitas a partir de pesquisas e reuniões com profissionais da área da saúde, que fazem parte de um projeto de maior amplitude, desenvolvido pelo grupo de pesquisa. Desta forma, o jogo foi validado por pessoas com expertise na área de arbovírus.

O jogo apresenta uma estratégia para o avanço de nível, o jogador deve recolher as garrafas, retirar a água dos focos, tais como: vasos, baldes e pneus. Além disso, a personagem deve levar as garrafas e pneus recolhidos para a reciclagem a todo o momento, dessa forma, evitando locais de criação do mosquito. O Quadro 1 mostra como foram adaptados os sintomas de cada doença para o jogo, sendo que o Quadro foi montado baseado nas informações da pesquisa patológica Zika vírus no Brasil: Relatório de uma epidemia “Um novo capítulo da história da medicina”¹⁹.

Quadro 1 - Sintomas das doenças transmitidas pelo Aedes aegypti.

Sintomas	Dengue	Zika	Chikungunya
Dor de cabeça	X		
Febre	X		X
Articulação inchada			X
Vermelhidão na pele		X	

No momento em que a personagem for picada pelo mosquito, a saúde da mesma vai diminuindo gradativamente e de acordo com a redução da vida os sintomas das doenças transmitidas pelo mosquito são apresentados, como a febre alta, dores de cabeça, vermelhidão e inchaço na articulação (como mostra a Figura 7). A proposta é representar no jogo, através da mudança do cenário e da personagem, os sintomas das doenças.



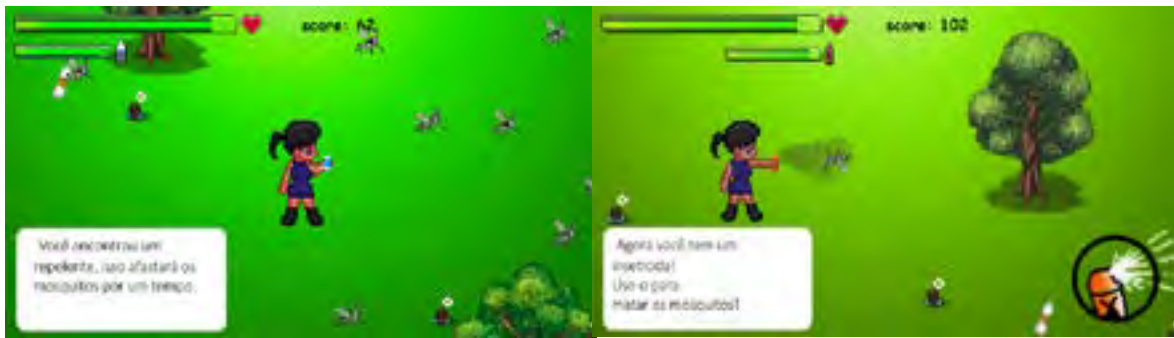
Figura 7 - Tela para representação dos mosquitos (a) e das doenças: Dengue (b), Zika (c) e Chikungunya (d)

Nota-se na Figura 7 que dependendo do (s) sintoma (s) que a protagonista está apresentando, um determinado tipo de doença é indicado no lado superior direito. De acordo com a estratégia de dificuldade programada no jogo, se o jogador não realizar a limpeza dos objetos com água, os mosquitos poderão ter acesso a mais focos e assim se reproduzir mais rapidamente, iniciando uma infestação de Aedes aegypti, o que aumenta a dificuldade da partida. Pretende-se com isso fazer o jogador observar o resultado da falta de tratamento dos focos de reprodução do mosquito, e malefícios causados pela infestação.

Como o intuito de combater a infestação de mosquitos, estão disponíveis maneiras do jogador se proteger, utilizando inseticida ou repelente, ambos representados na Figura 8, respectivamente. A escolha do inseticida para representar o ataque direto ao mosquito é devido ao fato deste ser um dos

principais controles utilizados pela população, e a escolha do repelente como proteção é devido ao produto ser um dos componentes de controle químico dos vetores²⁰.

Os métodos de defesa estão espalhados pelo mapa de forma randômica, com o intuito de manter o nível dificuldade do jogo, impedindo que o jogador memorize a posição dos objetos, portanto, mantendo o atrativo mesmo jogando várias vezes. O inseticida é iniciado no momento em que o jogador clica no botão inseticida, liberando a fumaça do inseticida que mata os mosquitos que entram em contato com a mesma. O repelente, quando usado, mantém os mosquitos afastados por 60 segundos. Uma mensagem de uso é mostrada ao jogador.



(a) (b)
Figura 8 - Telas que demonstram o uso do inseticida (a) e do repelente(b)

O jogo termina quando a personagem morre de alguma doença ou quando limpa o cenário. Se a personagem terminar a tarefa com êxito, é mostrada a pontuação.

Testes com Usuários

Para avaliar a eficiência da aplicação, foi montado um cenário de teste, apresentado na Figura 9. Foram selecionados 31 estudantes universitários de forma aleatória. Antes de iniciar os testes, os usuários passavam por uma apresentação da proposta do jogo e um tutorial abrangente de como o jogo funciona. Então, os usuários eram encaminhados para a interação do jogo através: de um computador desktop, do próprio celular, ou ambos, ficando a critério do usuário a escolha. Ao final da interação, um questionário era respondido visando avaliar a aplicação desenvolvida.



Figura 9 – Esquematização montada para os testes

Na primeira parte do questionário foram feitas afirmações referentes ao jogo, onde o usuário dizia concordava ou discordava. De forma geral, uma vez que houve um tutorial passado pela equipe desenvolvedora e dicas que aparecem na tela do jogo, os usuários não tiveram dificuldade de interagir, como mostra os resultados coletados na Figura 10.

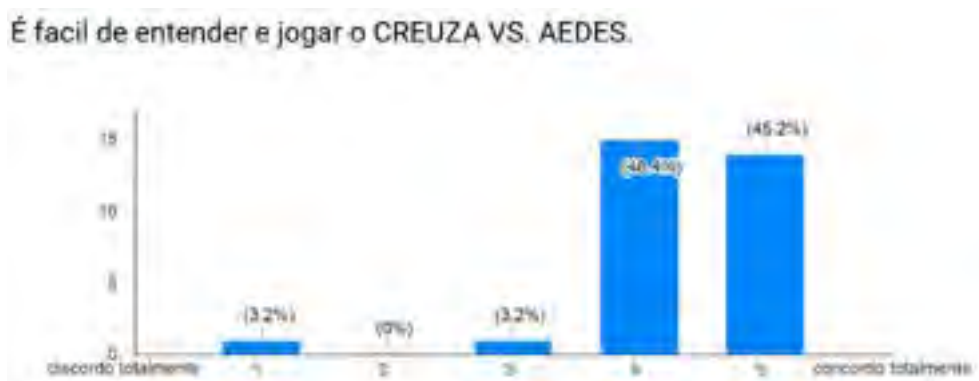


Figura 10 - Gráfico representando respostas sobre a facilidade de entendimento dos jogadores

Foi arguido aos usuários se o jogo traz alguma informação que pode ser usada no combate e entendimento das doenças transmitidas pelo *Aedes aegypti*, sendo que boa parte dos jogadores acredita que sim, conforme representado na Figura 11. De forma mais subjetiva, muitos usuários diziam que as informações poderiam ser aproveitadas na vida real, ou seja, no dia a dia.



Figura 11 – Gráfico com resultado dos jogadores que julgam que usarão o que foi aprendido

Ressalta-se que os elementos que compõem o cenário do jogo são distribuídos de forma aleatória, com o intuito de que o usuário não tenha o mesmo cenário mais de uma vez, tornando o jogo mais desafiador, já que impede que o jogador memorize onde ficam os itens que precisam ser coletados. Para comprovar a eficácia dessa estratégia os usuários jogaram pelo menos 2 vezes, na Figura 12 mostra a percepção.

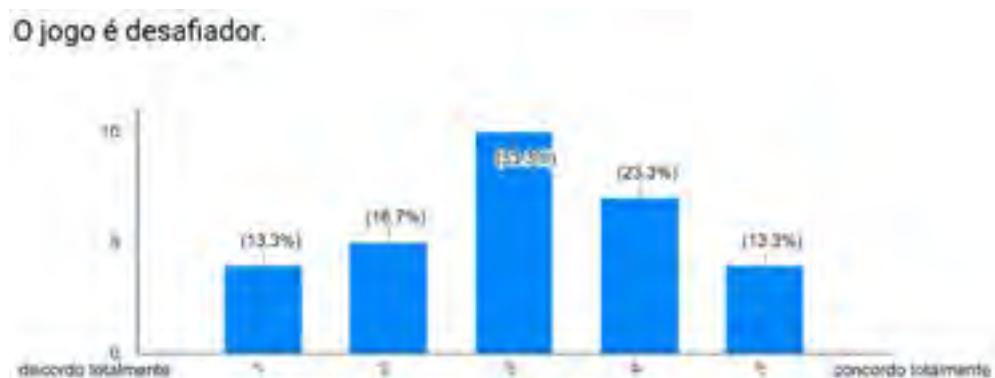


Figura 12 – Gráfico mostrando resultado dos jogadores que se sentiram desafiados

Como dito anteriormente, a proposta de criação do CREUZA VS. AEDES foi de ensinar –de maneira divertida – os perigos das doenças transmitidas pelo *Aedes aegypti*, na Figura 13 os usuários responderam se foi divertido jogar.

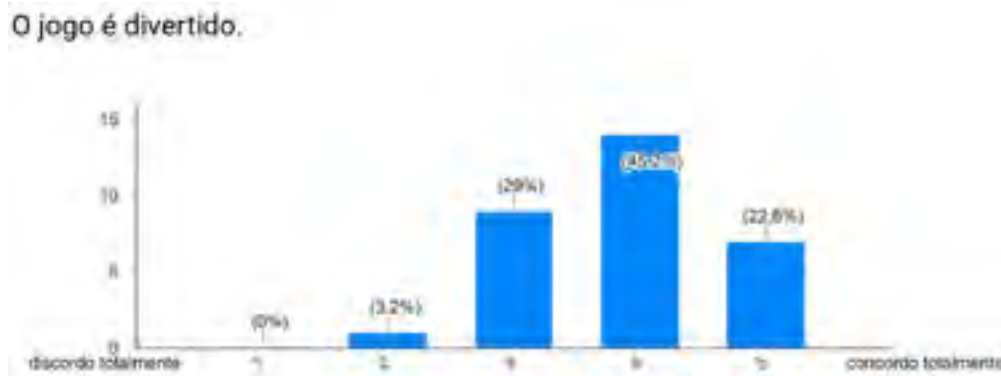


Figura 13 – Gráfico que mostra quantos usuários se divertiram jogando

Além da diversão, intuito era de que o jogador entendesse algumas das principais diferenças entre as doenças transmitidas pelo mosquito. Na Figura 14 é mostrado quantos jogadores aprenderam com o jogo essas diferenças.



Figura 14 – Gráfico representando a eficiência do jogo em ensinar sobre as doenças

Comentários subjetivos foram registrados e em sua maioria de forma positiva à usabilidade do jogo, assim, de forma geral os resultados estão de acordo com o que era esperado, uma vez que o jogo (relato feito por usuário) apresenta uma interface amigável e lúdica, tornando a experiência de uso algo prazeroso e desafiador.

Considerações finais

O trabalho apresenta e realiza testes de um jogo lúdico digital que propõe o desenvolvimento da conscientização de jovens para o tratamento de focos de reprodução do mosquito *Aedes aegypti*, através das experiências adquiridas durante jogo, mostrando a capacidade do uso de jogos digitais para aprendizados sobre problemas sociais que atingem grande parte da sociedade brasileira.

O jogo é uma proposta de tecnologia social e foi projetado para que o usuário pudesse ter informações de forma mais interativa possível. Foram consultados especialistas da área da saúde para

formular o jogo com o máximo de coerência com as informações científicas sobre as doenças transmitidas, visando fornecer ao jogador referências fidedignas.

O resultado dos testes mostrou que os jogadores ficaram satisfeitos com a diversão e o conhecimento que o jogo proporciona. Como trabalhos futuros, algumas das sugestões dos usuários, tais como: melhorar a realidade do jogo e permitir maior compartilhamento com redes sociais, serão implementadas para que a disponibilidade de uma nova versão possa ser realizada. Além disso, pretende-se disponibilizar o jogo nas lojas virtuais das principais plataformas mobile existentes.

Desta forma, com jogos desta natureza, espera-se que as pessoas tendam a adquirir maior conhecimento sobre as doenças transmitidas pelo mosquito, o que tende a gerar uma maior consciência para prevenção. Assim, é almejado pelo grupo de pesquisa realizar pesquisas qualitativas, visando entender o impacto que o jogo desenvolvido incidi sobre uma comunidade específica, comparando o conhecimento prévio do usuário com o adquirido após o uso do jogo.

Referências

- [1] Braga I, Valle D, Denise. Aedesaegypti: histórico do controle no Brasil. *Epidemiol. Serv. Saúde*, Brasília, 2007; http://scielo.iec.pa.gov.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1679-49742007000200006&lng=pt&nrm=iso.
- [2] LIRAa - Levantamento de Índice Rápido de Aedes aegypti. Resultados do Levantamento de Índice Rápido de Aedes aegypti, 2009; http://www.dengue.org.br/dengue_levantamento_municipios.pdf.
- [3] Ministério da Educação (BR), Pacto da Educação Brasileira Contra o Zika. Assinado na Reunião de Lançamento do Programa do Ministério da Educação de Enfrentamento ao Zika, no auditório Wladimir Murinho, Palácio do Itamaraty, Ministério das Relações Exteriores, Brasília - DF, Fevereiro 2016; <http://fne.mec.gov.br/images/2016/Fevereiro/PactodaEducacaocontraoZika.pdf>.
- [4] Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (BR), Diretoria de Pesquisas/Coordenação de Trabalho e Rendimento, Acesso à Internet e posse de telefone móvel celular para uso pessoal, 2005.
- [5] Kristian K. On Education Game Design: Building Blocks Flow Experience, Tampere – FIN, 2005.
- [6] Di L, Yu T, Fabrice L, Yuanzhe Y, Muhammad I, and Athanasios VV. Internet of Vehicles for E-Health Applications: A Potential Game for Optimal Network Capacity. National Natural Science Foundation of China. IEEE, 2015.
- [7] Lisa JL, David F, Patty K, Donna ML, Clodna AMM, Dasun W. Learning by gaming – evaluation of an online game for children, Buenos Aires, Argentina, 2010.
- [8] Vygotsky LS. O papel do brinquedo no desenvolvimento. A formação social da mente, 1989; p 69-70.
- [9] Passerino LM. Avaliação de jogos educativos computadorizados. Taller Internacional de Software Educativo, 1998.
- [10] Moratori PB. Por que utilizar jogos educativos no processo de ensino aprendizagem. UFRJ. Rio de Janeiro, 2003.
- [11] Macedo D, Borges F. “Playing with health” Game design methodology for public health education. In Serious Games and Applications for Health (SeGAH), 2014 IEEE 3rd International Conference on IEEE; 2014
- [12] Nation Institute of Standards and Technology (US), “The NIST Definition of Cloud Computing”, 2011; <http://faculty.winthrop.edu/domanm/csci411/Handouts/NIST.pdf>.
- [13] Alliance for Affordable Internet. Case Study Affordable Internet Access in Brazil. Washington, DC, 2014
- [14] Lin G, Wan-Chi L, Xiwen L. A Study of Integrating Social Networking Service into The Virtual Pet Web Game System, IEEE 2013.

- [15] Seruffo MCR, Miranda FC, Oliveira EL, Malcher MA. Second Screen Application - Dengue Fever: Prevention through Information. In: TVX 2015, 2015.
- [16] FAPESP – Fundação de amparo à pesquisa do estado de São Paulo, Game contra a dengue. (2011), <http://agencia.fapesp.br/14242>.<http://agencia.fapesp.br/14242>.
- [17] Buchinger, Diego, and Marcelo Hounsell. “O Aprendizado através de um Jogo Colaborativo-Competitivo contra Dengue.” Anais do Simpósio Brasileiro de Informática na Educação. Vol. 26. No. 1. 2015.
- [18] Sakano TS. Metodologia para “drag-and-drop” de conteúdo entre dispositivos de interação e visualização. UNIVEM. São Paulo. 2013
- [19] Brito, Carlos AA. Zika vírus no Brasil:Relato de uma epidemia “Um novo capítulo da história da medicina”, 2015; http://www.cpqrr.fiocruz.br/pg/wp-content/uploads/2015/12/Zika_Fiocruz_MG122015.pdf
- [20] Braga IA, Valle D. Aedes aegypti: inseticidas, mecanismos de ação e resistência. Brasília, 2007.

Contato

Dr. Marcos César da Rocha Seruffo
Professor da Universidade Federal do Pará
Rua Augusto Correa, 01
Cep: 66075-110
91 932018112
seruffo@ufpa.br

CLASSIFICAÇÃO SEMI-AUTOMÁTICA DA DEGENERAÇÃO DE DISCOS INTERVERTEBRAIS EM IMAGENS DE RESSONÂNCIA MAGNÉTICA

M. S. Barreiro* **, M. H. Nogueira-Barbosa**, L. G. Savarese**,
R. M. Reis** e P. M. Azevedo-Marques**

*Departamento de Engenharia de Computação, IFTM, Uberaba/MG, Brasil

**Departamento de Clínica Médica, USP, Ribeirão Preto/SP, Brasil

Resumo: Este trabalho descreve o desenvolvimento de um método que classifica de forma semi-automática a degeneração de discos intervertebrais lombares em imagens de ressonância magnética ponderadas em T2. O conjunto de imagens consiste de 210 discos extraídos de exames de 94 indivíduos (20 a 80 anos). A classificação é feita por uma rede neural do tipo perceptron multicamada com 6 entradas, 15 neurônios na camada intermediária e 1 saída. Os resultados obtidos mostraram uma taxa média de acerto de 81,42%, com erro padrão de 9,11%.

Palavras-chave: Degeneração do Disco Intervertebral, Imagens de Ressonância Magnética Ponderadas em T2, Processamento de Imagens, Análise de Textura, Classificação de Pfirrmann.

Abstract: This article describes the development of a method that classifies semi-automatic degeneration of lumbar intervertebral discs in magnetic resonance T2-weighted images. The dataset consists of images of 210 discs obtained from 94 individuals (20 to 80 year old). An artificial neural network of the multilayer perceptron with 6 inputs, 15 neurons in the hidden layer and 1 output, was used to check the efficiency of this study. Obtained an average rate of success of 81.42%, with a standard error of 9.11%.

Keywords: Intervertebral Disc Degeneration, Weighted Magnetic Resonance Images T2, Image Processing, Texture Analysis, Pfirrmann's Scale.

Introdução

A degeneração do disco intervertebral afeta milhões de pessoas em todo o mundo, e isto pode ocorrer por diversos fatores, como tabagismo, obesidade, trauma, excesso de atividade física ou sedentarismo (1).

Atualmente, a Ressonância Magnética (RM) é considerada o método não-invasivo mais sensível na avaliação por imagem do disco intervertebral e das estruturas dos sistemas neuromusculares adjacentes, quando da avaliação da existência de degeneração discal (2).

Existem técnicas quantitativas específicas em RM para avaliação do disco intervertebral, sendo que a maioria dos sistemas e escalas de classificação de sua degeneração empregados na rotina clínica se utiliza de imagens ponderadas em T2. Nas imagens ponderadas em T2, a água é caracterizada pelo sinal de alta intensidade, favorecendo a observação da perda do sinal das alterações morfológicas na degeneração do disco (3). A escala de graduação mais difundida na literatura para classificar esse nível de degeneração é a escala de Pfirrmann (4), que classifica o nível de degeneração de acordo com a intensidade do sinal do núcleo pulposo, a estrutura do disco, a altura do disco e a delimitação entre

núcleo pulposo e ânulos fibroso (5). Os níveis vão de I a V, quanto maior o grau de degeneração maior será a pontuação na escala. A Tabela 1 mostra a escala de Pfirrmann..

Porém, por ter como base a inspeção visual da imagem do disco intervertebral, a classificação de Pfirrmann está sujeita a ocorrência de variações intra e interobservador nas classificações feitas em momentos diferentes ou por diferentes profissionais, quando observado o mesmo disco intervertebral (6). Por este motivo, nos últimos anos, muitos pesquisadores têm buscado formas de diagnosticar anormalidades da coluna vertebral e suas estruturas usando métodos quantitativos automáticos ou semi-automáticos. Michopoulou et al. (7) propôs a utilização de descritores baseados em textura para a quantificação da degeneração do disco, e a associação de tais características com a idade do paciente. Alomari et al. (8) desenvolveu um método para a segmentação de hérnia de disco, usando um modelo de vetor de gradiente de contorno ativo e a classificação dos discos com hérnia ou não por meio de um classificador Bayesiano, obtendo um nível médio de acurácia de 92,5%. Oktay et al. (9) realizou um trabalho que detecta se o disco está degenerado ou não, este trabalho analisou os discos intervertebrais de 102 voluntários obtendo uma acurácia de 92,81%. A pesquisa de Jong (10) classificou o nível de degeneração segundo os graus definidos por Pfirrmann (4) de 30 discos intervertebrais, obtendo uma taxa de acerto de 50%.

Tabela 1. Classificação da degeneração do disco intervertebral, adaptado de Pfirrmann et al. 2001 (4).

Grau	Estrutura	Distinção entre núcleo e ânulo	Intensidade do sinal	Altura do disco intervertebral
I	Homogêneo, branco brilhante	Nítida	Branco Brilhante	Normal
II	Não homogêneo, com ou sem bandas horizontais	Clara	Branco Brilhante	Normal
III	Não homogêneo, cinza	Não Clara	Branco para Cinza	Normal à discreta diminuição
IV	Não homogêneo, cinza para preto	Ausente	Cinza para Preto	Normal à moderada diminuição
V	Não homogêneo, preto	Ausente	Cinza para Preto	Espaço discal colapsado

Seguindo essa tendência, o estudo aqui relatado teve por objetivo correlacionar medidas quantitativas de textura e forma extraídas de imagens ponderadas em T2 com as respectivas análises de degeneração discal baseadas na classificação de Pfirrmann.

Material e métodos

Foram utilizadas imagens de RM de 210 discos da região lombar da coluna, extraídos de exames de 98 indivíduos voluntários, adultos, de ambos os sexos, com idade entre 20 e 80 anos e estão divididos em dois grupos. Um grupo possui 85 indivíduos adultos assintomáticos, saudáveis, sedentários, de ambos os sexos, com idade entre 20 e 40 anos. O outro grupo é formado por 13 indivíduos sintomáticos, sedentários, de ambos os sexos, com idade entre 30 e 80 anos. A inclusão do segundo grupo foi necessária para contemplar o grau V de degeneração discal. Com isso a base de imagens ficou composta por 26 discos classificados com grau 1, 67 com grau 2, 66 com grau 3, 30 com grau 4 e 21

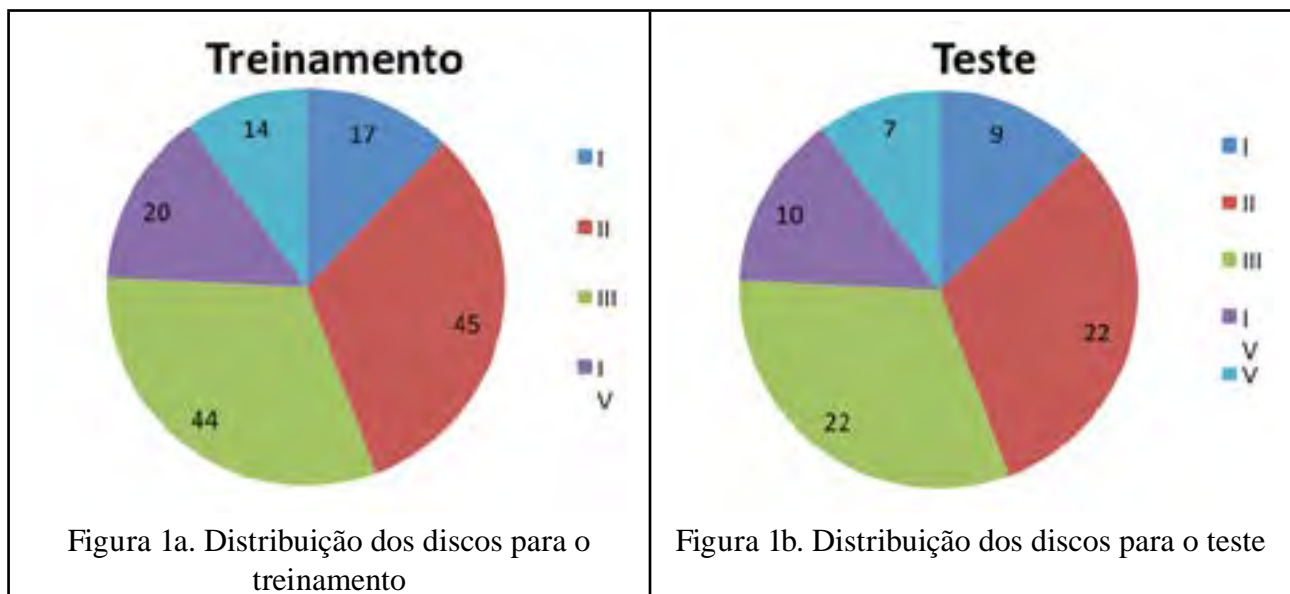
com grau 5. Os exames de RM foram realizados em aparelho de Ressonância Magnética de 1.5 Tesla, modelo ACHIEVA da Philips instalado no Serviço de Radiodiagnóstico do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto-USP. Os parâmetros de aquisição foram: plano sagital, FOV = 22x22cm, espessura de corte = 4mm, número de cortes = 16, tempo de echo = 120ms, tempo de repetição = 3900ms, tamanho da imagem = 512x512 pixels, obtendo as imagens ponderadas em T2. As imagens originais em formato DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine) foram convertidas para o padrão JPEG.

Os discos intervertebrais foram classificados por dois médicos radiologistas especialistas de acordo com Pfirrmann (4), nos casos onde houve discordância entre os dois profissionais, um terceiro radiologista com 16 anos de experiência em RM de coluna vertebral definiu a correta avaliação, e esta classificação foi utilizada como padrão “ouro” para a validação do algoritmo computacional desenvolvido.

Para este estudo foi aplicado o algoritmo desenvolvido por Barreiro et al. (11), que utiliza imagens da área central da coluna vertebral ponderada em T2, analisando a condição dos discos localizados nas regiões L1-L2, L2-L3, L3-L4, L4-L5 e L5-S1. Esta análise se inicia com a segmentação semi-automática de cada disco, com a posterior extração dos atributos de textura definidos por Haralick (12), dos momentos invariantes definidos por Hu (13), e extração de outros atributos como altura, largura, e localização na imagem gerando um vetor de características com 39 atributos para cada disco.

Com o objetivo de reduzir a dimensionalidade deste vetor, foi realizada a seleção de atributos, utilizando uma rede neural artificial (RNA) do tipo multilayer perceptron (MLP) como avaliador de subconjunto e busca exaustiva como o método de pesquisa, obtendo-se um vetor com apenas 6 atributos, que são: altura, energia, média da soma, primeiro momento invariante, momento C00 e momento C11. Estes atributos são utilizados como valores de entrada de outra RNA que faz a classificação dos discos.

Para o treinamento da RNA de classificação, os 210 discos foram separados em um conjunto de treinamento e outro de teste, sendo que 2/3 dos dados (140) foram utilizados para treinamento e 1/3 dos dados (70) foram utilizados para teste. Como o conjunto de dados não é homogêneo, foi feita uma separação proporcional das amostras de cada subgrupo segundo os cinco graus da classificação de Pfirrmann, ficando os conjunto de treinamento e de teste de acordo com as figuras 1a e 1b.



A RNA criada para a classificação deste estudo é do tipo MLP, com algoritmo de treinamento do tipo backpropagation. A arquitetura da MLP é definida por 6 neurônios na camada de entrada, 15 neurônios na camada intermediária e 1 neurônio na camada de saída. Essa arquitetura foi selecionada

empiricamente, de forma exaustiva, após sucessivas tentativas para a determinação do melhor desempenho. As 6 entradas da rede estão relacionadas aos seis atributos extraídos das imagens ponderadas em T2.

Após treinar a rede, o conjunto de teste foi submetido à RNA. Cada saída obtida com o conjunto dos seis atributos provenientes de cada disco, foi comparada a classificação de Pfirrmann esperada e o calculado do erro padrão para a proporção de acertos foi feita considerando-se a equação 1.

$$erro = Z * \frac{\alpha}{2} * \sqrt{\frac{\hat{p} * (1 - \hat{p})}{n}} \quad (1)$$

Onde:

Z = Valor tabelado da distribuição normal padronizada,

α = é o nível de significância,

\hat{p} = é a proporção de acerto,

n = tamanho da amostra.

Resultados

Nos experimentos realizados com todos os 39 atributos, a média no nível de acerto foi de 76,19% com erro padrão da proporção de 9,97%. Porém com os experimentos utilizando os 6 atributos indicados no procedimento de seleção de atributos, a média no nível de acerto foi de 81,42%. Considerando o cálculo do intervalo de confiança da proporção pela distribuição normal padronizada, pode-se afirmar com 95% de confiança, que a taxa de acerto está entre 72,31% e 90,53%, sendo o erro padrão da proporção de 9,11%.

A Tabela 2 apresenta os resultados da classificação, as (TP) taxas de verdadeiro-positivos para os diferentes níveis de degeneração variou entre 0,742 e 0,905, com uma média ponderada das taxas de TP de 0,814. As áreas sob a curva ROC (AUC) para os diferentes níveis de degeneração variou entre 0,896 e 1,000, com uma média ponderada de 0,935.

A Tabela 2. resultados da classificação usando os vetores obtidos com os 6 atributos. (TP = True-positivo, FP = Falso-positivo, AUC = Área sob a curva ROC, W. Avg. = Média ponderada)

A Tabela 2. resultados da classificação usando os vetores obtidos com os 6 atributos. (TP = True-positivo, FP = Falso-positivo, AUC = Área sob a curva ROC, W. Avg. = Média ponderada)

	TP rates	FP rates	AUC
Grau I	0,885	0,000	0,993
Grau II	0,821	0,133	0,919
Grau III	0,742	0,111	0,896
Grau IV	0,833	0,022	0,961
Grau V	0,905	0,000	1,000
W. Avg.	0,814	0,080	0,935

Discussão

Os resultados iniciais indicam que o método proposto apresenta bom potencial, com valores de acerto elevados.

A seleção de atributos dos vetores obtidos permitiu uma redução nos dados em quase sete vezes comparado com o número de atributos nos vetores de atributos completo, além de obter um melhor resultado.

As limitações do presente estudo estão na distribuição não uniforme de casos entre os níveis de degeneração do disco e o número total de discos utilizados, apenas 210.

Conclusão

Foi apresentado um método para classificar atributos quantitativos extraídos de imagens ponderadas em T2 com as respectivas classificações de Pfirrmann, em imagens de RM de discos intervertebrais, utilizando-se atributos de textura e forma e redes neurais artificiais. Os resultados indicam que a redução de dimensionalidade teve um efeito positivo sobre os resultados da classificação. As AUC indicam sensibilidade e especificidade satisfatórias dos métodos propostos para o conjunto de dados usados, indicando a viabilidade da abordagem proposta para classificação semi-automática da degeneração do disco intervertebral em imagens de RM ponderadas em T2.

Agradecimentos

Esta pesquisa foi parcialmente financiada pela CAPES, CNPq, FAPESP, IFTM e pelo Conselho de Pesquisa em Engenharia e Ciências Naturais do Canadá.

Referências

- [1] Takatalo J, Karppinen J, Taimela S, Niinimäki J, Laitinen J, Blanco Sequeiros R, et al. Body mass index is associated with lumbar disc degeneration in young Finnish males: subsample of Northern Finland birth cohort study 1986. *BMC Musculoskelet Disord* [Internet]. 2013;14:87. Available from: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=3599904&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>
- [2] Kerttula L, Kurunlahti M, Jauhiainen J, Koivula A, Oikarinen J, Tervonen O. Apparent diffusion coefficients and T2 relaxation time measurements to evaluate disc degeneration : A quantitative MR study of young patients with previous vertebral fracture. *Acta radiol* [Internet]. 2001 Jan;42(6):585–91. Available from: <http://acr.sagepub.com/lookup/doi/10.1080/028418501127347241>
- [3] Luoma K, Vehmas T, Riihimäki H, Raininko R. Disc height and signal intensity of the nucleus pulposus on magnetic resonance imaging as indicators of lumbar disc degeneration. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2001;26(6):680–6.
- [4] Pfirrmann CW, Metzdorf A, Zanetti M, Hodler J, Boos N. Magnetic resonance classification of lumbar intervertebral disc degeneration. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2001;26(17):1873–8.
- [5] Stelzeneder D, Welsch GH, Kovács BK, Goed S, Paternostro-Sluga T, Vlychou M, et al. Quantitative T2 evaluation at 3.0T compared to morphological grading of the lumbar intervertebral disc: A standardized evaluation approach in patients with low back pain. *Vol. 81, European Journal of Radiology*. 2012. p. 324–30.
- [6] Nagy SA, Juhasz I, Komaromy H, Pozsar K, Zsigmond I, Perlaki G, et al. A Statistical Model for Intervertebral Disc Degeneration: Determination of the Optimal T2 Cut-Off Values. *Clinical Neuroradiology*. 2013;1–9.

- [7] Michopoulou S, Costaridou L, Vlychou M, Speller R, Todd-Pokropek A. Texture-based quantification of lumbar intervertebral disc degeneration from conventional T2-weighted MRI. *Acta radiol.* 2011;52(1):91–8.
- [8] Alomari RS, Corso JJ, Chaudhary V, Dhillon G. Toward a clinical lumbar CAD: Herniation diagnosis. *Int J Comput Assist Radiol Surg.* 2011;6(1):119–26.
- [9] Oktay AB, Albayrak NB, Akgul YS. Computer aided diagnosis of degenerative intervertebral disc diseases from lumbar MR images. *Comput Med Imaging Graph.* 2014;38(7):613–9.
- [10] Jong JJA de. Automatic quantification of intervertebral disc degeneration assessed by T2-weighted magnetic resonance imaging. 2012.
- [11] Barreiro MS, Nogueira-Barbosa MH, Rangayyan RM, de Menezes Reis R, Pereyra LC, Azevedo-Marques PM. Semiautomatic classification of intervertebral disc degeneration in magnetic resonance images of the spine. 5th ISSNIP-IEEE Biosignals Biorobotics Conf Biosignals Robot Better Safer Living [Internet]. 2014 May;1–5. Available from: <http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=6880984>
- [12] Haralick RM, Shanmugam K, Dinstein I. Textural Features for Image Classification. *IEEE Trans Syst Man Cybern.* 1973;3(6).
- [13] Hu MK. Visual Pattern Recognition by Moment Invariants. *IRE Trans Inf Theory.* 1962;8(2):179–87.

CONTATOS

e-mail: marcelobarreiro@iftm.edu.br

DETECÇÃO DE ANOMALIAS NOS PAGAMENTOS DO SISTEMA ÚNICO DE SAÚDE

ANOMALY DETECTION IN THE SISTEMA ÚNICO DE SAÚDE PAYMENTS

DETECCIÓN DE ANOMALÍAS EN LOS PAGOS DEL SISTEMA ÚNICO DE SAÚDE

Renato M. Assunção¹, Osvaldo S. F. Carvalho², Marcos O. Prates³ e Marcelo Almeida Campos⁴

¹Professor Titular, Departamento de Ciência da Computação, Universidade Federal de Minas Gerais

²Professor Associado, Departamento de Ciência da Computação, Universidade Federal de Minas Gerais

³Professor Associado, Departamento de Estatística, Universidade Federal de Minas Gerais

⁴Médico, Secretaria Municipal de Saúde de Belo Horizonte

RESUMO: Objetivos: Este artigo descreve o INFOSAS, um sistema moderno, interativo e automático de detecção de discrepâncias no sistema de pagamento aos prestadores de serviços ao Sistema Único de Saúde (SUS) para posterior auditoria e verificação. **Métodos:** Algoritmos estatísticos de mineração de dados são aplicados aos dados do SUS cobrindo 269 grupos de procedimentos médicos em 5570 municípios e mais de 23 mil prestadores de saúde, num total de mais de 1.5 milhões de séries temporais. **Resultados:** Encontramos 6811 prestadores com valores considerados excedentes e discrepantes. Este grupo de prestadores é bastante desigual. O valor excedente concentrado nos 100 prestadores mais críticos é de 210 milhões de reais, ou 51% do total excedente estimado. **Conclusão:** O sistema INFOSAS pode ser utilizado no processo de indicação de casos para auditoria, melhorando a sua qualidade e reduzindo a frequência de auditorias desnecessárias.

Descritores: Mineração de dados; Auditoria Financeira.

ABSTRACT: Aims: This paper describes INFOSAS, a modern, interactive and automatic outlier detection in the payment system to the Sistema Único de Saúde (SUS) services providers for subsequent audit and verification. **Methods:** We apply statistical data mining algorithms to SUS data covering 269 groups of medical procedures in 5570 municipalities and more than 23,000 health care providers, summing up more than 1.5 million time series. **Results:** We found 6811 providers with amounts considered excessive and discrepant. This group of providers is quite uneven. The surplus value concentrated in the 100 most critical providers is 210 million of reais, or 51% of the total surplus estimated. **Conclusion:** The INFOSAS system can be used to point out to cases for auditing process, improving their quality and reducing the frequency of unnecessary audits.

Keywords: Data Mining; Financial Audit.

Introdução

A grande dimensão do setor de saúde e o enorme volume de dinheiro envolvido fazem dele um atraente alvo para fraudes em todo o mundo. Nos Estados Unidos, a National Health Care Anti-Fraud Association (NHCAA) estima que mais de \$60 bilhões são perdidos anualmente por fraude¹. O Brasil

gerencia o maior sistema de saúde pública do mundo, o Sistema Único de Saúde (SUS). Ele realiza mais de 3.5 bilhões de procedimentos ambulatoriais e mais de 12 milhões de internações hospitalares por ano, gastando quase 26 bilhões de reais com estes atendimentos. Mais de 220 mil estabelecimentos prestam serviços ao SUS, entre hospitais, clínicas e laboratórios. É óbvia a necessidade de um sistema de regulação e controle efetivo para cuidar de um sistema deste porte. Este sistema existe e funciona nas várias esferas em que o SUS se organiza, municipal, estadual e federal.

Em 2013, procurando incorporar ferramentas de mineração de dados neste sistema de controle, o Ministério da Saúde contratou uma equipe do Departamento de Ciência da Computação (DCC) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), sob a coordenação e liderança do segundo autor deste artigo, para desenvolver um sistema moderno, interativo e automático de detecção de anomalias para posterior auditoria e verificação.

A produção do SUS é mensalmente registrada nas bases Sistema de Informação Ambulatorial (SIA)² e Sistema de Informação Hospitalar (SIH)³, com informações sobre atendimentos ambulatoriais e hospitalares, respectivamente. O Ministério da Saúde mantém também uma base de dados com cadastro de estabelecimentos, o CNES⁴. O INFOSAS utiliza também dados populacionais do IBGE.

A Figura 1 mostra a arquitetura do sistema INFOSAS. Mensalmente, os dados de produção e de população alimentam uma tabela com fatos básicos, que por sua vez alimenta algoritmos de mineração. Usando esses algoritmos, o INFOSAS produz o que chamamos de *folhas de fatos*. Uma folha de fatos mostra tabelas e gráficos que relacionam um período de análise, um estabelecimento e um *alvo de mineração*.

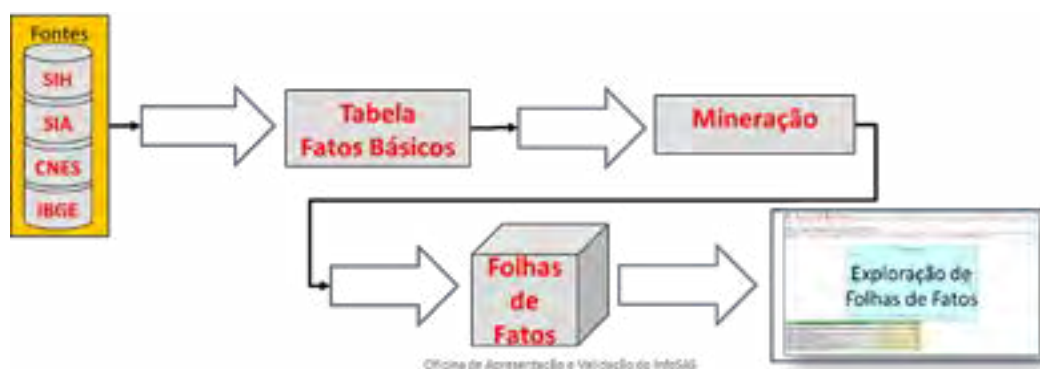


Figura 1: Arquitetura do INFOSAS

Alvos de mineração são filtros sobre os dados de atendimento do SUS, definidos tipicamente por conjuntos de procedimentos da tabela do SUS⁵. Um exemplo de alvo de mineração é o MC Cirurgia Parede Torácica (041204), definido como “*forma de organização de internação é igual a parede torácica e a complexidade é igual a média*”. Outro exemplo de alvo é Diagnóstico por Ressonância Magnética (0207), definido como “*sub-grupo ambulatorial igual a diagnóstico por ressonância magnética com o município do paciente preenchido*”.

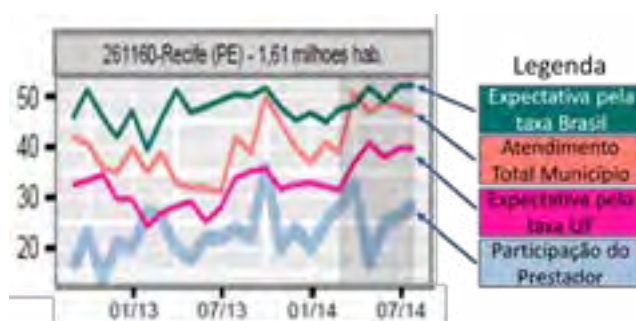


Figura 2: Dados de cobertura populacional para o alvo SIH UTI - AC - Cirurgia cardiovascular - Cardiologia intervencionista (040603)

A Figura 2 mostra um exemplo de gráfico presente em folhas de fatos. Ali podemos ver que o atendimento total prestado a residentes em Recife ficou ligeiramente abaixo do que seria a taxa média brasileira de atendimentos por habitante multiplicada pela população de Recife e ligeiramente acima do esperado pela taxa média de Pernambuco. A participação do prestador em questão se manteve como uma fração significativa deste atendimento, sem nunca ter atingido o atendimento total.

Dados mostrados nas folhas de fatos produzidas pelo INFOSAS podem ser verificados de forma independente por qualquer usuário, utilizando por exemplo o aplicativo Tabwin distribuído pelo DATASUS⁶.

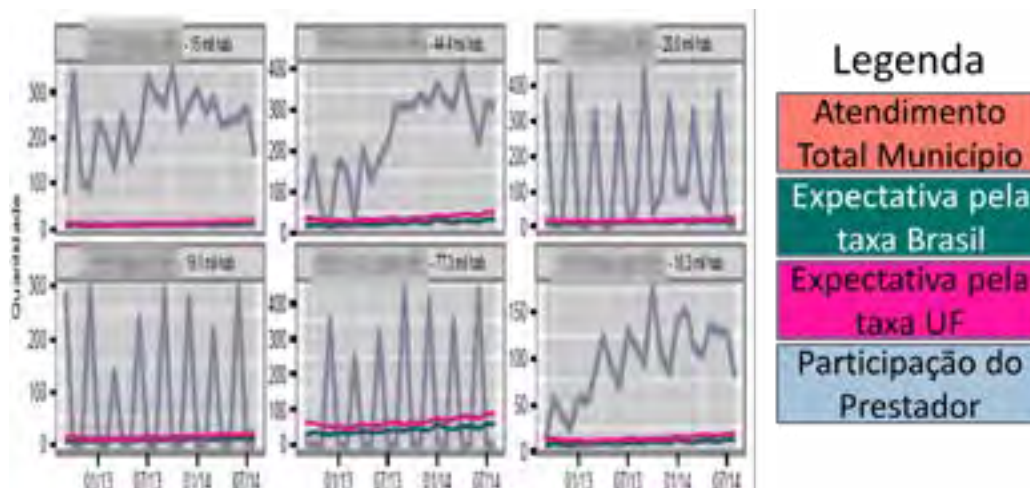


Figura 3: Um exemplo de anomalia estatística no atendimento por um mesmo prestador a residentes em municípios

Alguns fatos podem evidenciar a ocorrência de anomalias estatísticas, como é o caso mostrado na Figura 3: Um exemplo de anomalia estatística no atendimento por um mesmo prestador a residentes em municípios. Ali podemos observar que o número de atendimentos a todos os seis municípios mostrados está muito acima do esperado pelas taxas brasileiras e do estado, e a superposição das curvas do atendimento total do município e da participação do prestador indicam que estes atendimentos foram praticamente monopolizados pelo prestador em questão.

Outra anomalia possível é o valor excessivo cobrado em uma Autorização de Internação Hospitalar (AIH), como mostrado na Figura 4: Exemplo de anomalia estatística no valor de internações hospitalares de um prestador. O eixo horizontal mostra o tempo, marcado em meses, de junho de 2012 a maio de 2014. O eixo vertical mostra o valor médio pago por procedimento realizado no mês no alvo escolhido pelo usuário. Existem duas curvas. Uma, em verde, mostra o valor médio no Brasil. A outra, em azul, mostra o valor médio praticado pelo estabelecimento sob análise. Pequenos números em cada mês junto à curva azul mostram o número de procedimentos sobre os quais a média foi calculada. Claramente, o valor médio neste estabelecimento e neste alvo estão muito acima do valor típico no Brasil.

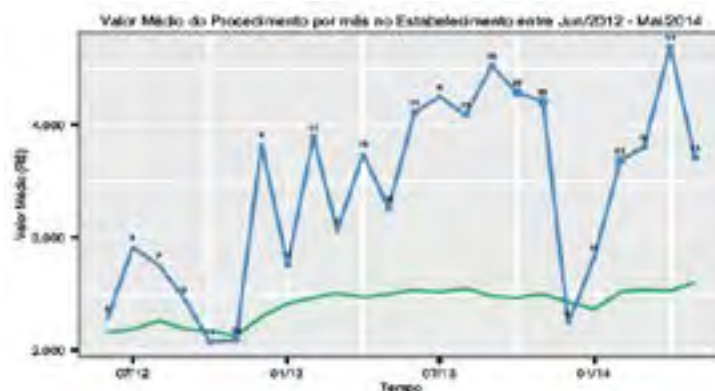


Figura 4: Exemplo de anomalia estatística no valor de internações hospitalares de um prestador

Anomalias encontradas pelo INFOSAS são apenas o que o nome indica: anomalias estatísticas, que podem sim ter sido provocadas por fraudes, mas que também podem resultar de processos corretos de ocorrência pouco frequente, como mutirões ou transferências de serviços entre prestadores, ou de informação incorreta nos registros de atendimentos, como o lançamento do endereço do hospital ao invés do endereço do paciente. Taxas de cobertura com valores muito acima do esperado pela taxa brasileira podem também simplesmente resultar de uma má distribuição do atendimento no país, com os municípios com atendimento anômalo sendo aqueles poucos com o atendimento correto. Cabe ao usuário do INFOSAS analisar cada caso para chegar à interpretação correta ou buscar mais informações diretamente com o prestador dos serviços ou gestor.

Com os devidos cuidados, anomalias estatísticas são informações de alto interesse para gestores. Folhas de fatos podem ser elementos de decisão para o lançamento por gestores de auditorias ou de outros procedimentos para uma apuração mais detalhada das causas das anomalias estatísticas.

Examinar todas as folhas de fatos procurando por indicações de anomalias é, entretanto, inviável. Temos aproximadamente 5000 alvos, 6000 prestadores e, se considerarmos somente 3 anos de produção, com janelas de 12 meses para os 36 meses, temos mais de 1 bilhão de folhas a serem examinadas. É aí que o INFOSAS mostra o seu valor, utilizando algoritmos que procuram capturar a ocorrência de anomalias, e produzindo *scores* numéricos que permitem ordenação e priorização das folhas de fatos.

O INFOSAS permite também que seu usuário restrinja sua análise a um determinado estado, a uma região de saúde, ou a um município, a um mês determinado e a uma extensão da janela de tempo onde os dados são examinados, e também a um alvo ou conjunto de alvos, conforme mostra a Figura 5: Filtros para seleção de alvo de mineração e de recorte geográfico para a localização de prestadores.

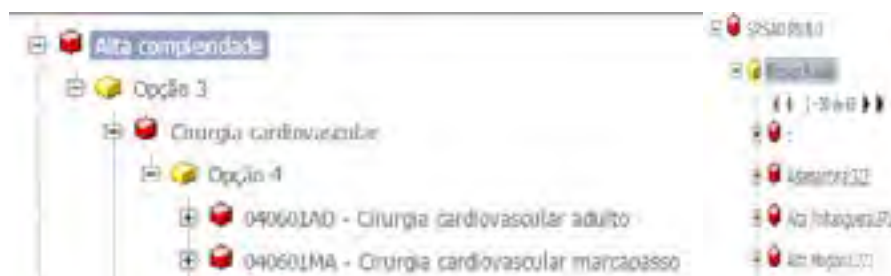


Figura 5: Filtros para seleção de alvo de mineração e de recorte geográfico para a localização de prestadores

Feita a seleção, o INFOSAS produz um relatório com as folhas de fatos com os 100 maiores *scores* de anomalia. A Figura 6: Relatório com as 100 folhas de fatos com maiores *scores* mostra uma parte de um relatório para o conjunto de alvos “030305 Tratamento de doenças do aparelho da visão”,

restrito à região Nordeste, com janela de tempo de análise de 24 meses terminando em agosto de 2014. Obscurecemos informações sobre municípios e estabelecimentos por não estarmos autorizados a divulgar esses dados pelo Ministério da Saúde.

Rank	Processo	Descrição	Valor	Outro Valor
104	ES - Procedimento clínico	T003 - Tratamento de doenças de aparelho de visão (C0000)	1,46	2.477,267.00
103	ES - Procedimento clínico	T003 - Tratamento de doenças de aparelho de visão (C0000)	1,38	1.013,507.27
102	ES - Procedimento clínico	T003 - Tratamento de doenças de aparelho de visão (C0000)	1,27	2.042,248.00
101	ES - Procedimento clínico	T003 - Tratamento de doenças de aparelho de visão (C0000)	1,25	1.825,502.00
100	ES - Procedimento clínico	T003 - Tratamento de doenças de aparelho de visão (C0000)	1,25	1.413,832.24

Figura 6: Relatório com as 100 folhas de fatos com maiores escores

No restante deste artigo, vamos descrever os princípios e diretrizes adotados pelo INFOSAS e os principais algoritmos usados para a detecção das anomalias. Como os dados são massivos, o armazenamento, compressão e gestão de dados devem ser cuidadosamente concebidos. Igualmente importantes, o anonimato e segurança dos dados devem ser garantidos. Estes aspectos do INFOSAS não são tratados neste artigo. Nós vamos focar nos principais algoritmos desenvolvidos para detectar anomalias e na sua combinação para gerar um escore unificado para cada provedor de serviços de saúde. Em seguida, apresentamos alguns resultados obtidos com o INFOSAS e os ganhos que ele pode trazer para o SUS. Concluimos com algumas perspectivas sobre o desenvolvimento futuro do INFOSAS.

Métodos

Princípios e Diretrizes

O INFOSAS foi construído com base em certos princípios e diretrizes definidas a priori ou que fomos aprendendo e assimilando à medida que trabalhamos no projeto. Desde o início sabíamos que não haveriam exemplos rotulados de anomalias ou fraudes para nos guiar na construção de regras de classificação de novos casos. O conhecimento de não conformidades identificadas por auditoria do Departamento de Regulação, Avaliação e Controle de Sistemas (DRAC) do Ministério da Saúde permitiria a confirmação de anomalias eventualmente detectadas pelo INFOSAS. Infelizmente, esta informação não está disponível e isto nos jogou no mundo da análise de classificação não-supervisionada, uma seara mais difícil e mais imprecisa que o mundo da classificação supervisionada^{7,8}. Decidimos focar as técnicas de análise nas séries temporais de procedimentos realizados nos municípios de residência dos pacientes por cada estabelecimento. Um segundo elemento que nos surpreendeu no início foi a heterogeneidade de padrões estatísticos nestas séries temporais. Nenhum modelo conhecido de séries temporais, tais como modelos ARIMA ou modelos de espaços de estados⁹, seria capaz de dar conta de toda a variação que observávamos nas séries.

Percebemos que a conclusão alcançada em outros domínios também é válida no nosso caso. A saber, que nenhum algoritmo de detecção poderia detectar sozinho todos os tipos de fraude. Por isto, o INFOSAS usa muitos algoritmos simples de detecção em vez de um único algoritmo complexo. Cada

um desses algoritmos simples gera um escore de discrepância. Quanto maior seu valor, mais anômalo é o estabelecimento no aspecto capturado pelo indicador.

Usar vários algoritmos simples implica no problema de combiná-los apropriadamente. Vários algoritmos de detecção podem gerar um alerta sobre um mesmo estabelecimento de saúde, e esses alertas são combinados em um único escore final associado ao estabelecimento. Esta combinação deveria levar em conta a importância diferenciada dos algoritmos.

Outro aspecto óbvio é a necessidade de usar métodos automáticos por causa do volume massivo de dados. Menos evidente é a necessidade de usarmos métodos robustos de análise. Na análise de dados, métodos robustos são aqueles que não são sensíveis a pontos aberrantes (ou *outliers*) ou a erros grosseiros. Por exemplo, a mediana de um conjunto de dados é sempre preferível ao cálculo da média aritmética, por este critério. As duas medidas fornecem uma estimativa de valor central, mas a mediana não é afetada pela presença de até 50% de dados muito diferentes dos demais, enquanto a média aritmética pode ser drasticamente modificada.

Uma diretriz fundamental que norteia o INFOSAS desde o início é o custo muito elevado de falsos positivos. Após identificar de forma automática um estabelecimento, ele deve sofrer um escrutínio detalhado por parte de analistas. O INFOSAS detecta discrepâncias estatísticas que podem ser efeitos colaterais de irregularidades, mas que também podem resultar de processos corretos de ocorrência pouco frequente. Exemplos possíveis incluem os mutirões ou transferências de serviços entre prestadores de serviços que provocam eclosões de procedimentos similares num curto espaço de tempo num mesmo local. Comparando com a história deste local, esta eclosão é uma anomalia e acaba sendo captada pelo INFOSAS. Outro problema é o lançamento de informação incorreta, como o lançamento do endereço do hospital ao invés do endereço do paciente. Cabe ao gestor examinar evidências e eventualmente decidir por alguma ação. De qualquer forma, esta é uma atividade que consome muito tempo e recursos humanos muito qualificados. Caso o analista decida que as evidências são grandes, uma auditoria presencial aumenta os custos do processo deflagrado pelo INFOSAS. Dessa forma, o efeito de falsos positivos pode ser muito grande, podendo até mesmo inviabilizar o sistema se eles forem muito frequentes.

Algoritmos

Procuramos detectar dois tipos de discrepâncias: um valor médio excessivo cobrado por procedimentos dentro de um alvo e um número excessivo na produção de um procedimento por parte de um estabelecimento. Analisamos as séries temporais de valor médio mensal por procedimento e de produção mensal em cada alvo desejado. Tais séries são calculadas por estabelecimento e por município de residência do paciente. Vários indícios de anomalias são analisados e, para cada um deles, um escore de discrepância é calculado. Estes escores possuem faixas de variação muito diferentes e precisam ser combinados.

Por falta de espaço para descrever em detalhes todos os escores, vamos apresentar a seguir a definição de dois deles, junto com exemplos ilustrativos de seu uso. A seguir, mostramos como combinamos os escores.

Desvio da mediana de valor/produção

O objetivo deste algoritmo é comparar a produção (ou o valor médio mensal cobrado) pelo estabelecimento com sua própria série histórica de produção (ou de valor médio). Se houver uma mudança muito abrupta na série, o algoritmo atribui um escore de discrepância ao estabelecimento. Mais especificamente, em cada mês i e para cada estabelecimento l , nós calculamos

$$escore_{li} = \frac{t_{li} + 1}{mediana_{li} + 1}$$

onde t_{li} é a quantidade de interesse (produção/valor médio) para o l -ésimo estabelecimento no i -ésimo mês, $mediana_{li}$ é a mediana dos últimos m meses para a quantidade de interesse do l -ésimo estabelecimento no i -ésimo mês.

A Figura 7 mostra o uso deste algoritmo com dados de certo alvo. A linha azul mostra a série mensal do estabelecimento. A linha vermelha é a mediana dos últimos 12 meses desse mesmo estabelecimento. Assim, a linha vermelha captura uma tendência histórica do estabelecimento, mas não é afetada por anomalias presentes nos últimos seis meses a partir do mês de referência. A produção deste estabelecimento no mês de março de 2012 foi de 34 procedimentos. A mediana dos últimos 12 meses (a partir de março de 2012) é igual a 11. Desta forma, neste mês e neste estabelecimento, o escore associado com este algoritmo é igual a $(34+1)/(11+1) = 2,92$.

Produção do município

O objetivo deste algoritmo é estabelecer um limiar para a produção do estabelecimento exercida nos municípios em que ele atua tomando como base a produção brasileira por 100 mil habitantes. Analisamos a série temporal de produção realizada por todos os estabelecimentos nos residentes de um município. Caso este município tenha uma produção acima do limiar, o algoritmo atribui um escore de discrepância para ele. Em seguida, o escore é repartido proporcionalmente aos estabelecimentos que produziram nesse município.

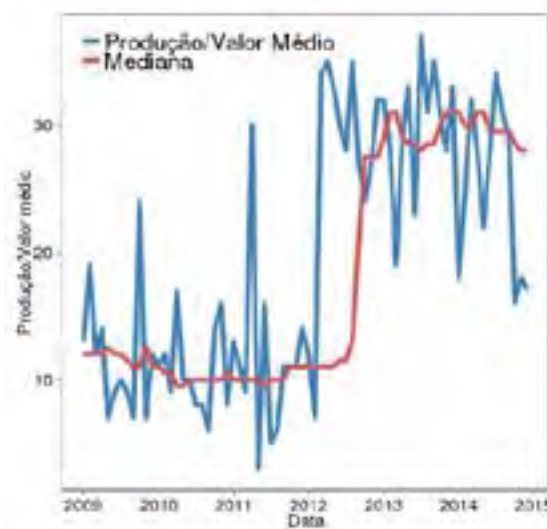


Figura 7: Ilustração do algoritmo do desvio da mediana

O escore do estabelecimento é obtido somando-se os escores que ele obteve em cada município em que atuou. Mais formalmente, o escore de produção do município é calculado como uma soma acumulada nos últimos 12 meses:

$$escore_{li} = \sum_{j=i-11}^i dif_{lj}$$

onde $dif_{li} = \max\{0, tBayes_{li} - limiar_i\}$ e $limiar_i = k_3 * taxaBrasil_i$. O valor de $taxaBrasil_i$ é a taxa de produção mensal brasileira por 100 mil habitantes no mês i , $tBayes_{li}$ é a taxa bayesiana empírica por 100 mil habitantes no mês i para o município l e k_3 é uma constante previamente definida. Em nossos estudos, temos usado $k_3 = 3$. A taxa bayesiana empírica é uma técnica estatística para calcular taxas e razões que não é afetada pela flutuação de pequenas populações¹⁰. É bastante conhecido

o problema de calcular taxas de eventos raros em populações pequenas, quando um ou dois eventos a mais podem fazer a taxa flutuar brutalmente. A Figura 8 ilustra o uso deste algoritmo considerando 6 municípios em que um certo estabelecimento atua.

A linha azul representa toda a produção realizada nos residentes de cada município enquanto a linha vermelha denota um limiar calculado a partir da taxa brasileira, da população do município, acrescida de uma enorme margem de segurança (três vezes o que se espera em média no município). Assim, comportamentos como aqueles verificados nos municípios 1 e 2 são muito atípicos, desviando-se muito do que é esperado.

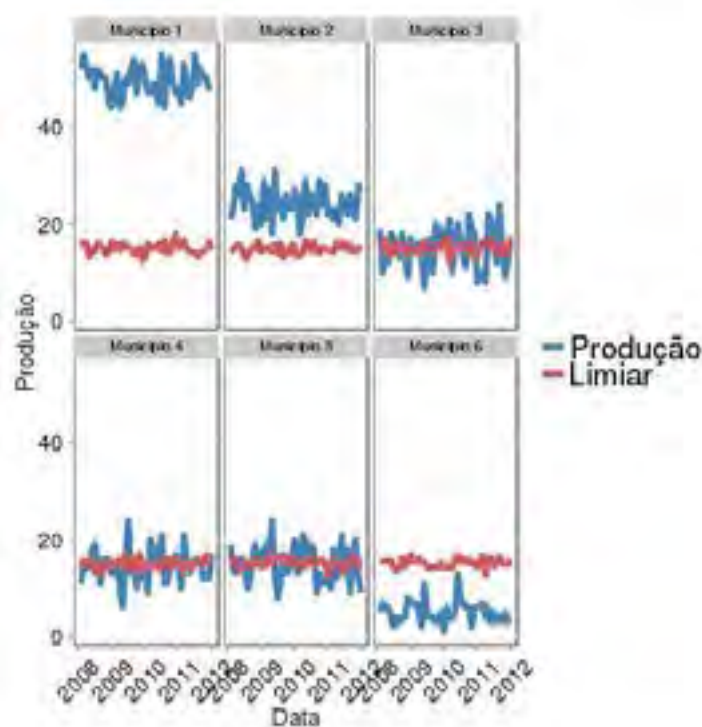


Figura 8: Ilustração do algoritmo da produção do município.

O score pode ser igual a zero caso a linha azul esteja abaixo do limiar nos últimos 12 meses. Cada estabelecimento prestando serviços às populações desses municípios recebe uma parcela do score de anomalia calculado em cada município. Esta parcela é proporcional ao volume de serviços prestado pelo estabelecimento aos residentes daquele município.

Combinando os escores

INFOSAS possui uma série de algoritmos como estes que apresentamos anteriormente, cada um deles procurando captar algum tipo de discrepância estatística na série temporal da produção ou do valor médio associado com um estabelecimento. Os escores devem ser combinados para criar um score unificado. Como as escalas numéricas dos diferentes escores são muito distintas, esta unificação não é óbvia.

Nosso procedimento básico foi transformar cada um dos escores de forma que eles estejam no intervalo entre 0 e 1. Quanto mais próximo do valor 1 mais anômalo é o estabelecimento naquele score. Para obter este valor entre 0 e 1, ajustamos de forma robusta uma distribuição de probabilidade gaussiana $N(\mu, \sigma^2)$ aos dados estatísticos de cada score. Após colocarmos os escores numa mesma escala, podemos combiná-los para criar um único número. Para isto, atribuímos pesos para cada algoritmo de acordo a capacidade esperada de detectar anomalias. Este peso é subjetivo e está associado com a importância que atribuímos a cada um dos algoritmos. O score unificado é dado por

$$score_{jk}^* = score_{ji} * w_j \quad \sum_{j=1}^k w_j = 1$$

onde w_j é o peso do j -ésimo score e $score_{ji}$ é o j -ésimo score padronizado do i -ésimo estabelecimento no i -ésimo mês. Estamos estudando formas de validar a escolha desses pesos.

Resultados e discussão

um dos resultados mais importantes do INFOSAS é a sua capacidade de análise do volume total de produção de serviços de saúde em busca de discrepâncias considerando cada prestador. Esta capacidade estará ao alcance das mãos dos analistas do Ministério da Saúde, dos estados e dos municípios, numa interface simples e amigável. Além desse uso em microescala, podemos também apresentar alguns resultados que o INFOSAS poderá trazer quando adotado. Mostramos nesta seção alguns números indicando que um esforço pequeno, concentrado e guiado pelo INFOSAS pode ser recompensado amplamente. Em particular, obtemos uma estimativa do valor em excesso que o SUS está dispendendo.

Analisamos usando os dados do ano de 2013. Foram movimentados um total de 19.9 bilhões de reais para realizar 789 milhões de atendimentos médicos. Deste total, numa estimativa muito conservadora, consideramos que 414 milhões foram gastos em excesso, ou 2% do total, divididos entre 350 milhões em alvos SIH e 64 milhões em alvos SIA. Analisamos 269 alvos disjuntos em 5570 municípios e mais de 23 mil prestadores de saúde, num total de mais de 1.5 milhões de séries temporais.

Encontramos 6811 prestadores com valores considerados excedentes e discrepantes. Este grupo de prestadores é bastante desigual. O valor excedente concentrado nos 100 prestadores mais críticos é de 210 milhões de reais, ou 51% do total excedente estimado. Na verdade, a concentração é bastante elevada: os top 5 prestadores são responsáveis por 9% do valor excedente, os top 10 por 15% e os top 20 por 24%. Apenas estes 20 prestadores mais críticos significam um valor excedente de 98 milhões de reais.

Para chegar a estes números, consideramos a série temporal mensal da taxa de cobertura de cada um dos 5570 municípios para cada um dos 269 alvos. A taxa de cobertura é a simplesmente taxa per capita de realização de atendimentos no mês. Para evitar flutuações estatísticas não associadas com desvios reais, aplicamos a correção bayesiana empírica de pequenas populações a estas taxas. Verificamos que distribuição log-normal fornece um excelente ajuste a estas taxas. Considerando apenas os municípios *outliers* em cada alvo, repartimos o valor excedente acima de um limiar extremamente elevado entre os prestadores que atenderam ao município-alvo em questão de forma *pro-rata*.

Conclusão

O sistema INFOSAS já foi apresentado em diversos foros nacionais (veja por exemplo um vídeo da Oficina de Controle e Avaliação, realizado em Brasília, em agosto de 2015, disponível no endereço https://www.youtube.com/watch?v=vIaR_Q7T-Us), e em todos eles, seus resultados foram julgados muito interessantes por especialistas em saúde pública. Por isso, acreditamos que o sistema INFOSAS pode ser utilizado no processo de indicação de casos para auditoria, melhorando a sua qualidade e reduzindo a frequência de auditorias desnecessárias.

Os próximos passos passam certamente pela realização de verificações *in loco*. Isto nos permitiria, por um lado, refinar os algoritmos já utilizados. Por outro lado, ao gerar uma amostra de casos corretamente rotulados como *anômalos* e *não-anômalos*, possibilita a utilização de métodos de aprendizado supervisionado. Estas técnicas de classificação supervisionadas são bastante poderosas e permitem uma melhor caracterização da tipologia de fraudes. No momento atual, a pedido do MS, estamos desenvolvendo um curso à distância de utilização do INFOSAS. Isto vai permitir o seu uso diretamente por gestores de todas as instâncias do SUS.

Agradecimentos

Este trabalho recebeu o apoio financeiro do Ministério da Saúde, FAPEMIG e CNPq. Os autores agradecem a todos os membros do projeto INFOSAS. Em particular, agradecemos a Maria Helena Brandão, Raquel Ferreira, Douglas Mesquita, Milton Pífano, Larissa Castro dos Santos, Tomas Schweizer, Fabiana Pereira Peixoto e Leticia Santos Neto. Agradecemos também ao então Secretário de Atenção Primária do Ministério da Saúde, Dr. Helvécio Magalhães, que em 2013 foi quem primeiro vislumbrou a possibilidade de um sistema automático de detecção de anomalias para o SUS.

Referências

- [1] Home - The NHCAA [Internet]. [citado 30 de maio de 2016]. Recuperado de: <https://www.nhcaa.org/>
- [2] SIA - DATASUS [Internet]. [citado 30 de maio de 2016]. Recuperado de: <http://datasus.saude.gov.br/sistemas-e-aplicativos/ambulatoriais/sia>
- [3] SIHSUS - DATASUS [Internet]. [citado 30 de maio de 2016]. Recuperado de: <http://datasus.saude.gov.br/sistemas-e-aplicativos/hospitalares/sihsus>
- [4] Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde [Internet]. [citado 30 de maio de 2016]. Recuperado de: <http://cnes.datasus.gov.br/>
- [5] SIGTAP - Sistema de Gerenciamento da Tabela de Procedimentos, Medicamentos e OPM do SUS [Internet]. [citado 1 de fevereiro de 2014]. Recuperado de: <http://sigtap.datasus.gov.br/tabela-unificada/app/sec/inicio.jsp>
- [6] DATASUS [Internet]. [citado 30 de maio de 2016]. Recuperado de: <http://www2.datasus.gov.br/DATASUS/index.php?area=060805>
- [7] Zaki M, Meira Jr.W. Data Mining: Fundamental Concepts and Algorithms. New York: Cambridge University Press; 2014.
- [8] Murphy K. Machine Learning: a probabilistic perspective. Cambridge: The MIT Press; 2012.
- [9] Shumway RH, Stoffer DS. Time Series Analysis and Its Applications: With R Examples. 3rd. ed. New York: Springer; 2011.
- [10] Assunção RM, Barreto SM, Guerra, HL, Sakurai E. Mapas de taxas epidemiológicas: uma abordagem Bayesiana. Cadernos de Saúde Pública, 1998, 14(4); 713-23.

Contato

Autor correspondente
Renato M. Assunção
Professor Titular, Departamento de Ciência da
Computação, Universidade Federal de Minas
Gerais
assuncao@dcc.ufmg.br

**DAS TÉCNICAS TRADICIONAIS ATÉ A SIMULAÇÃO REALÍSTICA
COM RECURSOS DE ENGENHARIA BIOMÉDICA APLICADO AO
DESENVOLVIMENTO DE HABILIDADES DAS CIÊNCIAS DA SAÚDE**

***OF TRADITIONAL TECHNIQUES TO THE REALISTIC SIMULATION
WITH ENGINEERING RESOURCES BIOMEDICAL APPLIED TO SKILLS
DEVELOPMENT OF HEALTH SCIENCES***

***DE LAS TÉCNICAS TRADICIONALES A LA SIMULACIÓN REALISTA
COM INGENIERÍA BIOMÉDICA RECURSOS APLICADOS A
DESARROLLO DE COMPETENCIAS DE CIENCIAS DE LA SALUD***

Heitor Hermes de Carvalho Rodrigues^{1,2}, Vicente Machado Neto² e Miguel Antônio Sovierzoski²

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Roraima (IFRR), Boa Vista, Brasil

²Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica (PPGEB), Brasil

²Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Curitiba, Brasil

Resumo: Objetivo: Este trabalho aborda sobre materiais didáticos tradicionais à simulação humana aplicado aos cursos da área da saúde para o desenvolvimento de habilidades de modo transversal a segurança do paciente. **Método:** Realizada uma pesquisa bibliográfica em: órgão internacional, legislação educacional, segurança do paciente, materiais didáticos tradicionais e simulação humana na literatura científica. **Resultados e Discussão:** Há uma tendência de utilizar simuladores humanos em instituições de ensino para os alunos adquirem habilidades profissionais com maior segurança e controle. **Resultados:** A utilização da simulação realística pode ser considerada um complemento ou substituição do método tradicional no século XXI, habilitando o profissional com um pensamento crítico-reflexivo, julgamento clínico, tomada de decisão e caráter ético.

Palavras-chave: Exercício de simulação; Aptidão; Engenharia Biomédica; Segurança do Paciente; Ética.

Abstract: Objective: This work addresses traditional teaching materials for human body simulation, which are employed by the health care courses for skills development in a transverse mode for the patients safety. **Method:** A bibliography search was carried out concerning: international organizations, educational legislations, patients safety, traditional teaching material and human body simulations in the scientific literature. **Results and Discussion:** There is a tendency for human body simulators to be used in educational institutions for the students to acquire professional skills within increased safety and control. **Results:** The use of realistic simulation can be considered a complement or a replacement to the traditional method in the XXI century, providing the professionals with critical-reflective thinking, clinical judgment, decision making and ethical character.

Keywords: Simulation Exercise; Aptitude; Biomedical Engineering; Patient Safety; Ethics.

Resumen: Objetivo: Este artículo se centra en los materiales tradicionales de enseñanza a la simulación humana aplicada a los programas de cuidado de la salud para el desarrollo de habilidades transversales de seguridad para el paciente. **Método:** llevó a cabo una búsqueda bibliográfica en: organización internacional, la legislación educativa, la seguridad del paciente, materiales de enseñanza tradicionales y simulación humana en la literatura científica.

Resultados y Discusión: *Hay una tendencia a utilizar simuladores humanos en las instituciones educativas para que los estudiantes adquieran conocimientos profesionales con mayor seguridad y control. Resultados:* *El uso de la simulación realista puede considerarse como un complemento o reemplazar el método tradicional en el siglo XXI, lo que permite al profesional con un pensamiento crítico y reflexivo, el juicio clínico, toma de decisiones y ética.*

Keywords: *Ejercicio de Simulación; Aptitud; Ingeniería Biomédica; Seguridad del Paciente; Ética.*

Introdução

Os profissionais da área da saúde inseridos no mercado de trabalho devem apresentar habilidades desenvolvidas para tomadas de decisão, pensamento crítico e reflexivo para solucionar situações peculiares à sua profissão, pois a sociedade apresenta novas demandas¹. O conhecimento é selecionado como pré-requisito para o mercado de trabalho contemporâneo, pois as empresas não têm interesse em saber qual instituição de ensino terminou determinado curso, mas sim, as habilidades profissionais². Para o aluno adquirir habilidades, o professor intensifica diversas estratégias didáticas em fragmentos ajustáveis conforme o currículo do curso somando características individuais dos alunos para uma crescente autonomia durante o processo de assimilação do conhecimento¹. Inserindo-se no mercado de trabalho ao término do curso na universidade, o recente profissional pode encontrar realidades modificadas devido às inovações tecnológicas. Por isso, esses novos profissionais devem obrigatoriamente ser criativos e flexíveis para um novo cenário crescente e complexo da sociedade dinâmica².

Os recursos e ferramentas tradicionais utilizados no ensino, como por exemplo, livros, canetas, provas e seminários talvez não sejam suficiente para a aplicação do desenvolvimento de esquemas, em outras palavras, assimilação para o indivíduo construir suas estruturas mentais ou cognitivas³. No século XX, surgiu a tecnologia educativa com o objetivo de modernizar o ensino em sala de aula³. Esse método atualmente denomina-se tecnologia da informação e comunicação (TIC) intensificando um impacto na qualidade do ensino nos processos educacionais que depende dos objetivos das práticas didático-pedagógicas⁴. Utilizar TICs no ensino aproxima o conceito de construtivismo do biólogo suíço Piaget, onde o professor transforma-se em facilitador, e alunos em protagonistas do processo de assimilação do seu próprio conhecimento a ser adquirido³. A recomendação nº195/2004 da Organização Internacional do Trabalho (OIT) aborda que Instituições de Ensino Superior (IESs) devem fazer uma revisão sistemática nos currículos dos cursos para adaptar-se às mudanças sociais e ao uso crescente de TICs⁵.

As TICs foram inseridas nas diretrizes curriculares nacionais para a educação profissional Técnica de Nível Médio e dos cursos de graduação de medicina, enfermagem e nutrição segundo o parecer do Conselho Nacional de Educação (CNE)^{6,7}. Um exemplo crescente de TIC predominante nas IESs nos cursos da saúde são os simuladores humanos, também conhecidos como manequim computadorizado ou simulador de paciente.

Duas definições que contextualizam a palavra “simular” segundo o dicionário online do Aulete significa “1 - Tentar fazer que pareça real o que não é”, “4 - Produzir ou representar, por meio de um sistema de informática, as características ou a evolução de fenômeno, situação ou processos concretos⁸”.

Os docentes da área da saúde podem utilizar manequins humanos computadorizados numa simulação como uma ferramenta inovadora para o ensino e desenvolvimento das habilidades⁹. É propício utilizar um ambiente clínico totalmente controlado para os alunos desenvolverem as habilidades técnico-científicas, comportamentais, pensamento crítico e resolução de problemas antes de pôr em prática seus conhecimentos em um paciente real demonstrando segurança e qualidade nos serviços prestados⁹.

A simulação realística no Brasil é uma implantação recente comparada a outros países como Estados Unidos e Reino Unido¹⁰. Apresenta efetividade no método de assimilação do conhecimento para tomada de decisão, reflexão crítica, controle no *stress* e habilidade psicomotora. Uma melhoria contínua para os alunos é somar tecnologia com política educacional resultando-se no desenvolvimento

do Brasil². Desta forma, acredita-se que utilizando simulação realística pode-se obter qualidade na educação e estar em conformidade com a recomendação da OIT.

O objetivo deste trabalho é realizar uma revisão bibliográfica sobre métodos tradicionais de ensino até o uso de recursos tecnológicos em engenharia biomédica com simuladores de pacientes em instituições de ensino para o desenvolvimento de habilidades nos cursos das ciências da saúde de modo transversal a segurança do paciente.

Métodos

O presente estudo aborda uma pesquisa bibliográfica sobre desenvolvimento de habilidades nas ciências da saúde utilizando os métodos tradicionais de ensino até recursos de engenharia biomédica, os simuladores de pacientes, com base na literatura científica, legislação, diretrizes e leis em órgãos públicos: Conselho Nacional de Educação (CNE), Ministério da Educação (MEC), Ministério do Trabalho e Emprego (MTE) por meio das Normas Regulamentadoras (NRs), Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), Organização Internacional do Trabalho (OIT), instituições de ensino e as empresas dos simuladores humanos de modo transversal à segurança do paciente.

Resultados e Discussão

Legislação da Educação no Brasil – Devido às recomendações da OIT em conjunto com as exigências do mercado de trabalho quanto à sociedade por meio de mudanças sociais e uso crescente de TICs a LDB (Lei de Diretrizes e Bases da Educação) foi criada pela lei 9.394 de 20 de dezembro de 1996, que trata das diretrizes e bases da educação no Brasil.^{5,11}

Histórico da Segurança do Paciente – Em 1999, o relatório com o título *To Err is Human* do *Institute of Medicine* (IOM) foi o marco-teórico sobre a preocupação pela segurança do paciente¹². O significado da palavra “segurança”, definido pelo Ministério da Saúde (MS), é próximo da portaria MS/GM nº 529/2013 da Organização Mundial de Saúde (OMS): reduzir os riscos como lesão e danos no decorrer da recuperação dos pacientes¹².

A Norma Regulamentadora (NR) do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE) nº 32 conforme a portaria 485, de 11 de novembro de 2005 dispõe de proteção à segurança e à saúde dos trabalhadores dos serviços de saúde. Destaca-se que o empregador deve oferecer aos seus profissionais cursos de formação inicial e continuada (FIC) conforme o art. 32.3.6.1.1, ou seja, capacitação durante sua atuação funcional em prol da segurança do paciente¹⁶.

A RDC/ANVISA (Resolução da Diretoria Colegiada da Agência Nacional de Vigilância Sanitária) nº 07, de 24 de fevereiro de 2010 aborda sobre redução de riscos aos pacientes e profissionais na UTI¹³. No Art. 17 explica o gerenciamento dos riscos inerentes às atividades desenvolvidas na unidade e segurança de pacientes e profissionais¹³.

A RDC/ANVISA nº 63, de 25 de novembro de 2011 dispõe sobre os requisitos de boas práticas de funcionamento para os serviços de saúde¹⁵. Fundamenta-se e concretiza-se a iniciação sobre a qualificação e capacitação dos profissionais da saúde na redução, controle e gerenciamento de riscos aos usuários e meio ambiente¹⁵.

A RDC/ANVISA nº 36, de 25 de Julho de 2013 institui ações para a segurança do paciente em serviços de saúde. Nesta resolução define o núcleo de segurança ao paciente (NPS), onde suas competências conforme o Art. 7 são apresentadas¹⁴: IV - elaborar, implantar, divulgar e manter atualizado o plano de segurança do paciente em serviços de saúde; VIII - desenvolver, implantar e acompanhar programas de capacitação em segurança do paciente e qualidade em serviços de saúde.

Em outubro de 2014, a Organização Pan-Americana da Saúde/Organização Mundial da Saúde (OPAS/OMS) formulou a resolução CD53/5, Rev. 2, aborda a estratégia para o acesso e cobertura universal à saúde com qualidade e segurança a todas as pessoas. Inicialmente disserta em quebrar barreiras socioeconômicas e culturais. É um desafio de utilizar os recursos de forma sistemática para a finalidade de promover a saúde com melhoria contínua, evitar erros adversos e prevenir doenças⁵.

Para evitar eventos adversos, o Ministério da Saúde (MS) implanta o programa nacional de segurança do paciente (PNSP), em 2014, com o objetivo de promover, sistematizar e ampliar os conhecimentos sobre segurança do paciente, incluindo este termo desde o ensino técnico a pós-graduação¹².

Métodos Tradicionais de Ensino de habilidades na Saúde – Há uma ligação paralela que relaciona a segurança do paciente com a habilidade do profissional que o atende, sendo assim a habilidade é uma construção evolutiva do desenvolvimento do processo ensino-aprendizagem inerente à profissão³³. Os métodos tradicionais de ensino consistem em excessos de conteúdos para o “aprender a aprender” podendo ser fragmentados, ou seja, uma aprendizagem incompleta¹⁷. Com este método o aluno não apresenta motivação e autonomia para a resolução de problemas, ao mesmo tempo, não reflete nas suas ações com aspectos sócio-ambientais e éticos nas suas práticas¹⁷. Um ponto crítico considerado é que as instituições de ensino não apresentam uma real necessidade do modelo educacional para integrar as prioridades da saúde da população¹⁷.

Outro ponto fragmentado, sendo talvez o mais importante para o pleno desenvolvimento de habilidades do futuro profissional da área da saúde está no aspecto ético, pois é necessário pôr em prática com pacientes, na maioria das vezes, estão com algum tipo de doença¹⁷. Há limitação física e ética para o aprendizado no cenário médico com estes enfermos, pois os mesmos têm autonomia e direitos, devendo haver uma ação pró-ativa contra riscos desnecessários a estes pacientes.

Uso de cadáveres – Um dos métodos tradicionais usados nos cursos das ciências da saúde e não põe em risco a segurança dos pacientes seria o uso de cadáveres. A manutenção de cadáveres em um laboratório é um procedimento caro e há riscos biológicos como, por exemplo, a contaminação. O autor Naik¹⁹ afirma que o uso de simulação ou ossos de animais poderia ser considerado um complemento dos métodos tradicionais na assimilação da aprendizagem e tomadas de decisão, porém para trabalhar nas habilidades técnicas necessárias de cirurgia óssea, ossos humanos é a melhor opção.

A lei nº 8.501, de 30 de novembro de 1992 legaliza a utilização de cadáveres, não reclamados, em Instituições de Ensino Superior (IESs) para fins de pesquisa científica. Há longos trâmites legais (sejam éticos e/ou administrativos) dos órgãos públicos até os corpos chegarem ao destino final, laboratórios de anatomia²⁰. Mesmo com o avanço da tecnologia como réplicas e ambientes virtuais de algumas partes anatômicas específicas, em anatomia ainda há predominância de cadáveres como parte essencial nos métodos tradicionais de ensino^{19,20}.

Evolução Tecnológica da Simulação Humana – Uma forma de solucionar um aspecto formativo na habilidade dos profissionais da área da saúde seria utilizar ferramentas de simulação em relação ao método tradicional de ensino por fixar autoconfiança nos alunos¹⁸. Porém, há pouca literatura para afirmar esta vantagem significativa na área acadêmica, mas resulta-se em boa qualidade nos serviços de saúde.

Há um número significativo de instituições de ensino e de saúde que utilizam simuladores, porém inicialmente é um custo elevado, mas em longo prazo visa um custo-benefício tanto para o paciente quanto para o futuro profissional. E pesquisas podem ser desenvolvidas nessa crescente temática que é a simulação¹⁸.

A referência adotada para classificar o simulador humano baseia-se no grau de fidelidade, ou seja, a proximidade da fisiologia e anatomia humana, no caso existe três tipos: baixa, média e alta^{21,22}. A IES antes de implantar simuladores para as novas perspectivas em aperfeiçoar as habilidades dos alunos da área da saúde deve realizar um planejamento prévio como um levantamento do quantitativo

de alunos, objetivo do currículo do curso, infraestrutura necessária com base na RDC/ANVISA nº 50, parte financeira, capacitação docente e a escolha do grau de fidelidade do simulador de paciente ou recurso tecnológico de engenharia biomédica apresentado na Tabela 1 com sua respectiva definição^{10, 23}.

Tabela 1 - Recursos Tecnológicos de Engenharia Biomédica utilizados em sistemas educacionais como estratégia para o desenvolvimento de Habilidades.

Recurso Tecnológico de Engenharia Biomédica	Definição Geral
Simulador humano de baixa fidelidade	São manequins estáticos, não controlado por computador, portátil e baixo custo ^{22,24} .
Simulador humano de média fidelidade	São manequins que geram sons fisiológicos como resposta aos variados estímulos como sons pulmonares e cardíacos, porém apresentam somente cabeça e tronco ²⁴ .
Simulador humano de alta fidelidade	Dentre os três tipos de fidelidade, é o mais caro, pois uma característica intrínseca é a aparência mais próxima da anatomia humana e pode controlar os parâmetros fisiológicos por meio de um computador ou outro dispositivo eletrônico com um software específico do fabricante do simulador de paciente. Desta forma, os simuladores de alta fidelidade resultam em uma simulação denominada “realística”.
Realidade Aumentada	É um sistema de computação gráfica que interage o usuário na sua própria infraestrutura com objetos virtuais pré-programados para pôr em prática suas habilidades táteis, visuais e sonoras ²⁵ .
Realidade Virtual	É um recurso computacional que envolve o usuário a um ambiente semelhante e familiarizado propiciando imersão, interação, simulação em tempo real e interação direto com periféricos de interface projetado em uma tela com um projetor ou com a utilização de um capacete especial denominado <i>Head Mounted Display</i> (HMD) ^{26, 27} .
Realidade Misturada	É um ambiente em que predomina tanto objetos reais e virtuais simultaneamente em tempo real com um recurso tecnológico se sobrepondo em um ambiente físico ²⁸ .
Simuladores para treino de habilidade	São partes anatômicas específicas de um manequim para treinamentos em determinados procedimentos médicos ^{10,22} .
Simuladores baseados em programas de computadores	São simuladores instalados em computadores para diagnosticar casos clínicos de um paciente virtual na resolução de problemas e tomada de decisão ^{22,25} .
Paciente Estandarizado e/ou Padronizado	São atores treinados para simular um caso clínico específico passando-se por um paciente da vida real com alguma doença ou acidente ²⁵ .
Simulação Híbrida	É a simulação que interage o paciente ator e um manequim em habilidades técnicas ¹⁰ .

Desvantagens em simular – Alguns docentes **não** utilizam e **não é bem visto em suas aulas; Deve haver** uma dedicação para capacitar os técnicos e docentes envolvidos com simulação; Exige uma dedicação e tempo para preparar os cenários, materiais e equipamentos.

Vantagens em simular – O uso do simulador humano permite repetir inúmeras vezes um procedimento até adquirir a habilidade e a prática em um ambiente totalmente seguro e controlado³⁰; Não apresenta riscos ao paciente³⁰; Devido aos múltiplos cenários pode ser adaptado ao assunto específico permitindo qualquer aluno seja de iniciação científica a doutorado adquira um conhecimento aprofundado e argumentado pelos docentes³⁰; Recapitular todos cenários gravados (*debriefing*) que foi vivenciado pelo aluno com o simulador de paciente, aprender com os erros e aperfeiçoar as habilidades³⁰; Desenvolver técnicas e habilidades de forma contínua em cenários não vivenciados nos estágios ou na vida profissional; Com o objetivo de atender às atuais exigências da sociedade, seja na iniciativa pública ou privada, os futuros profissionais são capazes de serem autônomos aptos a resolução de problemas e trabalhar em equipe em ambientes da área da saúde.

Avaliação Baseada em Habilidades empregando simulação – Uma pergunta norteadora se faz importante neste cenário de simulação: Como avaliar os alunos por meio da simulação e se realmente “sabem fazer”?

O exame clínico objetivo estruturado denominado (OSCE) cuja sigla em inglês significa *Objective Structures Clinical Examination* é uma ferramenta válida e propícia para avaliar as habilidades voltadas para a educação médica, pois é conhecida internacionalmente³¹. O OSCE é superior à avaliação somativa geralmente empregada como: provas teóricas ou escritas, seminários, trabalhos de conclusão de curso consideradas na esfera cognitiva²². Este método é heterogêneo para avaliar de forma unânime os alunos da área da saúde durante determinadas situações clínicas planejadas e estruturadas, conforme as estações (diferentes cenários), que requerem habilidades de comunicação, condutas e tomadas de decisão³².

O importante nesta ferramenta não é saber se “sabe” e sim se “faz” nos aspectos de avaliação formativa, verificando as diferentes habilidades, conhecimento, atitudes, autonomia, eficácia no processo de aprendizagem, conforme a Figura 1^{22,32}.

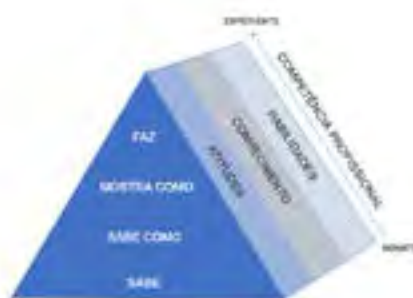


Figura 1: Pirâmide de Miller da competência Clínica. Fonte: Modificado de Quilici²²

Estado atual em Instituições de Ensino – Utilizando simulador humano, soma-se como um recurso de aprendizagem de forma segura e controlada para aperfeiçoar as habilidades em um ritmo crescente para uma aprendizagem significativa e continuada para novas possibilidades do conhecimento conforme as demandas sociais, políticas e éticas³³.

Na simulação humana, o aluno pode aprender com seus próprios erros “à vontade” não ocasionando nenhum prejuízo ao paciente, alinhando a informação didática com a experiência clínica adquirida³³.

Laboratório de Habilidades em algumas Instituições de Ensino – Um exemplo típico de um guia de habilidades em um laboratório de Habilidade e simulação da Universidade do Oeste Paulista (UNOESTE) é apresentado na Tabela 2³⁴.

Tabela 2: Exemplo de um passo-a-passo para o desenvolvimento de uma habilidade em sinais vitais – temperatura bucal. Fonte: modificado de UNOESTE³⁴.

Passo	Descrição
1	Reunir materiais: Bandeja com: Termômetro Antisséptico Algodão
2	Lavar as mãos
3	Explicar ao paciente o que vai ser feito
4	Colocar o termômetro sob a língua do paciente, recomendando que o conserve na posição
5	Orientar o paciente para que mantenha a boca fechada por 7 minutos
6	Retirar o termômetro, fazer a leitura da temperatura e anotar, escrevendo a letra “B” para indicar a letra onde foi verificado
7	Fazer o mercúrio descer e lavar o termômetro com água e sabão antes de guardá-lo
8	Fazer anotações no prontuário do paciente
9	Não utilizar essa via em pacientes em delírio, inconscientes, com lesões na boca, recebendo oxigenoterapia, logo após a ingestão de alimentos gelados ou quentes, em crianças e doentes mentais
10	O termômetro deve ser individual

A figura 2 apresenta um gráfico de horas/aula da utilização de manequins de alta fidelidade do laboratório de habilidades e simulação da faculdade de medicina da Universidade de São Paulo (USP) atuando em diversos cursos da área da saúde.



Figura 2: Gráfico do uso de simulação realística do Laboratório de Habilidades e Simulação da Faculdade de Medicina da USP³⁵. Fonte: modificado de USP³⁵

Na Figura 3 foram implantados, respectivamente, o laboratório de Habilidades e simulação do Hospital Israelita Albert Einstein (HIAE), laboratório de simulação de UTI do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Roraima (IFRR), laboratório de habilidades clínicas da Universidade

Federal do Ceará e o Instituto de Ensino e Simulação em Saúde (INESS) para os alunos enfrentar “situações difíceis” sem apresentar riscos tanto para o aluno, gestor ou profissionais da saúde quanto principalmente para o paciente em uma determinada capacitação ou aprendizagem. Aprimorando seus conhecimentos e suas habilidades técnicas e comportamentais através da simulação realística em conjunto com a metodologia do *debriefing*. Dentre os laboratórios mencionados, em 2016, uma acreditação foi realizada pela *Society of Simulation in Healthcare* (SSH) ao centro de simulação realística do HIAE tornando-o o primeiro programa de simulação da América do Sul^{29, 35, 36 e 37}.



Figura 3: Laboratórios de Habilidades – A) Laboratório do Instituto Israelita de Ensino e Pesquisa Albert Einstein (IIEPAE)³⁶, B) Laboratório de Simulação de UTI do IFRR, C) Sala de controle e D) Layout do Laboratório de Habilidades Clínicas da UFC³⁷, E) Laboratório de Simulação do Instituto de Ensino e Simulação em Saúde (INESS)²⁹

Citando algumas IESs que licitaram simuladores de paciente para compor o material permanente em suas instalações, conforme a Tabela 3. Este recurso metodológico e inovador da engenharia biomédica tende a ser manuseada para fins educacionais continuamente, controlada e segura, tanto para o aluno assimilar o conhecimento e a habilidade necessária, quanto para adentrar em estágios ou mercado de trabalho de forma mais preparada¹⁰.

Tabela 3: Tabela de algumas Instituições de Ensino que contem simuladores de pacientes em suas instalações.

SIGLA do IES	Município	Simulador	Fabricante/Empresa
Unb	Ceilândia	SimMan®	Laerdal
IFRR	Boa Vista	SimMan®	Laerdal
UFRR	Boa Vista	Simulaid®	Simulaid
FANOR	Fortaleza	SimMan®	Laerdal
UFMG	Belo Horizonte	SimMan®	Laerdal
UFRGS	Porto Alegre	SimMan® 3G	Laerdal
USP	Ribeirão Preto	SimMan®	Laerdal
UFS	Aracaju	Simulaid®	Simulaid

UFRN	Trairi	Simulaids®	Simulaids
UFBA	Salvador	Cardionics; Simulacare®	Cardionics; Simulacare
UFMS	Campo Grande	Simulacare®	Simulacare
UFRN	Natal	Simulacare®	Simulacare

Os fabricantes destes simuladores de paciente disponibilizam vários modelos que vão desde pediátrico a idosos cuja missão empresarial é que ninguém deve morrer ou ficar com seqüelas desnecessariamente, ou seja, a visão é preservar a segurança do paciente, pois é um fator decisivo proporcional a confiança e melhor preparo nas habilidades dos estudantes demonstrando a importância e auxílio desta tecnologia nas melhorias do ensino das ciências da saúde. A Figura 4 apresenta alguns modelos disponíveis no mercado com seus respectivos fabricantes.



Figura 4: Simuladores, modelo e fabricantes - A) Manequim humano de alta fidelidade da empresa *Simulaids* – modelo *Smart Mom*³⁹, B) Manequim humano de média fidelidade da empresa *Cardionics* – modelo *SAMII (Student Auscultation Manikin)*⁴⁰, C) Manequim humano de alta fidelidade da empresa *Simulacare®* - modelo *45 CWA*⁴¹.

Segundo o autor Pretto²⁵, o uso das simulações tende a crescer devido às demandas sociais por profissionais qualificados, pois este sistema possui as funcionalidades para o profissional adquirir os conhecimentos e capacitar-se nas habilidades médicas²⁵.

Em um projeto pedagógico de Curso (PPC) de uma IES poderia propor um percentual ou completa substituição da carga horária do estágio com o uso da simulação realística, caso o aluno não consiga realizar o estágio dentro do tempo hábil do curso seja por motivos diversos como: aumento do número de alunos e/ou incompatibilidade de horários no hospital.

Considerações bioéticas – A importância da simulação realística dar-se-á por meio de avaliação da qualidade da técnica executada pelo aluno e a necessidade de repetição do procedimento até desenvolver o método correto de forma adequada e completo entendimento, adquirindo as habilidades necessárias para a aplicação do procedimento clínico, antes de aplicar em um paciente humano evitando erros iatrogênicos e consequentemente processos administrativos e éticos do futuro profissional (recém-formado e recém-ingressado no mercado de trabalho).

Um simulador de paciente é conveniente para que os alunos desenvolvam habilidades durante sua formação acadêmica. Quando atingir certo grau de domínio de um procedimento médico, trabalho em equipe, pensamento crítico-reflexivo estaria apto a aplicar seus conhecimentos diretamente em pacientes reais¹. É importante preservar a segurança dos pacientes, pois têm direitos e autonomia, não

os colocando em uma situação de maior vulnerabilidade por um aprendiz das ciências da saúde por não ter nenhuma experiência e prática vivenciada.

Cada pessoa assimila seu próprio conhecimento de forma distinta devido às características, sejam sociais ou pela faixa etária. O docente, ao utilizar o simulador, permite criar cenários de casos reais que podem ser vivenciado no estágio, hospital ou na vida pessoal. Desta forma, interajam e integram ao aprendizado de forma a repetir quantas vezes for necessário devido a complexidade de entendimento de cada indivíduo até seu completo desenvolvimento de suas habilidades^{1,30}.

Conclusão

A simulação humana contribui em itens específicos das diretrizes, leis e normas, como a Organização Internacional do Trabalho (OIT), Conselho Nacional de Educação / Ministério da Educação (CNE/MEC), Ministério da Saúde (MS), Ministério do Trabalho e Emprego (MTE), Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) e Lei de Diretrizes e Base (LDB) que tratam sobre segurança do paciente, conseqüentemente nas habilidades destes profissionais.

Acredita-se que dentre os simuladores de pacientes existentes, a simulação realística continuará sua expansão possivelmente em forma exponencial, pois as vantagens fornecidas tanto para o aperfeiçoamento das habilidades do profissional quanto à segurança do paciente são atrativas e essenciais.

A simulação realística veio para concretizar e demonstrar uma preocupação por parte dos profissionais da área da saúde garantindo um serviço prestado de qualidade ao paciente como fator decisivo, total segurança nos aspectos profissionais e éticos.

Com o avanço das TICs há um quantitativo de empresas no ramo de simuladores de pacientes, independente do grau de fidelidade, para os consumidores diminui o valor da aquisição do manequim, além de ter qualidade devido à ampla concorrência no mercado.

Uma tendência para obter um ambiente seguro à aprendizagem é o uso da simulação e de simuladores. Utilizados nos currículos de Medicina e em outros cursos das Ciências da Saúde devido aos múltiplos cenários e estratégias didáticas, com resultados satisfatórios, pode ser modelado e aplicado ao ensino-aprendizagem dos respectivos cursos no que tange às habilidades técnico-científicas dos alunos, no caso, Técnicos de Enfermagem, a exemplo: tomadas de decisão, trabalho em equipe e liderança.

A utilização da simulação realística pode ser considerada um complemento ou substituição do método tradicional no século XXI, habilitando o profissional com um pensamento crítico-reflexivo, julgamento clínico, tomada de decisão e caráter ético.

Agradecimentos

Ao professor mestre em letras José Vilson Martins Filho do IFRR – Campus Amajari pela dedicação na revisão deste trabalho acadêmico.

Referências

- [1] Jiménez P, Aguilar RA. La enseñanza de la enfermería con simuladores, consideraciones teórico-pedagógicas para perfilar un modelo didáctico. *Enfermería Universitaria*. 2015;12(3):152-159.
- [2] Oliveira OJ. *Gestão da qualidade: tópicos avançados*. São Paulo: Cengage Learning, 2012.
- [3] Stange FP. *Protótipo de ambiente virtual educacional para atividade típica da construção civil brasileira [dissertação]*. Curitiba: Universidade Federal do Paraná; 2012.

- [4] Filho RCMF. Contribuições ao uso de novas tecnologias da informação e comunicação no ensino de engenharia [dissertação]. Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 2005.
- [5] Pan American Health Organization. Strategy for universal access to health and universal health coverage. Proceedings of the 53rd Directing Council (CD53/5, Rev. 2) [Internet] Washington DC; October 2014.
- [6] Brasil. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Superior. Decreto nº 5.154. Diretrizes Curriculares para os Cursos de Educação Profissional Técnica de nível médio e no Ensino Médio. Brasília, 2004.
- [7] Brasil. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Superior. Diretrizes Curriculares para os Cursos de Graduação em medicina, enfermagem e nutrição. Brasília, 2001.
- [8] Dicionário digital Aulete. <http://www.aulete.com.br/simular>. Acessado em 01 de Mai 2016.
- [9] Rothgeb MK. Creating a Nursing Simulation Laboratory: a literature review. *Journal of Nursing Education*. 2008 Nov.;47(11):489-94.
- [10] Brandão CFS, Collares CF, Marin HF. A simulação realística como ferramenta educacional para estudantes de medicina. *Scientia Medica*, 2014;24(2):187-192.
- [11] Brasil. Ministério da Educação. Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional. Lei nº 9.394, 20 de dezembro de 1996.
- [12] Ministério da Saúde. Fundação Oswaldo Cruz. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Programa Nacional de Segurança do Paciente (PNSP). Brasília, 2014.
- [13] Brasil. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 07, de 24 de fevereiro de 2010. Dispõe sobre os requisitos mínimos para funcionamento de Unidades de Terapia Intensiva. Brasília, 2010.
- [14] Anvisa. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 36, de 25 de julho de 2013. Dispõe sobre o Institui ações para a segurança do paciente em serviços de saúde e dá outras providências. Brasília, 2013.
- [15] Anvisa. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 63, de 25 de novembro de 2011. Dispõe sobre o Requisitos de Boas Práticas de Funcionamento para os Serviços de Saúde. Brasília, 2011.
- [16] Brasil. Ministério do Trabalho e Emprego. Norma Regulamentadora nº 32 - Segurança e saúde no trabalho em estabelecimentos de saúde, Brasília 2005.
- [17] Fernandes CR, Falcão SNRS, Gomes JMA, Colares FB, Maior MMMS, Correa RV, Bessa OAAC. Ensino de Emergências na graduação com participação ativa do estudante. *Revista Brasileira de Educação Médica*. 38 (2): 261-268; 2014.
- [18] Valizadeh L, Amini A, Fathi-Azar E, et al. The effect of simulation teaching on baccalaureate nursing students'selfconfidence related to peripheral venous catheterization in children: a randomized trial. *JCS*. 2013;2(2.):157-164.
- [19] Naik SM, Naik MS, Bains NK. Cadaveric temporal bone dissection: Is it obsolete today? *Int Arch Otorhinolaryngol* 2014;18:63–67.
- [20] Melo EN, Pinheiro JT. Procedimentos legais e protocolos para utilização de cadáveres no ensino de anatomia em Pernambuco. *Revista Brasileira de Educação Médica* 34 (2): 315–323; 2010.
- [21] Teixeira INDO, Félix JVC. Simulação como estratégia de ensino em enfermagem: revisão de literatura. *Interface* 2011.
- [22] Quilici AP, Abrão KC, Timerman S, Gutierrez F. Simulação Clínica: Do conceito à aplicabilidade. Atheneu, São Paulo; 2012.
- [23] Anvisa. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 50, de 21 de fevereiro de 2002. Dispõe sobre o Regulamento Técnico para planejamento, programação, elaboração e avaliação de projetos físicos de estabelecimentos assistenciais de saúde. Brasília, 2002.

- [24] Vieira RQ, Caverni LMR. Manequim de simulação humana no laboratório de enfermagem: uma revisão de literatura. Disponível em: <http://www.here.abennacional.org.br/here/n3vollartigo7.pdf>. Acessado em 02 jan 2016.
- [25] Pretto F. Uso de realidade aumentada no processo de treinamento em suporte à vida [dissertação]. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul; 2008.
- [26] Ribeiro MWS, Zorzal ER. Realidade Virtual e Aumentada: Aplicações e Tendências. XIII Symposium on Virtual and Augmented Reality. Uberlândia, 2011.
- [27] Fabris EJ. Emprego de realidade virtual, realidade aumentada e telepresença imersiva na operação de veículos não tripulados [dissertação]. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul; 2012.
- [28] Tori R, Kirner C, Siscoutto R. Fundamentos e Tecnologia de Realidade Virtual e Aumentada. ed SBC: Belém, 2006.
- [29] Iness. Instituto de Ensino e Simulação em Saúde. Disponível em: <http://iness.org.br/ensino-simulado>. Acessado em 05 mai 2016.
- [30] Rodrigues HHC, Silva JS, Filho CCA, Filho JVM, Brito YP, Daltro DWS, Koehler IM, Neto VM, Sovierzoski MA. Integrated technological resource in the construction of the teaching and learning of technical nursing course. *New Advances in Information Systems and Technologies*, v. 2 pp 137-142, 2016.
- [31] Franco CAGS, Franco RS, Santos VM, Uiema LA, Mendonça NB, Casanova AP, Severo M, Ferreira MAD. OSCE para Competências de Comunicação Clínica e Profissionalismo: Relato de Experiência e Meta-Avaliação. *Revista Brasileira de Educação Médica*, 39 (3):433-441; 2015.
- [32] Araya SB, Apip PM, Navarrete ACW. Adaptación interactiva computacional de un examen clínico objetivo estructurado para Enfermería. *Educación Médica Superior*. 2014; 28(4):667-676.
- [33] Sanino GEC. O uso da simulação em enfermagem no Curso Técnico de Enfermagem. *J. Health Inform*. 2012 Dez; 4 (Número Especial - SIIENF 2012): 148-51.
- [34] Unoeste. Laboratório de Habilidades e Simulação (LHabSim). Disponível em: <http://www.unoeste.br/lhabsim/guias.php>. Acessado em 01 jun 2016.
- [35] Usp. Faculdade de Medicina. Laboratório de Habilidades e Simulação (LahHab). Disponível em: <http://www2.fm.usp.br/labhab/mostrahp.php?origem=labhab&xcod=Uutiliza%E7%E3o%20por%20Disciplinas&dequem=Lab%20Hab>. Acessado em 01 jun 2016.
- [36] Iiepae. Instituto Israelita de Ensino e Pesquisa Albert Einstein. Faculdade de Ciências da Saúde. Centro de Simulação Realística. Disponível em: <http://www.einstein.br/ensino/Paginas/historia-do-csr.aspx>. Acessado em 01 jun 2016.
- [37] Ufc. Universidade Federal do Ceará. Faculdade de Medicina. Laboratório de Habilidades Clínicas (LHC). Disponível em: <http://www.medsobral.ufc.br/pdf/LHC.pdf>. Acessado em 02 jun 2016.
- [38] Laerdal. Simuladores de pacientes. Disponível em: www.laerdal.com/br/nav/207/Simuladores-de-pacientes. Acessado em 12 mar 2016.
- [39] Simulaid. Disponível em: <https://www.simulaid.com>. Acessado em 03 mar 2016.
- [40] Cardionics. Disponível em: www.cardionics.com/learning-systems.html. Acessado em 04 mar 2016.
- [41] Simulacare. Disponível em: <http://www.simulacare.com.br/2010/#>. Acessado em 04 mar 2016.

Contato

IFRR – Campus Boa Vista Centro; Av. Glaycon de Paiva, 2496. Pricumã. CEP: 69.303-340. Boa Vista-RR. heitor@ifrr.edu.br.

ALERTAS A ALERGIAS Y SU OMISIÓN: UNA REVISIÓN NARRATIVA

ALERTAS CONTRA ALERGIAS E SUA OMISSÃO: UMA REVISÃO NARRATIVA

ALLERGY ALERTS AND IT'S OVERRIDE: AN OVERVIEW

Luciana Rubin, Sonia Benitez, Carlos Otero, Daniel Luna

Hospital Italiano de Buenos Aires

Resumo: *Objetivo*, realizar uma revisão narrativa sobre alertas contra alergias. *Métodos*, busca em MEDLINE utilizando as palavras-chave “clinical decision support system”, “allergy” e “alert”. A faixa de tempo definida foi de 16 anos (a presente data, 2016). Foram incluídos 17 artigos. *Resultados*. Os estudos recentes arrojaram **valores altos de omissão multifactoriais**. *Conclusões*. As problemáticas: uma **fonte de informação** que é incompleta ou inexata, a falta de distinção e esquematização na história clínica entre uma **reação imunomediada vs. não imunomediada**, **ausência de atualização** da lista de problemas do paciente. Falta de **contexto**. Alertas de baixo risco. A **fadiga de alertas**. Então, é importante obter **claridade, exatidão e confiabilidade** em cada passo do ciclo de alertas contra alergias. Mais ainda, uma **retroalimentação** das ações dos usuários, uma avaliação dos alertas omitidos; e uma monitoração estrita das reações adversas a fármacos ocorridas em pacientes nos que um alerta tenha sido deflagrada.

Resumen: *Objetivo*, llevar a cabo una revisión narrativa sobre alertas de alergias. *Métodos*, búsqueda en MEDLINE usando las palabras clave “clinical decision support system”, “allergy” y “alert”. El rango establecido de 16 años (hasta la fecha actual, 2016). Se incluyeron 17 artículos. *Resultados*. Estudios recientes arrojaron **altos valores de omisión multifactoriales**. *Conclusiones*. La problemática: una **fuentes de información incompleta o inexacta**, la falta de distinción y esquematización en la historia clínica de una **reacción inmunomediada vs. no inmunomediada**, la falta de actualización de la lista de problemas del paciente. La falta de contexto. Alertas de bajo riesgo. Fatiga de alertas. Es por eso importante obtener **claridad, precisión y fiabilidad** en cada paso del ciclo de alertas de alergias. Aun más, una retroalimentación de las acciones del usuario, una evaluación de alertas omitidas; y una monitorización estricta de las reacciones adversas producidas en pacientes en los que una alerta se ha activado.

Palavras-chave: alergias, alertas, omissão.

Palabras clave: alergias, alertas, omisión.

Keywords: allergies, alert, override.

Introducción

Una causa prevenible de lesión iatrogénica son las reacciones alérgicas a medicamentos. Su prevalencia definitiva es desconocida. Sin embargo, las que se manifiestan en un hospital ocurren en 4,2/1000. Las alergias son una de las principales causas de ingresos hospitalarios por reacciones adversas a drogas

(ADR).¹ Existe evidencia en la literatura de que del 8% al 13% de los errores de medicación fueron el resultado de indicaciones de drogas en pacientes que eran previamente alérgicos a las mismas.²

Disminuir el error médico, mejorar la calidad de atención y los procesos de salud y garantizar la accesibilidad de los pacientes ha sido foco de preocupación constante de los miembros del equipo de salud. Para lograrlo, los sistemas para el soporte en la toma de decisiones (CDSS) han resultado ser herramientas exitosas, ya sea en la disminución del error médico, en la mejora de la solicitud de prácticas preventivas o en la auditoría de procesos de salud. Según una revisión sistemática el desempeño profesional mejoró en el 64% de las veces en que se estudió un CDSS.³ Haciendo foco en alergias, hay evidencia de que con un sistema computarizado de entrada de órdenes médicas (CPOE) vinculado a un CDSS, las prescripciones inadecuadas a pacientes alérgicos han sido impedidas eficientemente.⁴ Sin embargo, a 7 años del comienzo de *Meaningful Use*, los distintos artículos académicos no muestran una mejoría en resultados de pacientes cuando de CDSS de alertas se trata. Estudios previos demostraron una baja tasa de registro de alergias y una alta tasa de anulación de alertas.

El objetivo de este trabajo es realizar una revisión narrativa sobre alertas a alergias, con su aceptación y omisión, tratando de establecer causas de estas conductas, explorando la bibliografía actual existente.

Materiales y métodos

Se realizó una búsqueda en MEDLINE utilizando las palabras “*clinical decision support system*”, “*allergy*” y “*alert*”. Se definió un rango de tiempo de 16 años (desde el 2000 al presente 2016).

Se incluyeron artículos que abarcaran los tópicos alergias e interacciones, se excluyeron los que solo hablaran de interacciones. Se buscaron artículos en castellano y en inglés. Este trabajo no requirió aprobación del Comité de Ética ya que es un análisis secundario.

Resultados

Se seleccionaron 17 artículos relacionados al tópico de estudio. En la siguiente Tabla 1: Artículos evaluados Tabla 1 se presentan los datos relevados de cada uno de ellos.

Tabla 1: Artículos evaluados

Autor	Año	Tipo	Setting
Weingart et al. ⁵	2003	Serie retrospectiva	5 centros de atención primaria para adultos afiliados con el Beth Israel Deaconess Medical Center (BIDMC).
Hsieh et al. ⁶	2004	Descriptivo transversal	Hospital de Mujeres de Brigham (BWH), internación
Nebeker et al. ⁷	2005	Observacional prospectivo	Centro médico de la ciudad de Salt Lake
Lin et al. ⁸	2006	Observacional transversal	Dos centros de atención primaria y terciaria en Seattle y Tacoma, y un sistema de clínicas ambulatorias.
Sijs et al. ⁹	2006	Metanálisis	17 documentos que cumplieron con los criterios de inclusión
Huntman et al. ¹⁰	2009	Análisis retrospectivo	Pacientes internados en el Hospital de San Lucas en Jacksonville, Florida.

Isaac et al. ¹¹	2009	Análisis retrospectivo	2872 médicos distribuidos a través de 862 centros de atención en Massachusetts, Nueva Jersey y Pensilvania
Jani et al. ¹²	2011	Revisión retrospectiva	Hospital Great Ormond Street Children, Londres, Reino Unido
Catalan et al. ¹³	2011	Observacional transversal	Institut Català de la Salut, Barcelona, España
Paul et al. ¹⁴	2012	Revisión narrativa	Australia y otros países
Slight et al. ¹⁵	2013	Observacional transversal	Clínicas de atención primaria afiliadas a Massachusetts General Hospital y el Brigham and Women Hospital Boston, (MA).
McCoy et al. ¹⁶	2014	Revisión narrativa	Cobertura bibliográfica
Nanji et al. ¹⁷	2014	Observacional transversal	Gran centro académico de atención médica.
Bryant et al. ¹⁸	2014	Retrospectivo cuantitativo	Centro Médico de la Universidad de Washington (UWMC) y Harborview Medical Center (HMC)
Topaz et al. ¹⁹	2015	Observacional transversal	Pacientes internados en el Brigham Woman Hospital y en el Hospital General de Massachusetts
Ariosto et al. ²⁰	2014	Retrospectivo cuantitativo	Internación en el Vanderbilt University Medical Center
Topaz et al. ²¹	2015	Observacional transversal	Brigham Woman Hospital y el Hospital General de Massachusetts

En su mayoría, los artículos analizados corresponden a estudios **observacionales**, aunque hay que destacar que una revisión narrativa realizada en 2005, donde se procesaron 17 artículos que trataban el tópico alertas y acciones sobre estas. Los resultados mostraron tasas de anulación de entre un 49% y un 96%. Uno de los motivos de esta conducta es la **fatiga de alerta** cuando esta es “poco seria”, irrelevante, o se repite varias veces.⁹

Un estudio evaluó 10 años de registros de alertas de alergia a drogas, seleccionándose las más comúnmente disparadas. **El 83.3% fueron ignoradas**. Casi la mitad fueron disparadas por narcóticos, 10% por antibióticos, 6% por otros analgésicos y 2% por estatinas. Solo un tercio de las mismas eran **inmunomediadas**, un 12.2% tenían coincidencia **definitiva** y el 10% implicaban **riesgo de vida**. La razón más frecuentemente dada fue que el paciente ya toleraba la medicación.²¹

En el ámbito de internación, la tasa de alertas ignoradas es elevada. En un trabajo, del total de indicaciones dispararon alertas de alergias, fueron **ignoradas el 97%** de las mismas, el 49% de las veces con la justificación de que el paciente ya había tolerado la medicación. Solo el 47% de los pacientes en los que se generó la alerta tenían un perfil de alergias.¹⁰ En un corte transversal, se identificaron pacientes que hubieran tenido al menos una alerta a alergia medicamentosa durante su internación. **80% fueron ignoradas**. Solo el 10% de las alertas fueron disparadas por una **coincidencia exacta** entre

la droga indicada y el listado de alergias. El 55% de las justificaciones fue “Consciente/Vigilaré”.⁶ En otro, 60% de las indicaciones generaron alertas, siendo 89% ignoradas. **El tipo de alerta menos ignorado fue el de alergias** con un porcentaje de 45%, y fue el que contó con más justificaciones (95.6%). La más frecuente fue “Consciente/Vigilaré”.¹² Otro estudio mostró que del total de indicaciones ingresadas, 13% dispararon alertas. **El 90% de alertas a alergias fueron ignoradas.** Solo el 9% de las alertas a alergias eran disparadas por **coincidencias exactas** entre la medicación indicada y la alergia.¹⁸

Un estudio analizó las tasas de alertas ignoradas, y las comparó con otro realizado 5 años atrás. Del total de indicaciones generadas, el 1.13% generaron alertas a alergias, contra 0.25% anterior. El porcentaje de **alertas ignoradas fue de 81%** comparados con el 69% previo.⁸

También en la **atención primaria ambulatoria** se estudiaron las acciones realizadas sobre alertas, con estudios retrospectivos y observacionales transversales. Uno evaluó alertas ignoradas que requerían una justificación codificada. **La mitad fueron ignoradas**, con un porcentaje de **77.4% para las alertas a alergias.** La justificación más frecuente fue “el paciente ya tomó la medicación previamente sin tener una reacción alérgica” (53.9%).¹⁵ En otro análisis, del total de prescripciones, el 6,6% generaron alertas, de las cuales el 1.7% de ellas correspondían a alergias. **Se ignoraron el 77% de las alertas a alergias.**¹¹

Otro estudio analizó de las tasas de alertas ignoradas, las razones dadas y lo apropiado de la acción tomada. Se generaron un 7.9% de alertas. El 16.9% correspondía a alertas a alergias. **El 77.4% de estas fueron ignoradas.** De un subgrupo analizado de alertas a alergias ignoradas, **el 92% de las mismas habían sido adecuadamente ignoradas.** La justificación más frecuente fue que el paciente había tolerado previamente la mediación.¹⁷ En otro estudio se seleccionaron 3481 alertas generadas en una historia clínica, 10% correspondientes a alergias. **Se ignoraron el 91.2% de las alertas a alergias medicamentosas.** Se revisó un subgrupo en detalle, y antibióticos, medicación cardiovascular y analgésicos correspondían al 85% de las drogas que generaron alertas de alergias. Los médicos ignoraron las alertas de analgésicos en 13 de los 14 casos, y solo 7 de las 17 de antibióticos.⁵

En un estudio sobre una historia clínica con un CDSS de alertas, se dispararon aproximadamente 1 alerta cada 10 indicaciones. **El 74% de alertas a alergias fue ignorado.** Las más consideradas fueron las de AINES y penicilinas.¹³

La tasa de alertas ignoradas también aumenta en el **grupo de los opioides.** Un observacional transversal que abarcó 5 años, demostró que las alertas a alergias a opioides habían incrementado.²² Otro estudio sobre el tópicó realizado entre el 2004 y el 2013, mostró que existía un aumento en la **tasa de alertas ignoradas de casi un 90.** Las reacciones incluían una gran proporción de **no inmunológicas.** Las **alertas que coincidían exactamente** fueron ignoradas menos frecuentemente (un 70%). La justificación más frecuentemente dada fue que el paciente ya toleraba la droga (29%).¹⁹

Discusión

Teniendo en cuenta los artículos evaluados, abordaremos esta sección describiendo el ciclo completo de alertas a alergias: su generación, su construcción, su presentación y las consecuencias de las acciones sobre las mismas. También se incluyen recomendaciones de otros autores y vigencia en la actualidad.

Captura del estado de alergias del paciente.

En hospitales con HCE y CDSS, en general es mandatorio completar el estado de alergias del paciente al ingreso del mismo. Es de vital importancia que la información sobre alergias sea fiable y accesible a aquellos que prescriben e indican. Existen distintas formas de registrar el estado de alergias de un paciente, y muchas veces en este importante primer paso se encuentran debilidades.

Se observó en distintos trabajos que cerca del 60% del registro de alergias del paciente no figura cargado en la HCE.¹⁴ Estudios previos han identificado que hasta un 80% de los pacientes con alergias a opioides/ narcóticos están etiquetados de forma inapropiada.²⁰

Factores hallados en la literatura que entorpecen la correctitud y completitud del estado de alergias en los registros médicos electrónicos son: **variabilidad del lugar de registro**, un **diseño deficiente** de formularios, una **comunicación médico-paciente** insuficiente, un **perfil de alergia incompleto o inexacto**, una **percepción diferente** de alergia entre el médico y el paciente, **falta de consenso general** sobre alergias y reacciones adversas, e **irregularidades en la recolección de datos**.

Existe una gran **variabilidad en el lugar de registro** por parte de los médicos en la HCE.⁶ Una auditoría de la HCE encontró documentación inadecuada sobre alergias, atribuida principalmente al **diseño deficiente** de formularios, haciéndole difícil a los médicos ingresar correctamente esta información.¹⁴ En otro estudio, fue muy común encontrar **perfiles de alergias incompletos o inexactos** entre los pacientes con órdenes de medicamentos que desencadenaron alertas de alergia. Las brechas en el perfil de alergias del paciente pueden limitar la información disponible para el profesional para ayudar a evaluar la naturaleza y la gravedad de la alergia reportada.¹⁰

Otros estudios han demostrado que debido a que la **comunicación médico-paciente** puede ser insuficiente, la **diferencia entre la percepción** de una alergia entre ambos puede resultar en una documentación inexacta y en posteriores errores de prescripción.¹⁴ and incur significant cost to the community both financially and in terms of healthcare outcomes. The capacity to minimise the effects of repeated events rests predominantly with the reliability of allergy documentation in medical records and computerised physician order entry systems (CPOES). El mantenimiento de listas de alergias puede ser difícil al no existir siempre distinciones claras entre las alergias y reacciones adversas; tampoco **existe un consenso general** acerca de si ambos deben ser incluidos en las listas de la alergia.⁶

La disponibilidad y fiabilidad de la información de salud puede verse comprometida por **irregularidades en la recolección de datos** y los documentos relacionados con el paciente, mientras que los errores de prescripción que resultan en ADR, a menudo resultan de una pobre documentación de registros médicos.¹⁴ Los datos de alergia son recolectados por distintos tipos de profesionales en varios lugares y durante encuentros de cuidado de variada intensidad, por los pacientes o sus familiares.

Esto sugiere que las alertas de alergias, mientras que son sencillas de programar, pueden ser más complejas para diseñar e implementar exitosamente que otros tipos de alertas de medicamentos.²⁰

Analisis de construcción de alertas

Existen distintas formas de construir las alertas. Encontramos un **campo de ingreso** para el estado de alergia del paciente en un sector fijo de la HCE. En el caso de que exista una, se **codifica** y se guarda en la base de datos del paciente, como un componente o un listado de ellos.

Puede existir una **base de conocimientos** con las relaciones entre fármacos y sus familias o grupos farmacológicos, y las relaciones de sensibilidad cruzada.⁶

La **función de alerta**: en aplicaciones con CPOE que mantienen la medicación del paciente, las indicaciones farmacológicas pueden chequearse contra la lista de alergias del paciente, y el CDSS genera alertas que le avisan al médico de la existencia de una alergia al medicamento indicado.²³

La última pata de la construcción de la alerta es la **acción** que generará. Ante la aparición de una, el médico tiene la opción de **ignorar la alerta** y continuar con la indicación, o **cancelar** esta última. Una justificación, ya sea en texto libre o tomada de un *subset* de opciones, es en general solicitada.¹¹ preliminary studies show that clinicians override most of these alerts. METHODS: We performed a retrospective analysis of 233 537 medication safety alerts generated by 2872 clinicians in Massachusetts, New Jersey, and Pennsylvania who used a common electronic prescribing system from January 1, 2006, through September 30, 2006. We used multivariate techniques to examine factors associated with alert acceptance. RESULTS: A total of 6.6% of electronic prescription attempts generated alerts.

Clinicians accepted 9.2% of drug interaction alerts and 23.0% of allergy alerts. High-severity interactions accounted for most alerts (61.6%)

En el caso de que la alerta sea ignorada, algunos sistemas también la muestran a enfermeros y farmacéuticos, con la justificación del médico que la ignoró.⁶

Entre las variaciones que podrían afectar las acciones médicas sobre las alertas, encontramos tres principales.

La **cantidad de información** con que se construye la alerta: solo el alérgeno, o la reacción y/o severidad, en texto libre o estructurado;²⁰ la construcción de la alerta sobre la **coincidencia exacta** o no contra el dato cargado.^{19,22} Por último, el **diseño** de la misma, que tiene influencia en su aceptación.²⁴

Qué ocurre cuando se activa el CDSS

En los diferentes estudios presentes en la literatura se observan **altas tasas de alertas ignoradas** (hasta el 97%) en general, y en particular a alergias. Entre las **alertas a alergias** menos ignoradas, encontramos: las **coincidencias exactas** entre la indicación y el alérgeno (alergia definitiva); a las **reacciones inmunomediadas**; las **alertas no repetitivas**, con diseño basado en el usuario; las alertas a alergias a **antibióticos** (especialmente a penicilinas) y a **AINES**; y las que impliquen **riesgo de vida**.

¿Qué pasa con las alertas ignoradas? ¿Hay ADE?

Los efectos adversos a drogas (ADE) suman hasta el 41% de todas las admisiones hospitalarias y más de \$2 billones anualmente en costos de pacientes internados.⁷ but few have examined adverse drug events (ADEs) Aun así, no encontramos mucha información disponible al respecto.

En uno de los trabajos revisados, de un *subset* de 320 pacientes seleccionados para revisar en detalle, se encontraron 22 ADE posibles, siendo 19 confirmados. De estos, 53% fueron considerados significativos, y 47% serios. Ninguno de los eventos amenazó la vida de los pacientes o fue fatal. El 84% se debió a narcóticos.⁶ No se encontró más información específica sobre efectos adversos generados por administración de drogas a las cuales haya existido una alerta de alergia.

Recomendaciones de otros autores y vigencia en la actualidad

En la literatura encontramos además dos estudios similares al propuesto, realizados uno por Heleen Van Der Sijs y colaboradores,⁹ y otro por Kuperman y colaboradores.²³

El primero brinda una serie de **factores para implementar alertas apropiadas y útiles**, todos vigentes hoy en día:

- **Especificidad:** las alertas deben ser específicas, relevantes y exactas.
- **Contenido:** debería ser posible marcar excepciones o circunstancias mitigantes para influenciar el número y exactitud de futuras alertas; estas deben requerir justificación, ser concisas, permitir el acceso a más fuentes de información, ser serias y ofrecer un curso de acción alternativo.
- **Sensibilidad:** deben mostrarse en cada oportunidad de peligro.
- **Flujo de trabajo:** deben ser dirigidas a la persona correcta, evitando la repetición si el usuario tiene una buena performance.
- **Manejo seguro y eficiente:** las alertas potencialmente fatales no deben ser fácilmente ignoradas.
- Por otro lado, el trabajo de Kuperman, propone 5 **recomendaciones** para mejorar el proceso de alertas a alergias:
 - Crear una única base de datos que sirva a todas las aplicaciones en Partners; recomendación útil en cuanto se trabaje con un mismo repositorio de pacientes.
 - Mejorar la **consistencia del comportamiento** entre las aplicaciones de funcionalidades relacionadas con alergias, unificando los criterios de carga. Diferenciar entre alergias y efectos adversos, sugerir la modificación de la lista de problemas si es pertinente, y apagar la alerta ignorada una vez ya mostrada. Recomendaciones vigentes todas hoy en día.

- Modificar la **base de conocimiento jerárquica y de sensibilidad cruzada**. Se centraron en detectar si esto traería más eventos adversos. De acuerdo con nuestra investigación, las alertas con sensibilidad cruzada continúan teniendo un gran peso en el total de alertas. Debido a la poca información que aún se cuenta sobre reacciones adversas debidas a alergias documentadas, este tema mantiene su importancia en la actualidad.
- **Alertas personalizadas** basadas en reacciones codificadas: distintas apariencias de alerta dependiendo de su gravedad. En diferentes trabajos es posible ver que el diseño centrado en el usuario mejora las tasas de performance de las alertas.²⁴
- Mejorar la **documentación sobre alergias**. Este problema es hoy en día uno de los principales identificados en la alta tasa de *override* de alertas a alergias en sistemas de información de salud.

Conclusiones

Como hemos visto, sin importar la cantidad de indicaciones generadas, el porcentaje de alertas disparadas o la cantidad de tiempo medido, estudios recientes arrojan **cifras altas de omisión multifactoriales**, de alertas en general, y de alertas a alergias en particular, en distintos ámbitos de salud, por distintos profesionales.

Por los motivos vistos, es importante obtener **claridad, exactitud y fiabilidad** en cada paso del ciclo de alertas a alergias: desde una entrevista adecuada con el paciente para obtener el dato de su alergia, en lo posible con intervención de un especialista en esta disciplina, siguiendo con una historia clínica electrónica que permita discriminar entre verdaderas alergias y efectos adversos o colaterales, con un compromiso del médico de cabecera y de los médicos internistas en el mantenimiento de la lista de problemas, para que, cuando finalmente lleguemos al paso de mostrar la alerta, aquel que la reciba tenga plena confianza en que esta información es fiable.

Y este no es el último paso. Sin una adecuada monitorización ningún CDSS puede mantenerse en el tiempo. Una retroalimentación de las acciones de los usuarios de HCE, una evaluación de las alertas omitidas, otorgando la posibilidad de personalizarlas, así como su auditoría, y un monitoreo estricto de las reacciones adversas a fármacos ocurridas en pacientes en los que se haya disparado una alerta, para revalidarlas posteriormente, con mayor peso que antes, son la iteración necesaria y fundamental que mantendrá con vigencia nuestro CDS y será de real utilidad para los usuarios del sistema de información de salud.

Referencias

1. Benkhaial A, Kaltschmidt J, Weisshaar E, Diepgen TL, Haefeli WE. Prescribing errors in patients with documented drug allergies: Comparison of ICD-10 coding and written patient notes. *Pharm World Sci*. 2009;31(4):464–72.
2. Kuperman GJ, Marston E, Paterno M, Rogala J, Plaks N, Hanson C, et al. Creating an enterprise-wide allergy repository at Partners HealthCare System. *AMIA Annu Symp Proc [Internet]*. 2003;376–80.
3. Adhikari NKJ, Beyene J, Sam J, Haynes RB. Effects of Computerized Clinical Decision Support Systems on Practitioner Performance. *JAMA*. 2013;293(10):1223–38.
4. Bates DW, Leape LL, Cullen DJ, Laird N, Petersen L a, Teich JM, et al. Effect of computerized physician order entry and a team intervention on prevention of serious medication errors. *JAMA [Internet]*. 1998;280(15):1311–6.

-
5. Weingart SN, Toth M, Sands DZ, Aronson MD, Davis RB, Phillips RS. Physicians' decisions to override computerized drug alerts in primary care. *Arch Intern Med* [Internet]. 2003;163(21):2625–31.
 6. Hsieh TC, Kuperman GJ, Jaggi T, Hojnowski-Diaz P, Fiskio J, Williams DH, et al. Characteristics and consequences of drug allergy alert overrides in a computerized physician order entry system. *J Am Med Informatics Assoc*. 2004;11(6):482–91.
 7. Nebeker JR, Hoffman JM, Weir CR, Bennett CL, Hurdle JF. High rates of adverse drug events in a highly computerized hospital. *Arch Intern Med*. 2005;165(10):1111–6.
 8. Lin C-P, Payne TH, Nichol WP, Hoey PJ, Anderson CL, Gennari JH. Evaluating Clinical Decision Support Systems: Order Check Override Rates in the Department of Veterans. *J Am Med Informatics Assoc*. 2006;15(5):620–6.
 9. Sijs H Van Der, Aarts J, Vulto a, Berg M. Overriding of drug safety alerts in computerized physician order entry. *J Am Med Informatics Assoc* [Internet]. 2006;138–48.
 10. Huntman L, Ward L, Read D, Jolly M, Heckman M. Analysis of allergy alerts within a computerized prescriber-order-entry system. *Am J Heal Pharm*. 2009;66(4):373–7.
 11. Isaac T, Weissman JS, Davis RB, Massagli M, Cyrulik A, Sands DZ, et al. Overrides of medication alerts in ambulatory care. *Arch Intern Med*. 2009;169(3):305–11.
 12. Jani YH, Barber N, Wong ICK. Characteristics of clinical decision support alert overrides in an electronic prescribing system at a tertiary care paediatric hospital. *Int J Pharm Pract* [Internet]. 2011;19(5):363–6.
 13. Jiménez S, Ramos E. Seguridad del paciente en atención primaria: proyecto PREFASEG (PREscripción FArmacológica SEGura). *Med Clin*. 2011;136(Supl 1):29–33.
 14. Paul L, Robinson KM. Capture and documentation of coded data on adverse drug reactions: An overview. *Heal Inf Manag J*. 2012;41(3):27–36.
 15. Slight SP, Nanji KC, Seger DL, Cho I, Volk L a, Bates DW. Overrides of clinical decision support alerts in primary care clinics. *Stud Health Technol Inform* [Internet]. 2013;192(25):923.
 16. McCoy AB, Thomas EJ, Krousel-Wood M, Sittig DF. Clinical decision support alert appropriateness: a review and proposal for improvement. *Ochsner J* [Internet]. 2014;14(2):195–202.
 17. Nanji KC, Slight SP, Seger DL, Cho I, Fiskio JM, Redden LM, et al. Overrides of medication-related clinical decision support alerts in outpatients. *J Am Med Inform Assoc* [Internet]. 2014;21(3):487–91.
 18. A.D. Bryant¹; G.S. Fletcher^{1 2}; T.H. Payne¹. Drug interaction alert override rates in the Meaningful Use era. 2014;802–13.
 19. Topaz M, Seger D, Lai K, Wickner P, Goss F, Dhopeswarkar N, Chang F, Bates W D ZL. High Override Rate for Opioid Drug-allergy Interaction Alerts: Current Trends and Recommendations for Future. *Medinfo 2105*. 2015;242–6.
 20. Deborah Ariosto, PhD R. Factors Contributing to CPOE Opiate Allergy Alert Overrides. :256–65.
 21. Topaz M, Seger DL, Slight SP, Goss F, Lai K, Wickner PG, et al. Rising drug allergy alert overrides in electronic health records: an observational retrospective study of a decade of experience. *J Am Med Inform Assoc* [Internet]. 2015;(NOVEMBER).
 22. Abookire S a, Teich JM, Sandige H, Paterno MD, Martin MT, Kuperman GJ, et al. Improving allergy alerting in a computerized physician order entry system. *Proc AMIA Symp*. 2000;2–6.
 23. Kuperman GJ, Gandhi TK, Bates DW. Effective drug-allergy checking: Methodological and operational issues. *J Biomed Inform*. 2003;36(1-2):70–9.
 24. Russ AL, Zillich AJ, Melton BL, Russell S a, Chen S, Spina JR, et al. Applying human factors principles to alert design increases efficiency and reduces prescribing errors in a scenario-based simulation. *J Am Med Inform Assoc* [Internet]. 2014;1–10.

TENDÊNCIAS DE ESTUDOS SOBRE APLICATIVOS MÓVEIS PARA SAÚDE: REVISÃO INTEGRATIVA

Nívea Trindade de Araújo Tiburtino Neves¹, Yana Balduino de Araújo², Camila Melo Costa³, Erika Leite da Silva Cardoso⁴, Evyllâne Matias Veloso Ferreira⁴

¹ Enfermeira, Mestranda do Programa de Modelo de Decisões e Saúde, Grupo de Estudos e Pesquisa em Administração e Informática em Enfermagem (GEPAlE), Universidade Federal da Paraíba (UFPB), João Pessoa, Brasil

² Enfermeira, Doutoranda do Programa de Modelo de Decisões e Saúde, Grupo de Estudos e Pesquisa em Administração e Informática em Enfermagem (GEPAlE), Universidade Federal da Paraíba (UFPB), João Pessoa, Brasil

³ Graduanda em Enfermagem, Grupo de Estudos e Pesquisa em Administração e Informática em Enfermagem (GEPAlE), Universidade Federal da Paraíba (UFPB), João Pessoa, Brasil

⁴ Enfermeira, Grupo de Estudos e Pesquisa em Administração e Informática em Enfermagem (GEPAlE), Universidade Federal da Paraíba (UFPB), João Pessoa, Brasil

Resumo: O estudo teve como objetivo identificar publicações científicas referentes a aplicativos móveis desenvolvidos para uso em saúde. Trata-se de uma revisão integrativa, utilizando as bases de dados e bibliotecas virtuais de saúde: Portal de Periódico Capes, PubMed e SciELO. Foram identificados 22 trabalhos, após a exclusão das publicações que não correspondiam aos critérios de seleção e obteve-se 6 estudos, entre artigos, teses e dissertação, onde foram elencadas tais categorias: “Contribuições e limitações na atenção à saúde”, “Práticas profissionais”, e “Benefícios para os usuários”. Os achados apontam número reduzido de trabalhos com esta temática, considerando os descritores propostos. Sabe-se que há um crescimento ao longo dos anos em relação a criação de aplicativos móveis para uso em saúde. Tem-se como desafio a realização de mais pesquisas que divulguem tais aplicativos, tanto em relação as contribuições e limitações, mas também para os que dão suporte aos profissionais e aos próprios pacientes.

Palavras-chave: Aplicativos móveis; Software; Informática em saúde.

Abstract: *The study aimed to identify scientific publications relating to mobile applications developed for use in health. This is an integrative review, using databases and virtual health libraries: Capes Journal Portal, PubMed and SciELO. A 22 studies were identified, after the exclusion of publications that did not meet the selection criteria and obtained 6 studies, including articles, thesis and dissertation, which were listed categories: “Contributions and limitations in health care”, “Professional practices” and “Benefits to users”. The findings indicate small number of works on this theme, considering the proposed descriptors. It is known that there is a growth over the years for creating mobile applications for use in health. It has been a challenge to further research to disclose such applications, both for the contributions and limitations, but also for that support to professionals and patients themselves.*

Keywords: *Mobile applications; Software; Health Informatics.*

Introdução

O advento e a popularização das tecnologias de informação e comunicação, que vêm se incorporando em todos os campos de atuação humana e tem sido considerada por muitos, a revolução

tecnológica de maior impacto nos últimos tempos, principalmente pelo uso disseminado de equipamentos móveis, como telefones celulares mais versáteis, com funções de processamento de dados (*smartphones*) e os dispositivos portáteis (*tablets*) com acesso à internet de alta velocidade. ^(1,2)

As novas tecnologias vêm progressivamente oferecendo aplicativos (pequenos programas ou *softwares* instaláveis em plataformas móveis), que proporcionam diversos benefícios, dentre eles a portabilidade e acessibilidade de uso em todos os ramos de atividades, sejam estas para o entretenimento ou suporte a tarefas cotidianas. ⁽¹⁾

Tais características têm gerado oportunidades comerciais e sociais, uma vez que o dispositivo móvel, sendo um computador de bolso, permite acesso à milhões de aplicativos, cuja principal característica é a quebra na limitação da mobilidade, favorecendo a contínua conexão do usuário a diversas pessoas e serviços, 24 horas por dia, onde ele estiver. Além disso, outro aspecto relevante é a portabilidade que o equipamento proporciona aos seus usuários, considerando que o mesmo pode utilizar seu aparelho pessoal, com o qual já está acostumado a lidar diariamente. ⁽³⁾

Um dos setores atingidos pela utilização de ferramentas computacionais, com o uso crescente das tecnologias da informação e comunicação, é o da saúde, pois esse tipo de suporte pode proporcionar aos profissionais a área alcançarem mais precisão e agilidade em seus trabalhos. ⁽⁴⁾

A computação móvel pode ser aplicada em vários setores dentro da área da saúde, tais como: o monitoramento remoto, o apoio ao diagnóstico e o apoio à tomada de decisão ^(5,6). Essa intervenção tem modificado as estratégias de prestação de serviços gerais em saúde por todo o mundo, de modo que seu potencial é reconhecido e incentivado pela Organização das Nações Unidas (ONU) e Organização Mundial da Saúde (OMS), que buscam tornar as decisões dos políticos e administradores de Estado conscientes do cenário e suas dificuldades de desenvolvimento. Assim, existe uma grande necessidade de, além do desenvolvimento, a avaliação de aplicativos em áreas específicas para melhorar os cuidados em saúde. ⁽⁷⁾

Desse modo, para que estes recursos possam efetivamente ser indicados e inseridos na rotina de cuidados aos pacientes, de forma a atenderem suas demandas resultando em ganhos efetivos na qualidade do cuidado, alguns levantamentos atualizados e com análise crítica das características técnicas, incluindo custos dos aplicativos disponíveis são necessários, visto que nem sempre a simples disponibilização de dados obtidos remotamente dos pacientes à equipe cuidadora resulta em ganhos mensuráveis na qualidade do controle de doenças ^(8,9).

Segundo a *Food and Drug Administration* (FDA) quase 2 bilhões de usuários de smartphones e tablets utilizarão aplicativos de cuidados de saúde em 2018. Os aplicativos móveis e softwares desenvolvidos, tornaram-se importantes ferramentas da *mobile health* (*mHealth*— saúde móvel) à medida que permitem suporte remoto a pacientes ou autopromoção de cuidados em saúde. Surgindo assim, o conceito: “práticas médicas e de saúde pública auxiliadas por aparatos portáteis, como celulares, aparelhos de monitoramento dos pacientes, assistentes pessoais digitais (PDAs), e outros aparelhos sem fio”, definido pelo Observatório Global para a *eHealth* (GOe) ⁽⁷⁾.

Assim, revisões atualizadas são necessárias para nortear tanto as decisões sobre a adoção pelos usuários, quanto recomendação pela equipe de saúde responsável, de aplicativos mais adequados para uso no cuidado aos pacientes, como também apontar caminhos para o desenvolvimento de novas ferramentas, ou mesmo o aprimoramento das existentes ⁽¹⁰⁾.

Nesta perspectiva, buscou-se realizar esta revisão, a fim de identificar as lacunas a serem pesquisadas na área de aplicativos móveis utilizados na saúde, facilitando assim o conhecimento acerca de sua utilização no referido âmbito. Nesse escopo, o objetivo da pesquisa foi identificar as tendências de pesquisas no Brasil que utilizam a tecnologia móvel na área da saúde.

Métodos

Trata-se de uma revisão integrativa, método que possibilita sumarizar as pesquisas já realizadas e obter conclusões a partir de um tema específico.⁷ As buscas foram realizadas delimitando-se o período de publicações dos últimos 10 anos, utilizando as seguintes bases de dados e bibliotecas virtuais de saúde: Portal de Periódico Capes, PubMed (*Public Library of Medicine*) e SciELO (*Scientific Electronic Library Online*). Os descritores utilizados foram: “Aplicativos móveis” OR “Software” AND “Informática em saúde”, os quais são cadastrados no banco de Descritores em Ciências da Saúde (DeCS). Após a seleção dos descritores, foram aplicados os filtros de busca, os quais foram: resumo disponível, intervalo customizado entre junho de 2006 e junho de 2016, e idioma português.

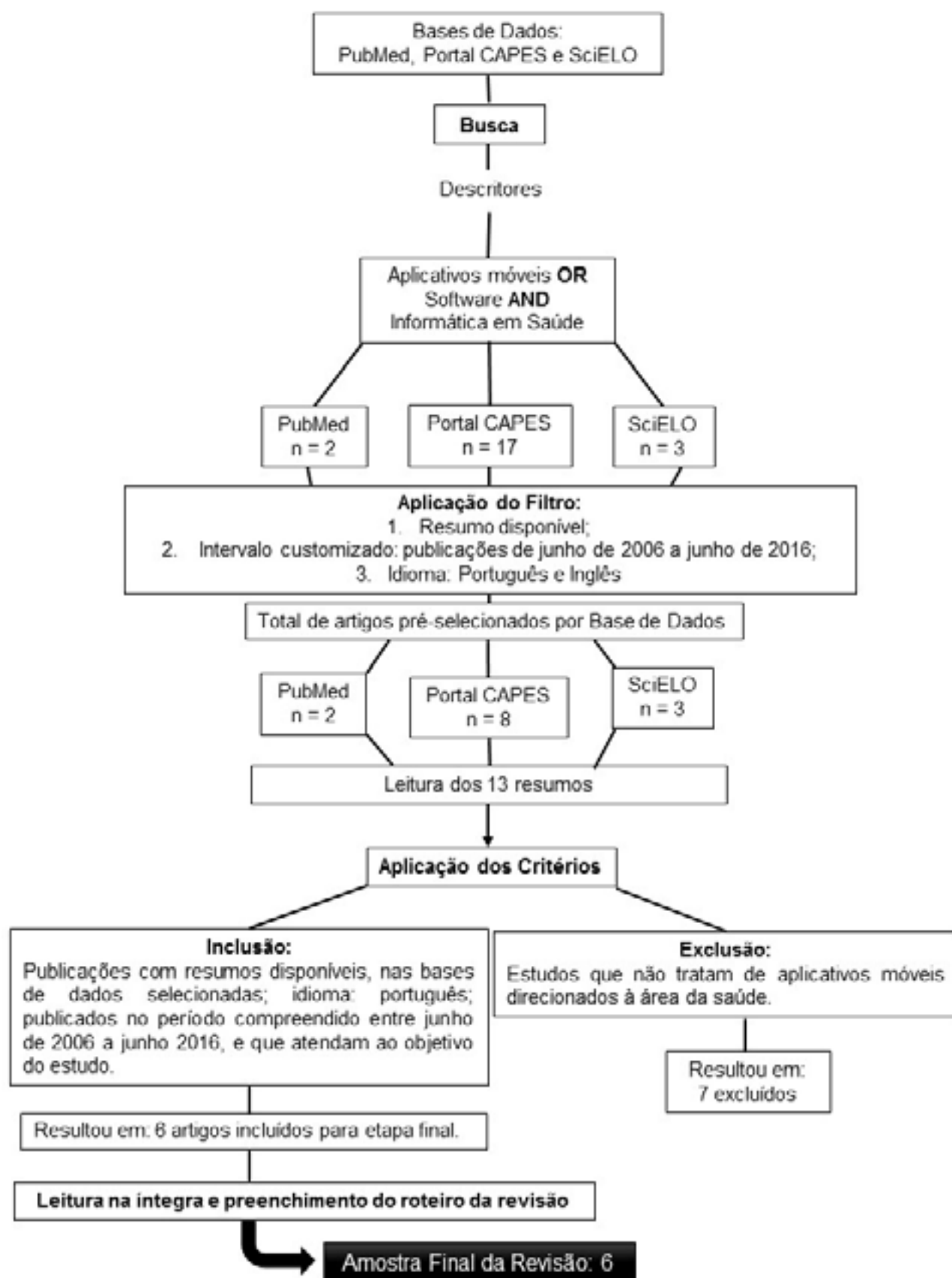
Para a realização da revisão utilizou-se o modelo proposto por Ganong⁹, que envolve as seguintes etapas: seleção das questões para revisão; estabelecimento de critérios para inclusão de estudos e busca na literatura; apresentação das características dos estudos revisados; análise dos estudos utilizando instrumento específico; interpretação dos resultados; e apresentação dos resultados e síntese do conhecimento.

Assim, para guiar a revisão integrativa, formulou-se a seguinte questão: “Quais foram as produções científicas desenvolvidas no Brasil, cujas propostas tratam do uso de aplicativos móveis na área de saúde?”.

Como critérios de inclusão, utilizou-se: publicações com resumo disponível, nas bases de dados selecionadas, no idioma português, publicados no período compreendido entre junho de 2006 a junho de 2016, e que atendam ao objetivo do estudo. Como critério de exclusão: estudos que não tratam de aplicativos móveis direcionados à área da saúde. Os estudos encontrados em mais de uma base de dados foram considerados somente uma vez.

A partir do material obtido, foi realizada a leitura de cada resumo selecionando aqueles que respondiam aos critérios de inclusão. Posteriormente, foram realizadas leituras cuidadosas do material na íntegra e extraídos os conceitos abordados, comparando-os e agrupando-os sob a forma de categorias empíricas. O processo de seleção dos artigos está apresentado na Figura 1.

Figura 1: Fluxograma explicativo de estratégia de busca e seleção dos estudos, João Pessoa, 2016.



Fonte: Elaboração dos Autores

Resultados

Neste estudo, foram encontrados 22 estudos nas bases de dados, sendo 3 provenientes do SciELO, 17 Portal de periódico CAPES e 2 PubMed.

Os trabalhos selecionados foram sumarizados e classificados de acordo com os seguintes critérios: ano de publicação, seguinte distribuição: 2012 (1), 2011 (1), 2007 (3) e 2006 (1); tipo de publicação, sendo 2 teses, 1 dissertação e 3 artigos, os demais tipos não foram encontrados, tais como: dissertação e trabalho de conclusão de curso.

Tabela 1: Distribuição dos artigos selecionados

Nº	Título	Autores	Base de Dados
A1	Dimensionamento informatizado de profissionais de enfermagem: avaliação de um software ⁽¹¹⁾	PEREIRA, I.M. et al.	SciELO
A2	Desenvolvimento do software oftalmológico para dispositivos portáteis ⁽¹²⁾	GROTTONE, G.T.; PISA, T.I.; GROTTONE, J.C.; DEBS, F.; SCHOR, P.	PubMed
A3	Prontuário eletrônico do centro de atendimento a pacientes especiais: desenvolvimento e implementação ⁽¹³⁾	FRAIGE, A.	Portal de periódicos CAPES
A4	Sistemas de informática e informação da atenção básica do Sistema Único de Saúde e o software livre: possibilidades e perspectivas ⁽¹⁴⁾	CORTIZO, C.T.	Portal de periódicos CAPES
A5	Avaliação de qualidade do registro eletrônico do processo de enfermagem ⁽¹⁵⁾	OLIVEIRA, N.B.	Portal de periódicos CAPES
A6	Controle de vacinação de crianças matriculadas em escolas municipais da cidade de São Paulo ⁽¹⁶⁾	SILVEIRA, A.S.A.; SILVA, B.M.F.; PERES, E.C.; MENEGHIN, P.	Portal de periódicos CAPES

Após analisar os dados encontrados, e utilizar a leitura interpretativa, emergiram desta análise as seguintes categorias a respeito dos aplicativos móveis desenvolvidos para a área da saúde: “contribuições e limites na atenção à saúde”, “práticas profissionais”, e “benefícios para os usuários”.

Discussão

Contribuições e limitações na atenção à saúde

Em se tratando da categoria “ Contribuições e limites na atenção à saúde”, foram encontradas três publicações: uma delas buscou avaliar a qualidade técnica e o desempenho funcional de um software intitulado DIPE (Dimensionamento Informatizado de Profissionais de Enfermagem) (A1); outra, sobre a importância da utilização livre do software para os sistemas informática e informação na atenção básica do Sistema Único de Saúde (SUS) (A4); e o último (A5) trazendo a contribuição e limitações na atenção à saúde na avaliação de um sistema de documentação eletrônica de enfermagem.

No estudo A1, foram mostrados os requisitos da avaliação proposta do aplicativo em questão, considerando as características: funcionalidade (que define a capacidade do *software* de prover funções

que atendam às necessidades explícitas e implícitas); a confiabilidade (capacidade de o software manter um nível de desempenho especificado); usabilidade (capacidade do software de ser compreendido, aprendido, operado e atraente ao usuário); a eficiência (tempo de execução e os recursos envolvidos); e a manutensibilidade (facilidade de o *software* ser modificado, incluindo tanto as melhorias ou extensões de funcionalidade quanto as correções de defeitos, falhas ou erros); no processo de trabalho dos profissionais da enfermagem ⁽¹¹⁾.

É destacado ainda no estudo, que na avaliação das características do software utilizado foram obtidas respostas positivas, uma vez que foram consideradas de fácil acesso e entendimento, servindo como uma ferramenta que auxilia ao enfermeiro gestor no planejamento e na tomada de decisão sobre o quadro de pessoal de enfermagem nas instituições hospitalares.

O estudo (A4) que tratou sobre as contribuições e limitações do software livre para os sistemas de informática e informação da atenção básica no SUS, apontou limitações tais como: educação, segurança, privacidade e padrões abertos. Contudo, apontou diversas vantagens, tais como: custo, escalabilidade, autonomia tecnológica, adaptação do software ao idioma e à cultura local, estabilidade e impacto na qualidade dos serviços de saúde. Desta forma, o estudo mostrou que o software livre aponta condições políticas e tecnológicas de colaborar e dialogar com os princípios doutrinários do SUS, como também contribuir para a construção e consolidação de uma Política Nacional de Informação e Informática em Saúde. ⁽¹⁴⁾

Por fim, o último estudo (A5) sobre a contribuição e limitações na atenção à saúde, tratou sobre a avaliação de um sistema de documentação eletrônica do processo de enfermagem, visando verificar sua qualidade técnica e o desempenho funcional, a partir da percepção de especialistas em informática, enfermeiros docentes assistenciais, a fim de identificar possíveis falhas técnicas e limitações para que sejam realizadas melhorias no produto final. Assim, segundo o estudo, o software mostrou respostas positivas dos especialistas, em relação a algumas categorias, tais como: confiabilidade, adequação funcional, usabilidade, eficiência de desempenho, compatibilidade, segurança, manutensibilidade, portabilidade, trazendo respostas para auxílio no atendimento prestado. ⁽¹⁵⁾ Características semelhantes ao estudo A1.

Práticas Profissionais

No que diz respeito a categoria “Práticas profissionais”, elegeram-se dois estudos que contemplavam a utilização de aplicativos móveis voltados para prática profissional.

Um dos estudos selecionados (A2), trata da idealização, execução e teste de um aplicativo para auxílio na prática médica, sobre o uso de um programa para computadores de mão, capaz de fazer cálculos na escolha de lentes intraoculares. Na maioria das vezes os dados necessários para o cálculo estão na impressão da biometria a ser substituída. Assim, a produção e desenvolvimento de um programa para tal fim, contribui de forma significativa os cirurgiões que num momento de emergência necessitem da troca ou recálculo da lente intraocular sem demora, acelerando assim o tempo cirúrgico, de forma eficaz e segura. ⁽¹²⁾

Outro estudo (A3) que mostra dispositivo que está voltado para prática profissional, é o Prontuário Eletrônico do Paciente (PEP) direcionado ao atendimento odontológico de pacientes portadores de necessidades especiais do Centro de Atendimento a Pacientes Especiais (CAPEs), dando consistência dos dados colhidos na anamnese, que são fundamentais no planejamento e execução do tratamento odontológico. Como relatado pelo autor, este aplicativo também pode ser utilizado por dentistas de modo geral, em suas clínicas e ambulatórios. ⁽¹³⁾

Além destas funções, o aplicativo também tem um papel didático de mostrar aos odontólogos, o grande leque de conhecimento que ele deve ter ao atender um paciente. A importância desse se dá, pelo fato de uma adequada coleta de informações referentes à saúde geral dos indivíduos, proporcionar um atendimento seguro e também proporcionar aos profissionais participar ativamente na manutenção da saúde do indivíduo. ⁽¹³⁾

Benefícios para os usuários

Nesta categoria, uma publicação selecionada trata do uso de um aplicativo móvel direcionado aos usuários beneficiados com a atualização do cartão de vacina das crianças.

Desse modo, o estudo foi desenvolvido a partir de um programa para computador (software), de fácil uso, que visa manter atualizado o quadro de vacinação das crianças matriculadas em escolas da cidade de São Paulo, com a finalidade de realizar o controle da imunização, além de promover a conscientização sobre a importância da administração das vacinas e tornar a escola um ambiente mais saudável, contribuindo, assim, com um maior número de crianças imunizadas.

O êxito na elaboração e implementação deste sistema de controle pode ser visto como um esboço para a elaboração de um sistema maior, de padronização e informatização do controle de imunizações da cidade de São Paulo e de outros municípios. ⁽¹⁶⁾

Conclusão

Neste estudo foram apresentados os aplicativos móveis aplicados à saúde identificados na literatura científica brasileira, de acordo com os descritores propostos. Baseado nos estudos selecionados, as categorias mostraram que os aplicativos móveis têm as funções não apenas de auxiliar profissionais, mas também atingir diretamente os usuários. Entretanto, precisam ser testados e avaliados, para diminuir as limitações e aumentarem as contribuições.

Os achados apontam reduzido número de trabalhos desenvolvidos com esta temática, considerando os descritores propostos, ainda assim, sabe-se que há um crescimento ao longo dos anos em relação a criação de aplicativos móveis para uso em saúde. Contudo, faz-se necessário que os estudiosos da temática busquem uniformizar os descritores de modo a facilitar e proporcionar uma busca qualificada, permitindo, assim, uma maior visibilidade dos estudos, ressalta-se, ainda a importância da divulgação e publicação desses produtos.

Apesar dos avanços, os sistemas no âmbito da saúde ainda estão em processo de consolidação e efetivação, para que possam ser capazes de fornecer subsídios que possibilitem o trabalho do profissional mais qualificado, em paralelo é preciso fortalecer os sistemas e capacitar os profissionais para o uso e contribuições para melhoria dos sistemas.

O desenvolvimento de aplicativos móveis embasados em pesquisas científicas é importante, porque direcionam os conteúdos tratados nos aplicativos, uma vez que partem de estudos e análise de profissionais que conhecem as reais necessidades dos usuários. Assim, entende-se que reconhecer as necessidades desses usuários é essencial para planejar e implementar novas tecnologias de maneira coerente e adequada, de acordo com as demandas específicas, testadas na pesquisa e implementadas na prática.

Para trabalhos futuros, sugere-se que, além dos aplicativos que dão suporte aos profissionais, torna-se necessário desenvolver mais aplicativos de suporte direto ao paciente. Assim, estes poderão se envolver mais com aspectos relacionados à própria saúde, ter acesso a informações e, quando necessário, receber apoio remoto para o autocuidado e seu tratamento.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq pelo apoio e financiamento da pesquisa por meio do Edital Universal 01/2014, N° do processo: 448716/2014-03.

Referências

- [1] Arnhold M, Quade M, Kirch W. Mobile applications for diabetics: a systematic review and expert-based usability evaluation considering the special requirements of diabetes patients age 50 years or older. *J Med Internet Res.* 2014;16 (4): e104.
- [2] International Data Corporation (IDC). *Worldwide Business Use Smartphone 2013-2017 Forecast and Analysis.* Framingham: MA; 2013. [Cited 2013 Jul 01]. Disponível em <http://www.idc.com/>. Acesso em 18 jun. 2016.
- [3] Figueiredo CMS, Nakamura E. Computação móvel: novas oportunidades e desafios. *Rev. T&C Amazônia.* 2003; 1(2):16-28.
- [4] Rocha PK, Prado ML, Wal ML, Carraro TE. Care and technology: approaches through the Care Model. *Rev Bras Enferm.* 2008; 61(1):113-5.
- [5] Catalan VM, Silveira DT, Neutzling AL, Martinato LHM, Borges GCM. Sistema NAS: nursing activities score em tecnologia móvel. *Rev Esc Enferm USP.* 2011;45(6):1419-26.
- [6] Menezes Júnior JV, D'Castro RJ, Rodrigues FMM, Gusmão CMG, Lyra NRS, Sarinho SW. InteliMed: uma experiência de desenvolvimento de sistema móvel de suporte ao diagnóstico médico. *Rev Bras Comp Aplic.* 2011;3(1):30-42.
- [7] World Health Organization, Global Observatory for eHealth. *mHealth, New Horizons for Health through Mobile Technologies.* Geneva (Switzerland): WHO; 2011.
- [8] Arnhold M, Quade M, Kirch W. Mobile applications for diabetics: a systematic review and expert-based usability evaluation considering the special requirements of diabetes patients age 50 years or older. *J Med Internet Res.* 2014;16 (4):e104.
- [9] McCall N, Cromwell J. Results of the Medicare Health Support disease-management pilot program. *N Engl J Med.* 2011; 365(18):1704-12.
- [10] Arrais RF, Crotti PLR. Revisão: aplicativos para dispositivos móveis (“Apps”) na automonitorização em pacientes diabéticos. *J. Health Inform.* 2015; 7(4):127-33. Disponível em: <http://www.jhi-sbis.saude.ws/ojs-jhi/index.php/jhi-sbis/article/view/359/245>. Acesso em 18 jun. 2016.
- [11] Pereira IM, et al . Dimensionamento informatizado de profissionais de enfermagem: avaliação de um software. *Rev. esc. enferm. USP, São Paulo, v. 45, n. spe, p. 1600-1605, Dec. 2011.* Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0080-62342011000700010&lng=pt. Acesso em 20 jun. 2016.
- [12] Grottone GT, Pisa IT, Grottone JC, Debs F, Schor P. Desenvolvimento de software oftalmológico para dispositivos portáteis. *Arq. Bras. Oftalmol., São Paulo, v. 69, n. 4, p. 487-490, Agosto de 2006.* Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-27492006000400006&lng=en.. Acesso em 19 jun. 2016.
- [13] Fraige A. *Prontuário eletrônico do Centro de Atendimento a Pacientes Especiais: desenvolvimento e implementação.* (Tese de Doutorado). São Paulo: Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo; 2007.
- [14] Cortizo CT. *Sistemas de Informática e Informação da Atenção Básica do Sistema Único de Saúde e o Software Livre: possibilidades e perspectivas.* (Dissertação de Mestrado). São Paulo: Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo; 2007.
- [15] Oliveira NB. *Avaliação de qualidade do registro eletrônico do processo de enfermagem.* (Dissertação de Mestrado). São Paulo: Escola de Enfermagem da Universidade de São Paulo; 2012.
- [16] Silveira ASA, Silva BMF, Peres EC, Meneghin P. Controle de Vacinação de Crianças matriculadas em Escolas Municipais da Cidade de São Paulo. *Rev. esc. enferm. USP, São Paulo, v. 41, n. 2, p. 299-305, junho de 2007.* Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0080-62342007000200018&lng=en. Acesso em 19 jun. 2016.

Contato

Nívea Trindade de Araújo Tiburtino Neves.
Enfermeira, Mestranda do Programa de
Modelo de Decisões e Saúde, Grupo de
Estudos e Pesquisa em Administração e
Informática em Enfermagem (GEPAlE).
Universidade Federal da Paraíba (UFPB). João
Pessoa, Paraíba, Brasil.
Tel: (83) 9 9651-7250 / 9 8835-4037
Email: nivea_trindade@hotmail.com

VISÃO DE E-SAÚDE PARA O BRASIL: UMA DISCUSSÃO CONCEITUAL NECESSÁRIA

Rafael Dall'Alba (Ministério da Saúde - Brazil),
Giliate Coelho Neto (Ministério da Saúde - Brazil),
Alcindo Antônio Ferla (UFRGS - Brazil),
Jacinta de Fátima Senna da Silva (Ministério da Saúde - Brazil)

Resumo: A e-Saúde vem mudando a maneira de se organizar e ofertar serviços de saúde em todo o mundo e o Brasil não é exceção. As atividades de Saúde estão intimamente ligadas à informação e comunicação e dependem de conhecimento e tecnologia para viabilizar mecanismos inovadores, efetivos, eficazes e eficientes que ampliem o alcance e aumentem a qualidade, a resolubilidade e a humanização dos diversos aspectos da atenção em saúde. Este trabalho relata a discussão conceitual dos pilares base para a visão de e-saúde no Brasil promovida pelo Ministério da Saúde. Dentre elas são a governança, interoperabilidade, trabalhadores em saúde e infraestrutura, seguidas das ações complementares transversais como telessaúde, registro eletrônico de saúde e gestão da informação.

Palavras-chave: e-saúde, informação em saúde, políticas públicas, sistemas de saúde.

Introdução

*a e-Saúde é a aplicação das Tecnologias de Informação e Comunicação à Saúde*¹. Esta é definição sintética da Organização Mundial da Saúde que adotaremos neste documento. De forma mais ampla “e-Saúde” representa o contexto da prática de atenção à saúde facilitada e aperfeiçoada pelo uso de tecnologias modernas de Informação e Comunicação (TIC), considerando as aplicações dessas tecnologias na organização, gestão e agilidade dos processos de atendimento ao paciente, no compartilhamento de informações, na garantia de maior qualidade e segurança das decisões clínicas, no acompanhamento de pacientes, em políticas de Saúde pública, na compreensão dos fatores determinantes do bem estar do cidadão, na detecção e controle de epidemias, entre tantas outras possibilidades.

A e-Saúde vem mudando a maneira de se organizar e ofertar serviços de saúde em todo o mundo e o Brasil não é exceção. As atividades de Saúde estão intimamente ligadas à informação e comunicação e dependem de conhecimento e tecnologia para viabilizar mecanismos inovadores, efetivos, eficazes e eficientes que ampliem o alcance e aumentem a qualidade, a resolubilidade e a humanização dos diversos aspectos da atenção em saúde.

O Brasil possui uma larga experiência na produção, implantação e uso de Sistemas de Informação em Saúde². Nos últimos anos, com o acelerado avanço das tecnologias de informação, tem sido desenvolvido esforços de abrangência nacional para viabilizar uma arquitetura nacional de e-Saúde. Tais iniciativas, entretanto, têm sido marcadas pela falta de alinhamento e continuidade, gerando frustração, descrédito na viabilidade de construção dessa arquitetura e desmotivação para enfrentar os desafios nesta área. A continuidade das iniciativas governamentais é uma necessidade fundamental corroborada pela experiência internacional segundo a qual os resultados do investimento em

e-Saúde começam a surgir, em média, cerca de sete anos depois de iniciados os programas nacionais de e-Saúde³.

O arcabouço para utilização efetiva e eficiente da e-Saúde deve contemplar aspectos de infraestrutura, formação e educação permanente de trabalhadores da saúde, serviços e sistemas de informação e comunicação (entre os quais conectividade a redes), tecnologias específicas, padrões de informação clínica e de interoperabilidade, governança, legislação e financiamento. Além disso o próprio movimento vivo de trabalho em saúde necessita de estratégias democráticas e descentralizadas na gestão de processos de inovações, isto é uma cogestão⁴ nas TICs. A e-Saúde tem como objetivo aumentar a qualidade e ampliar o acesso à atenção à saúde por meio do uso das tecnologias de informação e comunicação que contribuam para agilizar os processos assistenciais, qualificar as equipes de saúde e tornar mais eficaz e eficiente o fluxo de informações para apoio à decisão em saúde, incluindo tanto a decisão clínica, de vigilâncias em saúde, de regulação e promoção da saúde, quanto a decisão de gestão e políticas públicas. A Tecnologia de Informação e Comunicação oferece conhecimento e mecanismos importantes capazes de contribuir para que se atinjam os objetivos de saúde, se demonstrem os resultados obtidos e, ainda, se estimem os custos a eles associados⁵.

Assim faz-se necessária uma visão de e-Saúde para o Brasil que ofereça caminhos para que os governos federal, estaduais e municipais, instituições de pesquisa e ensino, empresas privadas, de saúde suplementar, de desenvolvimento, de fornecimento de sistemas de informação e prestadores de serviços de informática em saúde alinhem seus esforços, de forma a aumentar a efetividade e a eficiência das iniciativas de concepção, desenvolvimento, aquisição e implantação de sistemas de informação em saúde, incluindo dispositivos, modelos e processos. Neste trabalho apresentamos uma síntese de uma extensa discussão que ocorreu no âmbito do Ministério da Saúde, coordenada pelo DATASUS abordando a visão de e-saúde para o Brasil.

A e-Saúde e as perspectivas das Diretrizes e Objetivos do SUS

Os objetivos do SUS para 2015 são sintetizados no Plano Nacional de Saúde 2011 – 2015⁶. Todas as diretrizes ali definidas - inclusive as diretrizes transversais - podem se beneficiar diretamente do uso da Tecnologia de Informação e Comunicação e, portanto, da e-Saúde. Como exemplo, retomando a **Diretriz 12** que insere “*Implementação de novo modelo de gestão e instrumentos de relação federativa, com centralidade na garantia do acesso, gestão participativa com foco em resultados, participação social e financiamento estável*”, pode ser diretamente beneficiada com o uso de sistemas de informação de saúde de qualidade. É possível conceber novos modelos de gestão que sejam baseados na tecnologia de informação e comunicação e que, assim, contribuam para avanços na gestão participativa e descentralizada, no controle social, superando o restrito foco em resultados.

Existe também um acúmulo sobre o tema gerado a partir das contribuições ao Planejamento Plurianual (PPA) 2016-2019 como instrumento de planejamento e aplicação do e-saúde no âmbito do SUS. Dentro das metas pactadas estão os itens 7 e 8 do documento que respectivamente propõem-se: Estabelecer estratégia de e-Saúde para o Brasil, conforme preconizado na Resolução WHA66.24 da 66ª Assembleia da OMS⁷, de 27 de maio de 2013 que corresponde a “Definir um modelo de implantação para a e-Saúde no Brasil que contemple as dimensões de governança e recursos organizacionais, padrões e interoperabilidade, infraestrutura e recursos humanos, com o objetivo de melhorar o fluxo de informação para a prestação de serviços e a coordenação dos sistemas de saúde.”

A e-Saúde tornou-se uma prioridade na atenção à saúde em vários países, com algumas experiências bem sucedidas em países da Europa, Canadá, Austrália, Nova Zelândia, entre outros. No Brasil, apesar de iniciativas em vários municípios, estados pelo Ministério da Saúde, algumas das quais com resultados positivos, elas ocorreram de forma descoordenada, fragmentadas e não integradas, perdendo assim muito de sua efetividade para o atendimento de saúde do indivíduo e para a gestão da Saúde pública. Faz-se necessário estabelecer uma estratégia de abrangência nacional que norteie essas ações, permitindo uma coordenação e integração das mesmas de forma mais efetiva para se ter

um ambiente de e-Saúde no País que promova a qualidade da atenção à saúde com registro individualizado dos atendimentos – a realização de um Registro Eletrônico de Saúde de cada cidadão contendo informações que auxiliem no acompanhamento de sua saúde e bem estar ao longo de toda sua vida e na qualidade de seu atendimento de saúde em qualquer local e à qualquer tempo.

O Brasil tem a maturidade institucional e tecnológica para criar, de forma bem sucedida, um ambiente que alcance a visão de uma e-Saúde nacional delineada neste documento. A política nacional de informação e informática em saúde apresenta-se cristalizada necessitando de vários aprimoramentos e o principal deles é a sua aplicabilidade no contexto das instituições de saúde, porém já aponta para a estratégia de e-saúde^{8,9} Experiências de grande sucesso no uso inovador e em grande escala de tecnologias da informação e a concepção do SUS como um sistema unificado de atenção à saúde para cada cidadão em todo o País, gratuita e equânime, com a participação pactuada dos três níveis de governo da Federação, demonstram essa maturidade.

O Brasil faz uso inovador e consistente das tecnologias de informação. Exemplos notórios tais como a informatização do sistema bancário brasileiro – com mais de 20 bilhões de transações eletrônicas em tempo real em 2010¹⁰ –, o desenvolvimento e gestão do sistema de votação eletrônica – com mais de 135 milhões de votos coletados em todo o País e apurados em algumas horas¹¹ –, o sistema de declaração de ajuste de renda junto à Receita Federal – com mais de 25 milhões de declarações transmitidas via Internet em 2012¹² – e o Programa Nacional de Banda-Larga¹³ demonstram a vocação da sociedade brasileira para a utilização da Tecnologia da Informação e Comunicação em atividades estratégicas para o País e a capacidade de fazê-lo em ambientes complexos, em larga escala e de forma sustentável. Poucos países, mesmo os mais desenvolvidos, utilizam sistemas de informação críticos com a qualidade e a escala da experiência brasileira. A e-Saúde requer, para sua efetividade plena, que as unidades de atenção à saúde espalhadas por todo o território nacional estejam conectadas à Internet, com qualidade, sendo ainda importante haver uma cobertura adequada para acessos móveis que deem suporte às ações dos agentes comunitários de saúde, entre os quais os do Programa de Saúde da Família. Neste sentido, o PNBL – incluindo ações de governo eletrônico, de inclusão digital e o Programa de Cidades Digitais, entre outras –, conjugado com ações municipais e estaduais de infraestrutura para banda larga e de programas de apoio à informatização das unidades de saúde, é um programa emblemático e importante por ser uma iniciativa horizontal de grande dimensão que se alinha diretamente com as necessidades da e-Saúde. Neste contexto, as iniciativas de conectar em banda larga, dentro do programa Governo Eletrônico - Serviço de Atendimento ao Cidadão - GESAC do Ministério das Comunicações (MC), cerca de 13.000 Unidades Básicas de Saúde (UBS) participantes do programa PMAQ do MS e incluir serviços de e-Saúde no programa de Cidades Digitais do MC são ações em prol da informatização da Saúde.

Um segundo aspecto relevante é a característica do SUS como um sistema de saúde integral, universal, equitativo, descentralizado operacional e administrativamente, implantado nacionalmente, com legislação, culturas, práticas e princípios bem estabelecidos, operando em larga escala. É um sistema que tem influenciado outros países na adoção de sistemas universais de saúde¹⁴. A combinação destes aspectos coloca o Brasil em uma excelente posição para fazer uso da e-Saúde com abrangência nacional e diversidade de benefícios colocados à disposição de pacientes, cidadãos, profissionais de saúde, gestores, autoridades e organizações de saúde.

O uso de e-Saúde no Brasil deve se espelhar e encontrar motivação tanto no sucesso trazido pelo uso das TICs em outras áreas, como pelos avanços e o aprendizado trazidos pela construção permanente do SUS. No seu sentido mais amplo, a e-Saúde tem como objetivo contribuir para aumentar a qualidade e ampliar o acesso à atenção à saúde por meio do uso das tecnologias de informação – incluindo os saberes e práticas inerentes a esta área do conhecimento - de forma que contribuam para qualificar as equipes de saúde e tornar mais eficaz e eficiente o fluxo de informações para apoio à decisão em Saúde, em sua complexidade que envolve tanto a decisão clínica, de vigilâncias em saúde,

de regulação e promoção da saúde quanto de gestão. O emergente campo da Saúde Coletiva se faz presente como um excelente mediador dessa operação.

Os elementos para a construção do conceito e-saúde foram baseadas nos documentos *National eHealth Strategy Toolkit*⁵, o conjunto de ferramentas proposto pela Organização Mundial de Saúde (OMS) e pela União Internacional de Telecomunicações. Tais ferramentas foram traduzidas, adaptadas e discutidas em Oficinas promovidas pelo DATASUS, dentre as quais, seis oficinas presenciais plenárias, com o fim específico de construir o consenso possível para subsidiar a elaboração de um documento de uma visão para e-saúde no Brasil que serão abordadas nesse trabalho. O método adotado propõe que a análise do ambiente de e-Saúde contemple um dispositivo institucional de ação política, legislativa e regulatória que ampara quatro pilares identificados como:

1. **Governança e Recursos Organizacionais** - incorporando Liderança e Governança, Estratégia e Investimento e Legislação, Políticas e Regulação;
2. **Padrões e Interoperabilidade** - incorporando ainda Serviços e Sistemas;
3. **Infraestrutura¹- serviços e sistemas, conectividade;**
4. **Trabalhadores em e-saúde** – principalmente pautados pela formação e educação permanente.

Esses pilares dão sustentação a estratégias e investimento conformando assim o arcabouço estrutural para a estratégia de e-saúde.

Pilares da estratégia e-SAÚDE para o Brasil

Em 27 de maio de 2013, a Assembleia Geral da Organização Mundial de Saúde aprovou a Resolução 66.24 sobre “Padronização e Interoperabilidade para e-Saúde”, na qual entre outros tópicos, se solicita que os estados membros considerem opções de colaboração com os atores relevantes para desenhar um plano de implementação de e-Saúde e de padrões para os dados de saúde, com abrangência nacional e regional¹⁵. Os pilares (Figura 1) dessa proposta correspondem aos seguintes conceitos com respectivas implicações:

1. Governança e Recursos Organizacionais

Este pilar representa o conjunto de Recursos Organizacionais necessários para que a Visão de e-Saúde se concretize. Ele inclui aspectos de Governança, Liderança, Estratégia, Investimento, Políticas, Legislação e Regulamentação do Mercado de e-Saúde. O conceito de governança não se restringe aos aspectos gerenciais e administrativos do Estado, tampouco ao funcionamento eficaz do aparelho de Estado. A governança refere-se a padrões de articulação e cooperação entre atores sociais e políticos e arranjos institucionais que coordenam e regulam transações dentro e através das fronteiras do sistema econômico, incluindo-se aí, não apenas os mecanismos tradicionais de agregação e articulação de interesses, tais como os partidos políticos e grupos de pressão, como também redes sociais informais (de fornecedores, famílias, gerentes), hierarquias e associações de diversos tipos¹⁶.

Como exemplo, podemos citar a necessidade de legislação específica para que o Sistema de Registro Eletrônico de Saúde possa coletar dados e informações de diversos prestadores, públicos e privados, e apresentá-los a profissionais e indivíduos autorizados a acessá-los. A legislação existente é necessária e suficiente? Há a necessidade de legislação adicional e para que fins? Do ponto de vista tecnológico existe alguma dificuldade nesta tarefa, mas qualquer solução tecnológica deverá espelhar os princípios éticos e legais. Desta forma, a e-Saúde só pode se tornar realidade se os princípios éticos e legais estiverem definidos.

¹ Neste documento, a infraestrutura de TI está propositadamente limitada aos aspectos relacionados à disponibilização e gestão de equipamentos, processamento, armazenamento e telecomunicações, como servidores, computadores de mesa, *notebooks*, *smartphones*, *tablets* e uma rede de telecomunicações de grande capilaridade e capacidade para manter estes dispositivos conectados e os dados seguros e disponíveis. Um conceito importante aqui adotado é o de que todo e qualquer dispositivo que seja utilizado para acesso ao RES ou a serviços de e-Saúde é considerado parte integrante da infraestrutura. Esta consideração é válida para dispositivos de uso pessoal, como celulares, *tablets* e *smartphones* de uso pessoal quando usados para acessar os serviços de e-Saúde.

De forma semelhante, merece atenção o estabelecimento de um Plano de Ações Estratégicas e de Investimentos, que garantam o financiamento em longo prazo das ações de e-Saúde e que, também, garantam a continuidade entre as gestões, de modo semelhante às outras iniciativas de sucesso no país, como a RNP, o Comitê Gestor Internet Brasil, CIINFO o sistema de Urna Eletrônica e o processo de informatização da Declaração de Renda. O escopo do CIINFO congrega as funções normativas diretas e fiscalizadoras das atividades relativas aos sistemas de informação e informática em saúde no âmbito do MS e do SUS instituído pela portaria 2072 31 de agosto de 2011¹⁷. Esta instância é presidida pela Secretária Executiva e composto pelas secretarias do Ministério da Saúde, ANVISA, ANS, FUNASA, Fiocruz além da Hemobras.

Como diagnóstico final, pode-se dizer que existem conhecimento, disposição, capacitação e ilhas de excelência que podem e devem ser utilizadas como bases para a implementação da Visão de e-Saúde para o Brasil. Entretanto, por se tratar de iniciativas que não possuem uma articulação nacional, elas são insuficientes, às vezes redundantes e até contraditórias. Falta orquestração nacional e regional capaz de alinhar os aspectos de liderança, governança, investimento, políticas, e regulação para que a Visão de e-Saúde proposta neste documento se torne realidade. Conforme este diagnóstico, ações estratégicas devem ser desenvolvidas com o objetivo fundamental de consolidar a e-Saúde como Política de Estado relevante para SUS, integrando programas e agregando recursos que tangenciam os pilares da implantação de e-Saúde. Elas devem se voltar para reduzir a fragmentação das iniciativas no SUS; fortalecer a intersectorialidade na governança de e-Saúde e elaborar o marco legal de e-Saúde no País.

2. Padrões e Interoperabilidade

Este pilar, de perfil bastante tecnológico duro, inclui os Serviços e Sistemas que implementam a e-Saúde e os Padrões e a Interoperabilidade necessários para a sua operação. Em sua forma mais simples, interoperabilidade pode ser conceituada como “*a capacidade que sistemas distintos têm de trocar informação e serem capazes de utilizá-la adequadamente*”¹⁸. A existência de múltiplos sistemas de informação já instalados, a diversidade de fornecedores, os vocabulários em uso, e a diversidade de propósitos de coleta e uso da informação em Saúde, exigem que se criem mecanismos, estruturas e “barramentos” para viabilizar que estes sistemas interoperem entre si, ou seja, ainda que heterogêneos a integração entre eles garanta fluxo adequado e útil da informação considerada relevante. Além disso, é necessário que haja um conjunto conhecido de terminologias que garantam a consistência do conteúdo semântico da informação, e em especial da informação clínica.

Os Serviços e Sistemas disponíveis são a materialização da e-Saúde, para todos os atores da saúde, como o paciente que utiliza serviços como os de agendamento de consultas ou recebimento de resultados de exames, por exemplo, até mesmo outros sistemas ou serviços como os de terminologia, por exemplo, que estabelecem relações semânticas entre vocabulários distintos, ou Serviços de Identificação de Pacientes, como o CadSUS, que pode informar sistemas e serviços externos autorizados sobre os dados de identificação de indivíduos cadastrados.

Uma análise geral em relação aos Serviços e Sistemas, Padrões e Interoperabilidade, mostra que existem projetos e iniciativas importantes tanto no setor público quanto na área privada, mas que há fraco alinhamento entre estas iniciativas. Adicionalmente, quase sempre se esperam resultados de curto e mesmo curtíssimo prazo, o que, por ser impossível, gera frustração, mudanças frequentes e instabilidade nos projetos e programas de e-Saúde.

Os Sistemas de Registro Eletrônico de Saúde estão relacionados diretamente ao ciclo de vida da informação clínica para apoio à atividade fim. Estes sistemas são ações transversais a essência da e-Saúde e são analisados aqui em maior profundidade. De uma forma geral, a necessidade de interoperabilidade é percebida no setor público e começa a ser identificada no setor privado. Entretanto as iniciativas de concepção de *hubs*, núcleos, camadas ou barramentos de interoperabilidade ainda são incipientes e ocorrem distantes das melhores práticas, frequentemente pela necessidade da apresentação de resultados imediatistas.

3. Infraestrutura

Este pilar descreve os itens de infraestrutura de TI necessários para permitir a concretização da Visão de e-Saúde. Tais itens “formam as fundações para a troca de informações eletrônicas entre fronteiras geográficas e setoriais de saúde. Incluem a estrutura física, os serviços essenciais e as aplicações de base para um ambiente nacional de e-Saúde”. A infraestrutura de e-Saúde “*fornece meios tangíveis para a viabilização de sistemas e serviços de acesso, troca e gerenciamento de informações e conteúdo. Os usuários da infraestrutura de e-Saúde incluem o público em geral, pacientes, provedores, operadoras de planos de saúde, e gestores de sistemas de saúde. Os meios que formam a infraestrutura de e-Saúde podem ser supridos pelo governo ou pela iniciativa privada*”⁵.

4. Trabalhadores em e-Saúde

O uso efetivo e eficaz da e-Saúde exige trabalhadores preparados para utilizá-los em todo o ciclo do processamento da informação, desde a captura do dado com qualidade até a sua análise, consolidação, agregação e utilização para tomada de decisão. Pacientes, cidadãos, profissionais de saúde e gestores terão na e-Saúde uma ferramenta essencial para o apoio das suas atividades. O conceito chave para entender o processo de formação em saúde necessário a implantação do e-Saúde e o da Educação Permanente em Saúde que carrega a definição pedagógica para o processo educativo que coloca o cotidiano do trabalho – ou da formação – em saúde em análise, que se permeabiliza pelas relações concretas que operam realidades e que possibilita construir espaços coletivos para a reflexão e avaliação de sentido dos atos produzidos no cotidiano.

A Educação Permanente em Saúde, ao mesmo tempo em que disputa pela atualização cotidiana das práticas segundo os mais recentes aportes teóricos, metodológicos, científicos e tecnológicos disponíveis, insere-se em uma necessária construção de relações e processos que vão do interior das equipes em atuação conjunta, – implicando seus agentes –, às práticas organizacionais, – implicando a instituição e/ou o setor da saúde –, e às práticas interinstitucionais e/ou intersetoriais, – implicando as políticas nas quais se inscrevem os atos de saúde^{19,20}. Além destes atores, o profissional de e-Saúde exerce um papel fundamental tanto no desenho, desenvolvimento, implantação, manutenção e monitoração de sistemas quanto na facilitação do relacionamento entre os diversos outros atores, em todos os aspectos relacionados às tecnologias e à informação de saúde.



Figura 1- Pilares e-Saúde

No cenário estratégico, é necessária a consolidação da visão e-Saúde como Política de Estado relevante para SUS, integrando programas e agregando recursos que tangenciam os pilares da implantação de e-Saúde. Em outras palavras, no cenário estratégico as ações de e-Saúde interoperem entre si e com sistemas externos, mesmo que utilizem tecnologias diferentes e estejam em esferas distintas de governo, ou no setor privado. Algumas das ações transversais apresentadas a seguir de forma sucinta caracterizam a essência da Visão de e-Saúde para o Brasil.

Ações transversais

O Registro Eletrônico de Saúde (RES)

A estruturação do Registro Eletrônico de Saúde consiste de um ou mais repositórios de informações relevantes sobre a saúde e bem estar do paciente e estão integrados de modo físico ou virtual. O acesso à informação deverá sempre ser feito de forma segura e disponível para múltiplos usuários autorizados e apenas para eles. A informação de saúde está representada de acordo com modelos lógicos padronizados, definidos e/ou selecionados entre os existentes por consensos. O principal objetivo do Registro Eletrônico de Saúde é oferecer apoio a cuidados de saúde de qualidade, eficazes, eficientes, efetivos, seguros e integrados, ao longo de toda a vida do paciente^{21,22}.

O Comitê Temático Interdisciplinar da Rede Interagencial de Informações para a Saúde (RIPSA)²³ sobre o Registro Eletrônico em Saúde (RES) indica que o RES deve propiciar uma visão unificada e integrada dos processos de trabalho inerentes ao ciclo de atenção à saúde, tendo como base elementos que respondam a integralidade do cuidado, interoperabilidade, interdisciplinaridade, segurança, privacidade, historicidade clínica e integração com os diferentes níveis de atenção além das esferas de ensino, pesquisa, gestão e formação.

Telessaúde

A Telessaúde pode ser entendida como a *“prestação de serviços de saúde, em situações nas quais a distância é um fator crítico, por todos os profissionais de saúde, utilizando tecnologias de informação e comunicação para o intercâmbio de informações válidas para o diagnóstico, tratamento e prevenção de doenças e lesões, pesquisa e avaliação, e para a educação permanente dos prestadores de cuidados de saúde, no interesse de promover a saúde dos indivíduos e de suas comunidades”*²⁴.

Os benefícios esperados da ferramenta de telessaúde compreendem desde a facilitação do acesso às informações em saúde para todos os atores envolvidos, permitindo chegar a muitos e em muitos lugares simultaneamente, agilizando o acesso e minimizando riscos e custos associados a deslocamentos. Também é esperado que ocorra a troca de informação entre serviços de saúde, ampliando a colaboração entre os diferentes serviços e profissionais de saúde, agilizando e aprimorando o atendimento do paciente, contribuindo para melhorar a eficiência e eficácia dos serviços. O suporte à assistência em serviço visando qualificar o atendimento na atenção primária, para discussão de casos clínicos complexos (especialidades) com a oferta de profissionais e atendimento a distância. Assim implicando também na superação das dificuldades de acesso e encaminhamentos desnecessários dos usuários. Outra oferta possível da telessaúde é a promoção da educação permanente dos profissionais da área de saúde, por meio de instrumentos de tele-educação ou educação à distância (EAD), tais como seminários, cursos e segunda opinião formativa. Ela também pode agir como instrumento de gestão através de reuniões em ambientes virtuais aproximando as esferas de gestão e permitindo troca de experiências em pesquisas multicêntricas.

Apoio à Mobilidade

Serviços que facilitem a comunicação móvel entre os atores da saúde permitem agilidade para pacientes, profissionais de saúde e cidadãos. Da mesma forma, o uso de dispositivos móveis amplia a portabilidade da informação em saúde, possibilitando sua disponibilidade mesmo em locais sem conectividade. Num País que tem cerca de 260 milhões de linhas de telefonia celular²⁵ este recurso pode causar impacto positivo em todas as camadas da população. Cenários claros de uso de equipamentos móveis são dados pela coleta de dados na ponta por profissionais de saúde, como parte da Estratégia de Saúde da Família ou da Atenção à Saúde Indígena, por exemplo. A inserção de dados no momento em que são colhidos reduz erros e aumenta a eficiência dos serviços de saúde. Dentre os benefícios

esperados estão os serviços de agendamento e confirmação de consulta onde pacientes podem ser alertados para consultas e procedimentos agendados - e responder aos alertas - usando serviços simples de mensagens SMS, a exemplo dos que as companhias aéreas fazem. O serviço de mensagens SMS oferece um método eficaz, eficiente e escalável de prestação de serviços para uma ampla gama de problemas de saúde. Esta tecnologia pode ser utilizada mesmo em áreas com baixa cobertura de telecomunicações. Já a coleta remota de dados - a coleta de informações em campo, usando dispositivos móveis, oferece uma ampla gama de serviços, desde os mais simples, como o envio de mensagens SMS estruturadas, até serviços sofisticados, como o preenchimento de fichas clínicas completas que podem ser analisadas remotamente, em tempo real, por equipes especializadas. Outra possibilidade é o monitoramento remoto de dispositivos de monitoração como glicosímetros e monitores cardíacos acoplados aos dispositivos móveis, abrindo uma nova perspectiva no cuidado a pacientes crônicos em domicílio ou em áreas remotas.

Gestão e Disseminação de Conhecimento

O setor da saúde é rico em informações: o RES, os relatórios administrativos e os de utilização de serviços, de pesquisas, de relatórios e de outras fontes de informação - como o censo e as estatísticas vitais - geram grandes quantidades de dados relevantes para a saúde²⁶. No entanto, o conhecimento potencialmente advindo da agregação e análise dessas informações ainda é pouco utilizado na tomada de decisão e na extração de conhecimento. Para isso são necessários sistemas de gestão do conhecimento em saúde que apoiam o processo de identificação, criação, apresentação e distribuição do conhecimento e proporcionam habilidades a gestores, profissionais de saúde e a outros envolvidos nos cuidados de saúde, para uma tomada de decisão informada, que contribuem para melhorar a qualidade da atenção em saúde e aumentar o desempenho dos serviços de saúde. Os benefícios esperados pela implantação desses sistemas englobam o acesso equitativo ao conhecimento e evidências científicas atualizadas por meio do fortalecimento e desenvolvimento de capacidades e infraestruturas nacionais de informação técnica e científica. O intercâmbio de conhecimento gera a possibilidade, de fortalecer a visibilidade da produção científica aumentando a capacidade de exercer práticas baseadas em informação e evidência científica. Neste processo se incluem o acesso a informação/evidências científicas das referências bibliográficas a documentos técnicos e científicos registradas em bases de dados internacionais, tais como Medline, Cochrane y LILACS e ferramentas de apoio como o vocabulário controlado DeCS (Descritores em Ciência da Saúde), baseado no MeSH (Medical Subject Headings), para indexação da literatura. E por fim a disseminação seletiva de informação - facilitar o acesso à informação técnica e científica relacionada aos temas prioritários de saúde. Isso é possível, por meio da construção de expressões de busca especializadas, utilizando palavras-chave e descritores que expressem estes temas e que recuperem os documentos indexados nas bases de dados disponíveis.

Gestão do Fluxo de Pacientes e Unidades de Saúde

Os Sistemas de Regulação, como os já existentes no País, são importantes instrumentos de gestão do fluxo de pacientes e de operação do sistema de saúde. Sistemas como estes devem incorporar as normas operacionais estabelecidas pelo SUS, tornando-as parte da rotina do atendimento. Exemplos típicos do uso de Sistemas de Gestão do Fluxo de Pacientes podem ser dados pelo agendamento on-line de consultas de especialidades, por um profissional de uma Unidade Básica de Saúde, levando a uma consulta pré-agendada, em local de fácil acesso pelo paciente, otimizando desta forma os recursos de saúde e o tempo do paciente. Outra situação que pode ser contemplada por Sistemas de Gestão do Fluxo de Pacientes é o apoio ao atendimento de emergência, em que, do próprio local da emergência, durante o atendimento inicial, a equipe móvel é informada sobre a unidade mais adequada para receber o paciente, dada a sua situação clínica, as condições de trânsito, e a disponibilidade de recursos na unidade que o receberá. O Brasil tem experiência no uso de Sistemas de Gestão de Fluxo de Pacientes e se reconhece-se que deveriam ser capazes de *interoperar* com outros sistemas do SUS

e do setor privado. O uso disseminado deste tipo de sistema leva à otimização de recursos, à melhor qualidade do atendimento, a pacientes mais satisfeitos e, portanto, à melhor saúde da população. Essas ações impactam diretamente da gestão e redução das filas de atendimento e maior conforto para o paciente.

Os Sistemas de Gestão e Operação das Unidades de Saúde vão além dos conhecidos sistemas de gestão hospitalar, mas os incluem. Não é difícil imaginar este tipo de sistema sendo amplamente utilizado para realizar a gestão integrada de unidades de saúde, de maneira adequada à abrangência geográfica (local, regional, estadual, federal) e nível de atenção (de unidades básicas a complexo hospitalar). Muitas iniciativas já se encontram em andamento buscando atender a esta demanda como é o caso do e-SUS Atenção Básica e Hospitalar. A informatização dos processos de gestão interfere diretamente nas atividades dos trabalhadores em saúde e na racionalização dos recursos materiais. Os sistemas de gestão de unidades de saúde ajudam a organizar os recursos usados na produção dos serviços de saúde, como a disponibilidade local de profissionais e leitos, equipamentos e consultórios, materiais e medicamentos, incluindo escalas de trabalho. A disseminação no uso de sistemas de gestão de unidades de saúde, capazes de interoperar entre si e com outros sistemas, como os de gestão de fluxo de pacientes, permitirão melhor gestão nas três esferas de governo. Isto deve se refletir no melhor uso de recursos, e, portanto, em melhor disponibilidade e maior qualidade.

Gestão Integrada do SUS

Instrumentos informatizados podem dar respostas importantes às necessidades de gestão do SUS, que vão desde a implantação dos princípios descritos no Contrato Organizativo da Ação Pública em Saúde-COAP - incluindo a geração automática dos indicadores propostos, a partir da gestão da produção dos serviços de saúde, ao suporte à gestão participativa e ao controle social e ao suporte operacional à elaboração de PPI/PGASS. As dificuldades de acesso às informações e, sobretudo, as de gestão operacional que gestores de todas as esferas enfrentam podem ser gradativamente superadas com a adoção de instrumentos informatizados. O fortalecimento do controle social requer a disponibilização de ferramentas que permitam ao cidadão acompanhar a gestão e a operação dos serviços de saúde, com a granularidade que se deseja. Além disso, os sistemas de gestão integrados devem contribuir para a consolidação da política de estruturação de Redes de Atenção à Saúde e para a consolidação de linhas de cuidado em condições crônicas ou que requerem cuidados contínuos e constantes. Essas implementações beneficiariam diretamente os mecanismos de transparência e controle social onde o cidadão terá acesso *online* aos dados atualizados de distribuição dos recursos de saúde, aos resultados esperados e aos obtidos. Também é esperado um incremento no apoio à formação e educação permanente. Os profissionais de saúde terão acesso às fontes de informação, às ferramentas de formação e educação permanente e a distância, contribuindo para o seu aprimoramento e valorização. Dessa forma se propicia um cenário ideal para a criação e implementação de novos modelos de gestão e instrumentos de relação federativa que façam uso da e-Saúde para buscar a garantia do acesso e a gestão participativa com foco em resultados, participação social e financiamento estável. O movimento de gestão integrada local, regional e nacional se utilizando dessas ferramentas informatizadas deverá permitir que os conceitos essenciais do SUS, como a colaboração regional por meio da Programação Pactuada e Integrada/Programação Geral de Ações e Serviços de Saúde PPI/PGASS, sejam implantadas e operem eficientemente em rotina.

O Impacto de e-Saúde no Desenvolvimento Econômico e Social

O êxito da Estratégia de e-Saúde para o Brasil tem potência em resultar em impactos positivo no desenvolvimento econômico e social do País, como desdobramento das ações a serem executadas com base nos pilares de sustentação da e-Saúde. O desenvolvimento dos recursos organizacionais, voltados para governança, liderança, investimento, legislação, regulação e políticas, necessários para a e-Saúde representa avanços na legislação de privacidade e confidencialidade, na coordenação entre órgãos

de governo e entre os setores público e privado. O incremento da infraestrutura tecnológica significa maior acesso da população como um todo a serviços eletrônicos, maior oportunidade de trabalho e maior espaço para a inovação tecnológica. A melhor articulação da capacidade de gestão de infraestrutura significa melhor utilização dos recursos existentes e demanda da formação de trabalhadores da saúde. A ampliação planejada e sistematizada da formação e educação permanente para a e-Saúde são necessariamente um marco para o sucesso da Estratégia de e-Saúde. Considerando-se o volume e a presença nacional dos profissionais de saúde e a expectativa de uma distribuição proporcional para os profissionais de e-Saúde, pode-se estimar que a formação de trabalhadores para a e-Saúde, em si, será um fator relevante de desenvolvimento social. A construção de uma infraestrutura de padrões de informática em saúde capaz de garantir a interoperabilidade de serviços e sistemas poderá tanto aproveitar as iniciativas existentes em áreas como as dos sistemas bancários como oferecer modelos inovadores para outras áreas. Tal infraestrutura documentada e publicada representa uma excelente oportunidade de desenvolvimento tecnológico e de apoio à inovação ao evidenciar para os atores da saúde as tendências tecnológicas mais importantes, permitindo que os investimentos públicos e privados sejam focados nas necessidades da e-Saúde. Finalmente, o sucesso da Estratégia de e-Saúde abrirá novas oportunidades para que o Brasil amplie a promoção internacional de interesse brasileiro.

Considerações Finais

A visão de e-saúde, apesar de já estar em pauta desde 2010, foi alavancada somente no período entre 2014 e 2015. Sua baixa inserção nas agendas de governo refletem a fragilidade das instituições de saúde sobre o tema. As estratégias das TICs devem fazer eco junto a políticas de fortalecimento da cultura da informacional dentro dos diversos setores da saúde. Esse passo inicial de definir conceitos embasa uma importante etapa da discussão e dever ser incorporado não só na esfera da união mas também, nos estados e municípios. O setor privado também tem o desafio de deixar a retrograda visão do SUS como somente uma fatia do mercado para de fato vir a ser um colaborador das estratégias de desenvolvimento.

Referências

- [1] World Health Organization. Building foundations for eHealth: progress of Member States: report of the WHO Global Observatory for eHealth. Geneva, World Health Organization, 2006. Disponível em www.who.int/goe/publications.
- [2] Brasil. Ministério da Saúde. A experiência brasileira em sistemas de informação em saúde / Ministério da Saúde, Organização Pan-Americana da Saúde, Fundação Oswaldo Cruz. – Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2009.
- [3] European Commission. eHealth is Worth it. The economic benefits of implemented eHealth solutions at ten European sites. Authors: Karl A. Stroetmann, Tom Jones, Alexander Dobrev, Veli N. Stroetmann. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities. 2006
- [4] Campos GWS. Um método para análise e co-gestão de coletivos. São Paulo: Hucitec, 2000.
- [5] World Health Organization, International Telecommunication Union. National e-Health Strategy Toolkit. Geneva; 2012. URL: http://www.itu.int/ITU-D/cyb/events/2012/e-health/Nat_eH_Dev/Session%201/ITU-
- [6] Brasil, Ministério da Saúde. Secretaria Executiva. Subsecretaria de Planejamento e Orçamento. Plano Nacional de Saúde – PNS: 2012-2015. Brasília : Ministério da Saúde, 2011. p 114
- [7] World Health Organization – WHA Resolution. Resolution A66.24 on eHealth Standardization and Interoperability. 2013. Disponível em http://apps.who.int/gb/ebwha/pdf_files/WHA66/A66_R24-en.pdf

- [8] BRASIL. Ministério da Saúde, Secretaria Executiva. Política Nacional de Informação e Informática em Saúde. Versão 2.0. Brasília: Ministério da Saúde, 2004. 38 p.
- [9] Brasil. Ministério da Saúde, Secretaria Executiva. Portaria Nº 589 de 20 de maio de 2015 que institui a Política Nacional de Informação e Informática em Saúde (PNIIS), Brasília. 2015.
- [10] Folha de São Paulo. Edição 18.04.2013. Disponível em <http://www1.folha.uol.com.br/mercado/1247967-brasil-ja-e-o-segundo-maior-mercado-de-cartoes-do-mundo.shtml>
- [11] Brasil. Tribunal Superior Eleitoral. Eleições 2010. Disponível em <http://www.tse.jus.br/eleicoes/eleicoes-anteriores/eleicoes-2010/eleicoes-2010>. Disponível em <http://www.tse.jus.br/eleicoes/eleicoes-anteriores/eleicoes-2010/eleicoes-2010>
- [12] O Globo. Edição 01/05/2012. Disponível em <http://g1.globo.com/economia/imposto-de-renda/2012/noticia/2012/05/receita-recebeu-25-milhoes-de-declaracoes-de-ir.html>
- [13] Brasil. Secretaria Executiva. Plano Nacional de Banda Larga.2010. Disponível em http://www.mc.gov.br/doc-crs/doc_download/418-documento-base-do-programa-nacional-de-banda-larga
- [14] Center for Strategic and International Studies, USA. Key Players in Global Health. 2010. Disponível em http://csis.org/files/publication/101110_Bliss_KeyPlayers_WEB.pdf
- [15] World Health Organization. 2013. Resolution WHA 66.24. Disponível em Acessado em 20/09/2015
- [16] Santos, MHC. “Governabilidade, Governança e Democracia: Criação da Capacidade Governativa e Relações Executivo-Legislativo no Brasil Pós- Constituinte”. In: DADOS – Revista de Ciências Sociais. Rio de Janeiro, volume 40, nº 3, 1997. pp. 335-376.
- [17] BRASIL, Ministério da Saúde, Comitê de Informação e Informática em Saúde (CIINFO). Política Nacional de Informação e Informática em Saúde. Brasília : 2012.
- [18] IEEE Standard Computer Dictionary: A Compilation of IEEE Standard Computer Glossaries - New York, NY: 1990
- [19] Ceccim RB. Educação Permanente em Saúde: desafio ambicioso e necessário. *Interface - Comun Saúde, Educ [Internet]*. 2005 Feb;9(16):161–168.
- [20] Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Gestão do Trabalho e da Educação na Saúde. Departamento de Gestão da Educação em Saúde. Política nacional de educação permanente em saúde. Brasília: Ministério da Saúde. 2009. 63 p.
- [21] ISO 18308:2011- Health informatics -- Requirements for an electronic health record architecture.
- [22] ISO TR 14.639-1:2012 Capacity-based eHealth Architecture Roadmap.
- [23] Rede Interagencial de Informações para a Saúde RIPSAs – Comitê Temático Interdisciplinar . Comitê Temático Interdisciplinar - Registro Eletrônico em Saúde – CTI – RES, 2007. Disponível em www.eco.ripsa.org.br/tiki-download_file.php?fileId662
- [24] World Health Organization. A health telematics policy in support of WHO’s Health-For-All strategy for global health development: report of the WHO group consultation on health telematics, 11–16 December, Geneva, 1997. Geneva, World Health Organization, 1998
- [25] Teleco. Estatísticas de Celulares no Brasil.2013- Disponível em <http://www.teleco.com.br/ncel.asp>
- [26] Ferla, AA; Ceccim RB; Dall Alba, R. A. Informação, educação e trabalho em saúde: para além de evidências, inteligência coletiva. **RECIIS**, v. 6, n. 2, 31 ago. 2012.

EFICIÊNCIA DE DIFERENTES REDES NEURAIS PARA DISCRIMINAR DADOS DE BIOMECÂNICA

¹Thiago Santana Lemes, ¹Adriano Pérciles Rodrigues, ¹Marcus Fraga Vieira

¹Laboratório de Bioengenharia e Biomecânica/Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Brasil

Resumo: Este estudo analisou a eficiência de diferentes algoritmos de máquina de vetor de suporte (SVM) para discriminar dados de diferentes sujeitos. Utilizou-se dados previamente coletados de idosos e jovens com 3 coletas por sujeito, em um estudo de controle postural na plataforma de força. Os dados foram analisados a partir da densidade espectral de potência (PSD) do centro de pressão sobre a qual foi aplicada a análise de componentes principais (PCA) para reduzir a dimensionalidade dos dados. A SVM recebeu a PCA com 90% de variância da PSD original e utilizando diferentes núcleos de produto interno calculou a eficiência de cada um para diferenciar grupos com características distintas. A SVM que obteve o melhor desempenho foi a de núcleo Polinomial, com uma eficiência de 90% aproximadamente, no entanto, o resultado é dependente dos dados a serem classificados, e se faz necessário então uma ferramenta que possa utilizar diferentes núcleos.

Abstract: *This study analyze the efficiency of different algorithms of support vector machine (SVM) to discriminate data from different subjects. It was used data previously collected from elderly and young people with 3 collections by subject, in a postural control study on a force plate. Data were analyzed from the power spectral density (PSD) of the center of pressure on which was applied principal component analysis (PCA) to reduce the dimensionality of the data. The SVM received the PCA with 90% of the variance of the original PSD and using different inner product kernels was calculated the efficiency of each one to differentiate between groups with different characteristics. The SVM that have the best performances was the Polynomial with an efficiency of 90% approximately, however, the result depends on data to be classified and it is necessary then a tool that can use different cores.*

Descritores: Redes Neurais (Computação); Reconhecimento automatizado de padrão; Processamento de Sinais Assistido por Computador.

Introdução

Algoritmos de classificação são muito utilizados atualmente no intuito de automatizar processos e melhorar análises de dados. As máquinas de vetor de suporte (SVM) são algoritmos que mapeiam vetores de entrada em espaços de características multidimensionais os quais servirão para construir hiperplanos ótimos de separação. SVM's são algoritmos supervisionados que necessitam de amostras de treinamento, usando os resultados desejados, para que o padrão dos dados seja aprendido. Uma amostra de treinamento segue a forma (x_i, d_i) , onde x_i é o padrão de entrada, d_i o resultado desejado e i representa o i -ésimo exemplo de treinamento¹. Após o treinamento a SVM irá classificar os padrões apresentados em diferentes categorias. Os algoritmos de SVM se diferenciam por seus núcleos de produto interno como, por exemplo, Máquina de Aprendizagem Polinomial, Quadrática, Rede de Função de Base Radial (RBF) e Perceptron de Múltiplas Camadas (MLP) os quais definem diferentes superfícies de decisão não lineares².

Na máquina de aprendizagem polinomial, o usuário deve especificar o grau do polinômio a ser utilizado. Se o polinômio tiver grau 2, será então um núcleo quadrático. RBF's definem centros em

regiões circulares baseados na quantidade de vetores de suporte e o usuário define o raio da região circular. MLP's definem vetores de pesos também pelo número de vetores de suporte.

O uso de redes neurais artificiais (RNA) para diferentes propósitos vem sendo amplamente utilizado em biomecânica. Trabalhos como^{3,4,5} se utilizam das RNA em diagnósticos, problemas de separação, predição e classificação de dados. Assim, nesse trabalho nosso objetivo foi analisar a eficiência dos diferentes tipos de algoritmos SVM na classificação de dados biomecânicos.

Tais algoritmos são vantajosos por permitirem automatizar e agilizar processos, auxiliando na tomada de decisões para médicos, fisioterapeutas e demais profissionais da área da saúde. Essas tomadas de decisões são importantes em diagnósticos e pesquisas, que, entretanto, demandam muito tempo e carecem de ferramentas automatizadas.

Métodos

Coleta de Dados

Nesse trabalho foram utilizados dados previamente existentes no laboratório, relativos à oscilação do centro de pressão (COP) de 17 idosos e 18 jovens. Foram coletados dados com uma plataforma de força AMTI na posição horizontal e posicionada em aclave e declive com inclinação de 14°. Os dados do COP foram capturados nas situações de olhos abertos e fechados, declive, aclave e horizontal entre jovens e idosos. Os participantes realizaram 3 tentativas em cada situação.

Processamento

Utilizando o software MATLAB, os dados foram processados e, após testes preliminares, foi constatado que a maior diferença entre as situações está no domínio da frequência. Produziu-se, então, uma grande quantidade de dados a partir da densidade espectral de potência (PSD) das oscilações anteroposteriores do COP. Devido à grande quantidade de dados, realizou-se uma análise de componentes principais (PCA) na PSD entre 0.05 e 2.0 Hz para reduzir a dimensionalidade dos dados. Esse intervalo de frequências foi adotado pois 90% da potência total da oscilação do COP é encontrada abaixo de 2.0 Hz^{6, 7}.

Os dados das oscilações anteroposteriores do COP foram armazenados em uma matriz, e cada linha correspondendo a uma tentativa de um sujeito. A PCA foi aplicada à essa matriz e as componentes principais são as características da forma de onda baseadas na variabilidade da forma de onda original, sendo ortogonais umas às outras. As primeiras componentes principais correspondem às maiores fontes de variabilidade⁸.

A PCA foi utilizada pois a grande quantidade de dados dificulta a análise, elevando o tempo de processamento. A PCA reduz a dimensionalidade dos dados, separando os auto-vetores da matriz de dados que contém a maior parte da variância dos dados originais. As vinte primeiras PCA's, foram escolhidas por *scree test*, contendo 90% da variância total dos dados. Na Figura 1 são mostradas as duas primeiras componentes principais como exemplo. Em seguida, as PCA's selecionadas foram inseridas nos diferentes algoritmos de SVM contidos na toolbox do MATLAB.

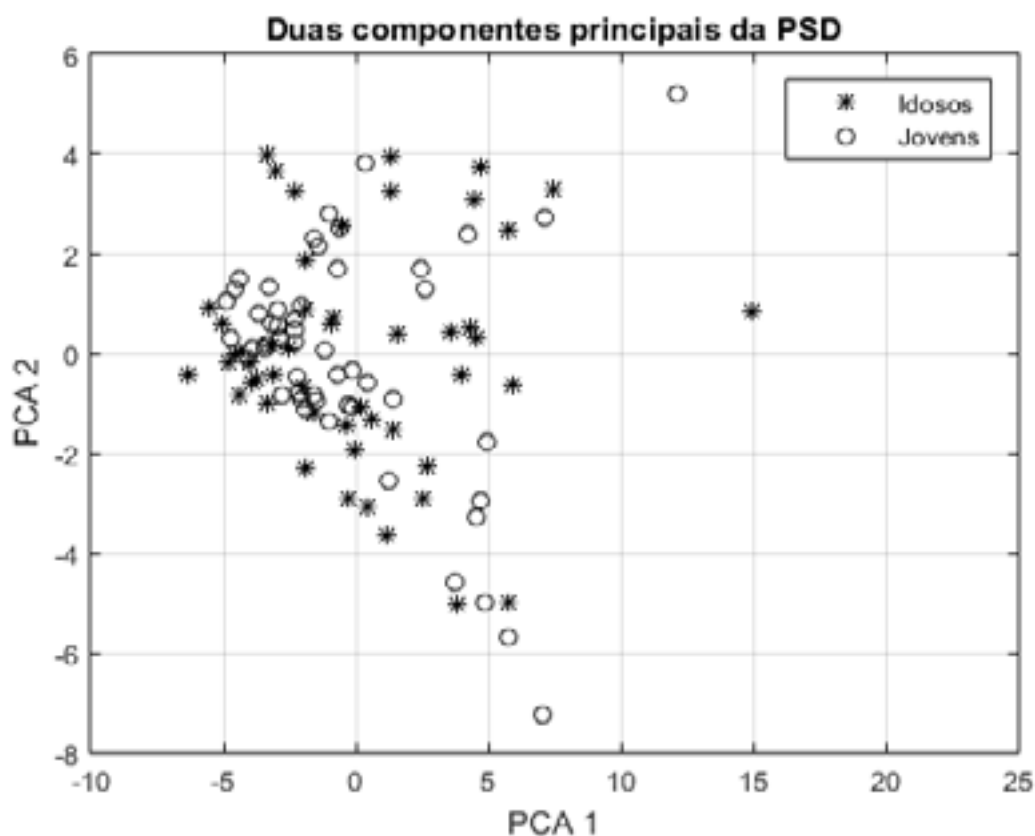


Figura 1: Exemplo de duas componentes principais da PSD na situação acrive de olhos abertos

Algoritmos da SVM

Existem vários tipos de algoritmos de SVM, no entanto o problema básico envolvendo padrões linearmente separáveis requer um hiperplano simples como ilustrado na Figura 2:

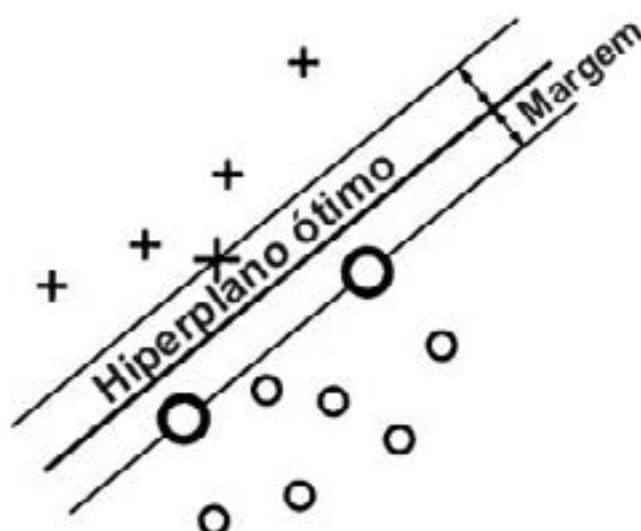


Figura 2: Hiperplano de separação ótimo que separa dados com a máxima margem.²

As seguintes expressões definem o hiperplano:

$$w^T x_i + b \geq 0 \quad (1)$$

$$w^T x_i + b < 0 \quad (2)$$

onde w representa um vetor de pesos ajustáveis, x_i representa os dados de entrada para o i -ésimo exemplo e b é um bias. Os vetores de suporte (“o” e “x” sobre os segmentos de reta na Figura 2) são justamente os valores particulares de x que estão no limite do conjunto, ou seja, mais próximos da superfície de decisão, e separam os dados com a máxima margem possível,¹ tomada como a distância entre o hiperplano e os dados mais próximos (Figura 2). Os problemas não linearmente separáveis, que são a maioria, exigem uma abordagem mais complexa, e, portanto, justifica-se a introdução dos núcleos de produto interno, que são funções capazes de obter hiperplanos de separação mais sofisticados.

Inicialmente foi utilizado o algoritmo de SVM com o núcleo de produto interno Polinomial, para a separação entre os grupos jovens x idosos para todos os casos: olhos abertos, fechados, aclave, declive e horizontal. Logo em seguida foi realizada a separação entre as condições olhos abertos x olhos fechados para jovens, idosos, aclave, declive e horizontal. O procedimento se repetiu alterando núcleo de produto interno da SVM para RBF, Quadrática, Linear e MLP.

O núcleo RBF pode ser definido pela seguinte expressão:

$$K(x_i, x_j) = e^{-\frac{\|x_i - x_j\|^2}{2\sigma^2}} \quad (3)$$

na qual K é o núcleo do produto interno entre o vetor de entrada x_i e vetor de padrão de entrada x_j e σ representa a largura da região gaussiana e tem valor padrão igual a 1 na toolbox.

O núcleo Linear pode ser definido pela expressão:

$$K(x_i, x_j) = (x_i \cdot x_j) \quad (4)$$

na qual K representa o núcleo do produto interno entre o vetor de entrada x_i e o vetor de padrão de entrada x_j .

O núcleo MLP pode ser definido pela seguinte expressão com uso de tangente hiperbólica (*tanh*):

$$K(x_i, x_j) = \tanh(\beta_0(x_i \cdot x_j) + \beta_1) \quad (5)$$

K é o núcleo de produto interno, x_i é o vetor de entrada e x_j é o vetor de padrão de entrada. Por padrão na toolbox os pesos têm valor 1 e bias igual a -1. β_0 e β_1 são parâmetros que devem ser respectivamente maior do que zero e menor do que zero. Aqui são assumidos por padrão [+1 -1].

O núcleo Polinomial pode ser definido pela seguinte expressão:

$$K(x_i, x_j) = ((x_i \cdot x_j) + 1)^p \quad (6)$$

na qual K representa o núcleo do produto interno, x_i é o vetor de entrada e x_j é o vetor de padrão de entrada, p , o grau do polinômio, é um valor inteiro, e por padrão igual a 3 na toolbox.

Para o núcleo Quadrático o valor de p é definido como 2 na equação 6.

Em cada caso o objetivo é traçar o hiperplano ótimo que melhor separar os conjuntos, aqui definidos em +1 e -1.

Resultados e Discussão

A Tabela 1 mostra os dados de eficiência de cada núcleo de produto interno. Observa-se que as SVM's com núcleo Polinomial obtiveram a maior eficiência entre todos os testes, atingindo 89,66% de acertos na situação horizontal com olhos abertos, discriminando idosos de jovens. O núcleo MLP, por outro lado, obteve a pior eficiência entre todos os testes, com apenas 46,15% de acertos na situação declive com idosos, separando as condições olhos abertos de olhos fechados.

Tabela 1: Eficiência das diferentes funções núcleo na SVM

	LINEAR	QUAD.	POLI.	MLP	RBF
Idosos vs Jovens					
Declive de olhos abertos	82,76%	65,52%	62,07%	86,21%	72,41%
Declive de olhos fechados	72,41%	65,52%	55,17%	75,86%	51,72%
Horizontal de olhos abertos	86,21%	72,41%	89,66%	72,41%	68,97%
Horizontal de olhos fechados	86,21%	62,07%	75,86%	65,52%	58,62%
Aclive de olhos abertos	82,76%	75,86%	72,41%	79,31%	86,21%
Aclive de olhos fechados	86,21%	75,86%	72,41%	86,21%	72,41%
Média	84,49%	68,97%	72,41%	77,59%	70,69%
Olhos abertos vs Olhos fechados					
Idosos no declive	61,54%	50,00%	50,00%	46,15%	61,54%
Idosos na horizontal	65,38%	50,00%	53,85%	57,69%	61,54%
Idosos no aclive	57,69%	57,69%	53,85%	53,85%	53,85%
Jovens no declive	53,13%	62,50%	62,50%	56,25%	59,38%
Jovens na horizontal	53,13%	68,75%	50,00%	50,00%	53,13%
Jovens no aclive	75,00%	71,88%	68,75%	84,38%	71,88%
Média	59,62%	60,10%	53,85%	55,05%	60,46%

Todavia, analisando a média das eficiências de cada rede em separar as diferentes características, idosos x jovens e olhos abertos x olhos fechados, os resultados obtidos apontam que o núcleo Linear foi melhor para diferenciar idosos de jovens. Entretanto, para diferenciar olhos abertos de olhos fechados o núcleo RBF apresentou uma média melhor, com 60,46% de acerto, embora todos os núcleos tenham obtido uma média próxima ou pouco abaixo de 60%.

A Figura 3 mostra a PSD média anteroposterior de jovens vs idosos na condição horizontal de olhos abertos (em cima), e olhos abertos vs fechados de idosos no declive (embaixo), que foram as condições nas quais foram obtidas a melhor e a pior eficiência das SVM's, respectivamente.

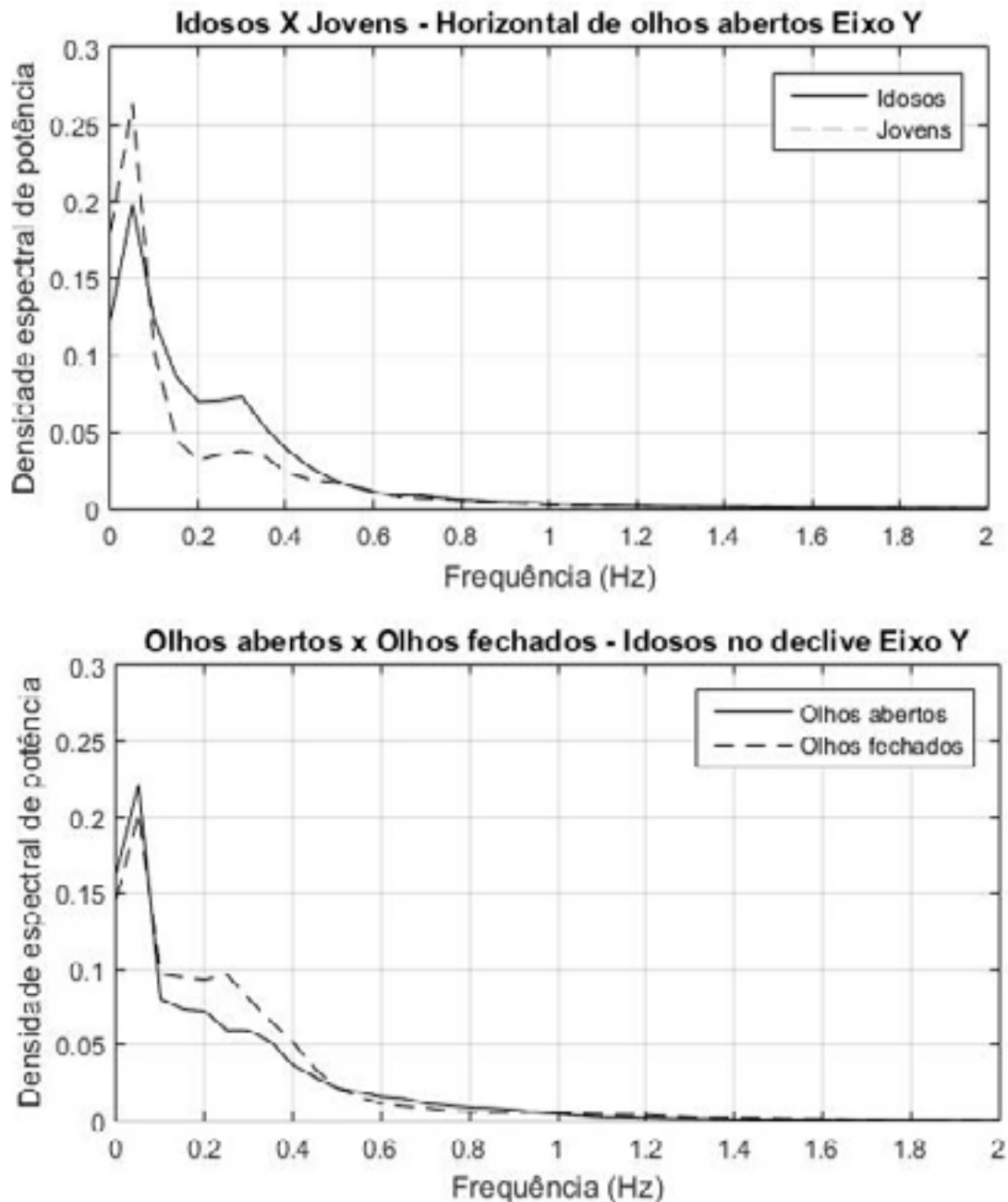


Figura 3: Densidade espectral de potência do melhor (em cima) e pior (embaixo) resultado

Na condição horizontal com olhos abertos, as curvas médias são visivelmente separáveis o que justifica o bom resultado obtido com a SVM de núcleo Polinomial. Na condição declive com idosos de olhos abertos vs fechados, por outro lado, a separação entre as curvas médias não é tão evidente, o que justifica o resultado insatisfatório obtido com o núcleo MLP.

Como mostrado na Tabela 1, para os dados analisados, o núcleo de produto interno que obteve o melhor desempenho foi o Polinomial, atingindo valores acima de 89% em determinadas condições. Desempenho semelhante pode ser visto no trabalho de Wu⁹, que apesar de utilizar um método diferente de avaliação da SVM obteve 90% de eficiência com esse mesmo núcleo classificando dados biomecânicos da marcha. Barton e Lees¹⁰ obtiveram um desempenho de 83,3% utilizando uma rede neural do tipo MLP para diferenciar padrões da marcha de 8 indivíduos caminhando em esteira, um resultado contrastante ao obtido no presente estudo.

Por outro lado, Muniz e seus colegas³ obtiveram o melhor desempenho na classificação de seus dados com a SVM utilizando um núcleo de produto interno Linear, o que se assemelha com os resultados obtidos pelas médias no presente estudo, levantando a hipótese de que o desempenho da SVM depende, além de seus núcleos de produto interno, dos dados de entrada.

A Figura 4 mostra a separação dos dados de teste em um diagrama das duas primeiras componentes principais selecionadas (PC1 x PC2). Observa-se que uma separação linear dos dados não seria adequada. Porém, levando em consideração as 20 componentes principais utilizadas, a separação linear se torna mais eficiente, diferente do trabalho de Barton e Lees¹⁰, o que sugere que os dados influenciam na escolha do núcleo de produto interno da SVM, bem como o número de dados fornecidos para a SVM.

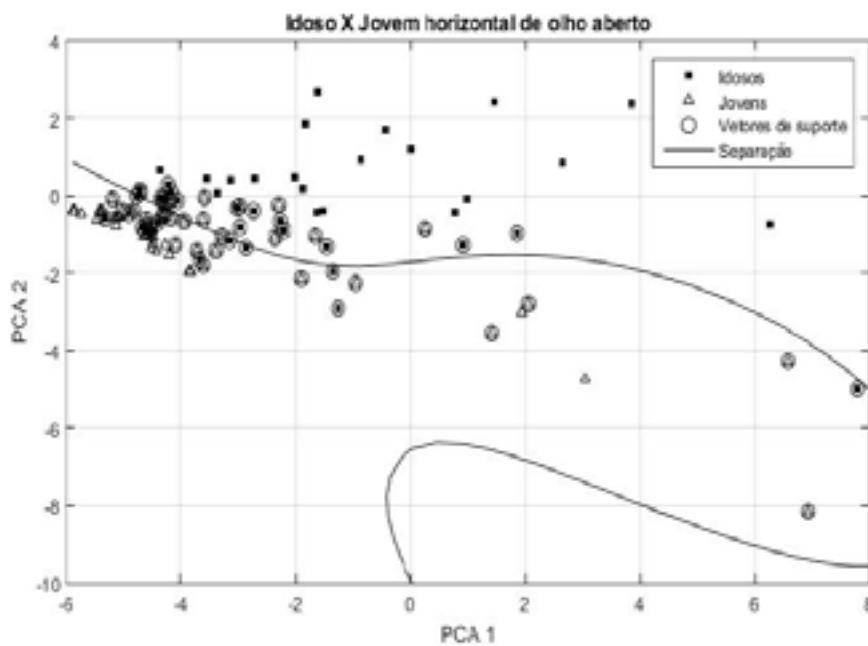


Figura 4: Eficiência na separação dos dados da SVM com função núcleo Polinomial

De acordo com Rauber e Berns¹¹, os resultados numéricos não justificam quaisquer conclusões teóricas sobre o núcleo de produto interno, mas apontam informações interessantes sobre os dados.

Assim, cada situação deve ser cuidadosamente analisada a fim de testar a eficiência de cada núcleo.

Conclusão

Baseado nos dados coletados e nas análises realizadas, o que se pode afirmar é que a escolha do núcleo de produto interno depende diretamente de quais são os dados a serem analisados. Desta forma, sugere-se que um sistema automatizado para reconhecimento de padrões em biomecânica contenha várias opções de núcleo para RNA.

Agradecimentos

Agradecemos à CAPES pela bolsa de estudos à Thiago Santana Lemes e Adriano Péricles e ao CNPQ pelo apoio financeiro ao projeto.

Referências

- [1] HAYKIN SIMON. Rede Neurais Princípios e Prática. 2ª Edição. Bookman: Porto Alegre; 2001.
- [2] VAPNIK VLADIMIR N. The Nature of Statistical Learning Theory. 2nd ed. Springer: New York; 2000.
- [3] MUNIZ A.M.S, LIU H, LYONS K.E, PAHWA R, LIU W, NOBRE F.F, et al. Comparison among probabilistic neural network, support vector machine and logistic regression for evaluating the effect of subthalamic stimulation in Parkinson disease on ground reaction force during gait. *Journal of Biomechanics*. 2010; 43: 720–726.
- [4] KACZMARCZYK K, WIT A, KRAWCZYK M, ZABORSKI J, PILSUDSKI J. Artificial Neural Networks (ANN) Applied for Gait Classification and Physiotherapy Monitoring in Post Stroke Patients, *Artificial Neural Networks - Methodological Advances and Biomedical Applications*, Prof. Kenji Suzuki (Ed.), ISBN: 978-953-307-243-2, InTech, Available from: <http://www.intechopen.com/books/artificial-neural-networksmethodological-advances-and-biomedical-applications/artificial-neural-networks-ann-applied-for-gaitclassification-and-physiotherapy-monitoring-in-post>.
- [5] DE VRIES W.H.K, VEEGER H.E.J, BATEN C.M.T, VAN DER HELM F.C.T. Determining a Long Term Ambulatory Load Profile of the Shoulder Joint: Neural Networks Predicting Input for a Musculoskeletal Model. *Human Movement Science*. 2012; 31:419-428.
- [6] MEZZARANE R.A, KOHN A.F. Control of upright stance over inclined surfaces. *Exp Brain Res*. 2007; 180:377-388.
- [7] HAYES K.C. Biomechanics of postural control. *Exerc Sport Sci Rev*. 1982; 10:363-391.
- [8] MUNIZ A.M.S, NADAL J, LYONS K.E, PAHWA R, LIU W. Long-term evaluation of gait initiation in six Parkinson's disease patients with bilateral subthalamic stimulation. *Gait & Posture*. 2012; 35:452-457.
- [9] WU JIANNING, WU BIN. The Novel Quantitative Technique for Assessment of Gait Symmetry Using Advanced Statistical Learning Algorithm. *BioMed Research International*. 2015.
- [10] BARTON J.G, LEES A. An application of neural networks for distinguishing gait patterns on the basis of hip-knee joint angle diagrams. *Gait & Posture*. 1997; 28-33.
- [11] RAUBER THOMAS W, BERNIS KARSTEN. Kernel Multilayer Perceptron. *Proceedings of the 2011 24th SIBGRAPI Conference on Graphics, Patterns and Images*; 2011 Aug 28-31; Maceió, Brasil. 2011. p. 337–343.

Contato

Thiago Santana Lemes
Mestrando em Engenharia Elétrica e de
Computação, Laboratório de Bioengenharia e
Biomecânica-Universidade Federal de Goiás –
UFG. Campus Samambaia, Avenida Esperança
s/n, CEP: 74.690-900. Goiânia – Goiás - Brasil
(62)98422-9667
thiago2608santana@gmail.com

SEGMENTAÇÃO DE MASSAS EM IMAGENS MAMOGRÁFICAS UTILIZANDO ÍNDICES DE SIMILARIDADE

João O. B. Diniz¹, Pedro H. B. Diniz², Aristófanés C. Silva¹, Anselmo C. Paiva¹, Marcelo Gattass²

¹ Núcleo de Computação Aplicada (NCA), Universidade Federal do Maranhão (UFMA), São Luís, Brasil

² Pontifícia Universidade Católica (PUC-RJ), Rio de Janeiro, Brasil

Resumo: Uma forma de segmentação de massas em imagens mamográficas é pela análise bilateral dos pares de mamografias. Sabe-se que mamografias da mama esquerda e direita apresentam alto grau de simetria e quando há uma diferença brusca entre os pares, pode-se considerar algo suspeito. **Objetivo:** Uma metodologia para segmentação de massas baseado em análise bilateral de mamografias usando técnicas de similaridade de espécies para encontrar regiões assimétricas. **Materiais e Métodos:** Fluxo de cinco etapas: Materiais, Pré-processamento de imagens, Registro de imagens, Segmentação de regiões assimétricas e Filtragem de regiões. **Resultados:** Os resultados preliminares mostram que essa metodologia é promissora na detecção de regiões assimétricas apresentando 95% de acerto na etapa de segmentação e 90,8% após a filtragem de regiões. **Conclusão:** Os índices de similaridade mostram-se promissores na tarefa de encontrar regiões suspeitas em pares de mamografias, além de formalização de técnicas para filtragem de regiões que não são massas.

Palavras-chave: Câncer de Mama, Mamografia, Processamento de Imagens Assistido por Computador

Abstract: One way of segmenting masses in mammographic images is the bilateral analysis of mammograms pairs. It is known that mammograms of the left and right breast, has a high degree of symmetry and when there is an abrupt difference between the pairs may be considered something suspicious. **Objective:** A methodology to segmentation mass based on bilateral analysis of mammograms using species similarity techniques to find asymmetric regions. **Materials and Methods:** A five-step flow: Materials, Pre-processing, Image Registration, Segmentation of asymmetric regions and Filtering regions. **Results:** Preliminary results show that this method is promising in detecting asymmetrical regions showing 95% accuracy in segmentation step and 90.8% after filtering regions. **Conclusion:** The similarity indices show promise in the task of finding suspicious areas in mammograms pairs, there is also formalization of techniques to filtering regions.

Keywords: Breast Neoplasms, Mammography, Image Processing, Computer-Assisted

Introdução

O câncer de mama, de acordo com o Instituto Nacional do Câncer (INCA), é o tipo de câncer que mais acomete as mulheres em todo o mundo. A idade é o principal fator de risco para o câncer de mama. As taxas de incidência aumentam rapidamente em pacientes até os 50 anos e, posteriormente, esse aumento ocorre de forma mais lenta. Contudo, outros fatores de riscos já estão bem estabelecidos como aqueles que são relacionados à vida produtiva da mulher, histórico familiar de câncer de mama e alta densidade do tecido mamário⁽¹⁾.

Mamografias da mama esquerda e direita da mesma paciente tendem a apresentar alto grau de simetria. O médico especialista utiliza da comparação entre duas mamografias do lado esquerdo e direito para verificar anomalias baseando-se na simetria existente entre as mamas. Assim, utilizando-se

de técnicas para fazer um alinhamento espacial (registro) e a comparação entre estas duas imagens de mamografia, seria possível avaliar o grau de simetria e determiná-lo como normal ou não-normal⁽²⁾.

Nas últimas décadas, técnicas computacionais vêm sendo desenvolvidas com o propósito de detectar automaticamente estruturas que possam estar associadas a tumores nos exames de mamografia, visando melhorar a taxa de detecção precoce de estruturas de interesse ligadas ao câncer de mama. Essas técnicas computacionais motivaram o surgimento de diversas pesquisas ao longo das últimas décadas, no sentido de desenvolver sistemas computacionais para auxiliar especialistas a desempenhar seu papel de interpretar as imagens radiológicas, que são conhecidas como sistemas CAD (*Computer Aided Detection*) e CADx (*Computer Aided Diagnosis*).

Motivando-se por isto, o objetivo geral deste trabalho, consiste em desenvolver um método de segmentação automática de massas em imagens da mama para incorporar um sistema CAD, baseando na assimetria bilateral dos pares de mamografias esquerda e direita, utilizando técnicas de processamento e registro de imagens e índices de similaridades da biologia.

Materiais e Métodos

Nesta seção, são apresentados os materiais e a metodologia proposta neste trabalho, que são compostos de cinco etapas, como mostra a Figura 1.



Figura 1: Fluxo da metodologia

Materiais – O banco de imagens usado neste trabalho foi o *Digital Database for Screening Mammography* (DDSVM), uma base de imagens pública contendo mais de 2.000 casos, disponível na Internet⁽³⁾.

Cada caso de um paciente da base possui até quatro imagens da mama (Projeções: Crânio Caudal e Médio Lateral Oblíquo; Visões: Esquerda e Direita), além de um arquivo XML com informações sobre o paciente como a marcação e o tipo de lesão. Todas as informações contidas na DDSVM foram fornecidas por especialistas, informações mais precisas sobre a base estão definidas em Heath⁽³⁾.

Pré-processamento de imagens – Esta etapa é dividida em duas sub-etapas: Redimensionamento e espelhamento; e remoções de fundo, bordas e marcas.

- **Redimensionamento e espelhamento** – As imagens provenientes da DDSVM têm média de altura de 6.000 *pixels*. Assim, neste trabalho, no intuito de diminuir o tempo computacional da aplicação da metodologia, optou-se por reduzir o tamanho da imagem para 1024 *pixels* de altura por largura proporcional. Trabalhos como o de Sampaio⁽⁴⁾ é um exemplo na literatura que usa o redimensionamento sem mostrar impactos negativos nos resultados.

Posteriormente, um dos lados da mamografia da paciente será espelhado, para que seja possível fazer uma comparação entre as mamas (Figura 2a). Trabalhos como o de Ereceira⁽⁵⁾ mostram a necessidade de espelhar uma das mamas para que seja possível a comparação com a outra.

- **Remoções de fundo, bordas e marcas** - Para preparar as imagens da DDSM para as demais etapas desse estudo, necessita-se que seja apenas considerado o objeto de interesse do estudo, nesse caso a mama. Na metodologia proposta, utilizou-se uma técnica baseada em ⁽⁴⁾ para isolar a mama.

Primeiramente, há uma remoção de bordas onde 30 *pixels* das bordas são desconsiderados. Após isso, a imagem é dividida em dois grupos de maior e menor intensidade. Todo o grupo de menor intensidade é considerado o fundo da imagem, i.e., os valores de baixa intensidade ficarão 0, ou seja, de cor preto. Por fim, será aplicado um algoritmo de crescimento de região. A semente é centralizada na mama e vai abrangendo toda a mama até encontrar valores 0 de cor preto, então essa imagem do crescimento de região é usada como máscara para descartar as marcas oriundas da aquisição das imagens. As Figuras 2b e 2c mostram um par de mamografias após esta etapa.

Registro das Imagens – Após o pré-processamento, é aplicado o registro nas imagens. A literatura emprega diversas definições ao registro de imagens. Brown⁽⁶⁾ define o registro de imagens como o processo de transformação de diferentes conjuntos de dados para um mesmo sistema de coordenadas. Crum⁽⁷⁾ por sua vez, explica o registro de imagens como um processo para a determinação da correspondência entre as características de imagens recolhidas em momentos diferentes ou utilizando distintos métodos de imagem.

Logo, nesta etapa, a imagem que havia sido espelhada, torna-se a imagem móvel (Figura 2c), esta sofrerá transformações para aproximar-se o máximo possível da imagem que não foi espelhada ou imagem fixa (Figura 2b), resultando em uma nova imagem móvel registrada (Figura 2d). O objetivo dessa etapa é reduzir o máximo possível os efeitos da aquisição que tornam essas imagens diferentes em forma.

Essas transformações são feitas por uma sequência de dois registros: primeiro o registro rígido e em seguida o deformável *B-spline*. O registro rígido não causa deformações na imagem, mas corrige as diferenças de rotação e translação. O *B-spline*, por outro lado, é interessante nesta metodologia pois aplica deformações locais para aproximar as imagens, mas tende a não causar muita distorção. O registro rígido é utilizado antes do registro *B-spline*, evitando que as deformações feitas pelo *B-spline* sejam muito bruscas. Informações sobre os registros são detalhadas no trabalho de Parraga⁽⁸⁾.

Após a aplicação dos dois registros, mais uma etapa de remoção de bordas, fundo e marcas foi utilizada para excluir deformações na borda, proveniente dos processos de translação e rotação do registro rígido (Figura 2e). A Figura 2 mostra um exemplo da sequência das etapas de pré-processamento e registro.

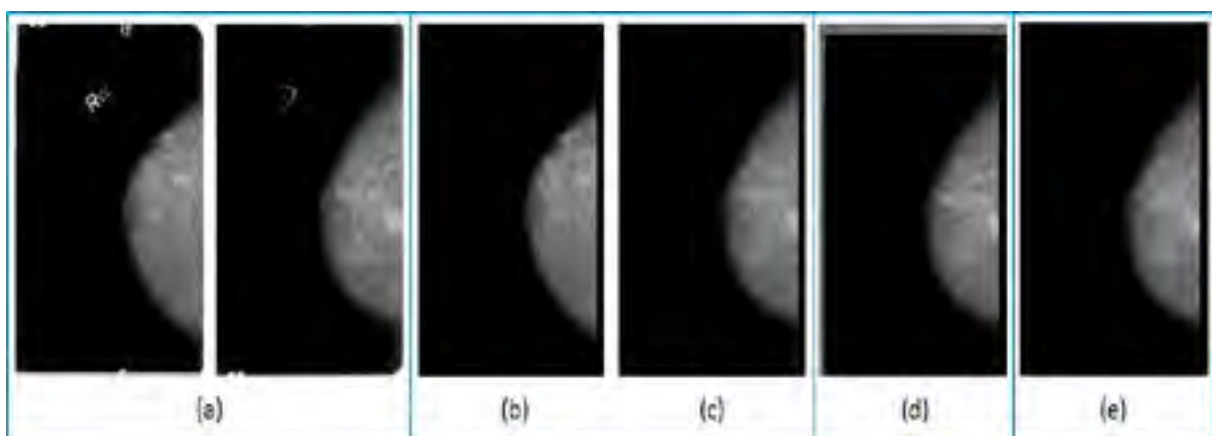


Figura 2: (a) Mamografias de entrada, esquerda espelhada (b) e (c) Remoção de bordas, fundo e marcas sendo (b) Imagem fixa (c) Imagem móvel (d) Imagem registrada (e) Imagem registrada e pré-processada

Segmentação de regiões assimétricas – A etapa de segmentação busca destacar regiões da mama com alguma assimetria que possivelmente possam ser massas. Nesse trabalho é proposto o uso de índices de similaridade da biologia⁽⁹⁾ para destacar as assimetrias entre os pares de mamografias.

Porém, antes da aplicação dos índices optou-se por destacar estruturas internas da mama com o intuito de fazer uma melhor comparação. Neste sentido utilizou-se a técnica de realce *Contrast-Limited Adaptive Histogram Equalization* (CLAHE)⁽¹⁰⁾ seguido de um filtro da média (Figura 3b). Após isso, é feita uma divisão na imagem por janelas lado-a-lado de tamanho 13x13 *pixels* (Figura 3c).

Assim, para cada par de janelas (uma na mama esquerda e a correspondente na mama direita) são calculados cinco índices de similaridade (Índices de Jaccard, Anderberg, Czekanowsky, Kulczynski 2 e Ochiai). Esses índices apresentam intervalo de ocorrência entre 0 e 1, onde quando mais próximo de 0 mais dissimilares e quanto mais próximos de 1 mais similares. Janelas que todos os índices foram iguais a 0 (i.e. forem pares de janelas completamente dissimilares) serão mantidas e as demais descartadas, sobrando apenas regiões dissimilares na imagem (Figura 3d).

Para o cálculo desses índices são considerados 3 variáveis que no contexto de textura foram definidos como:

- a. *pixels* presentes tanto na janela 1 da mama esquerda quanto a janela 1 da mama direita;
- b. *pixels* presentes apenas na janela 1 da mama esquerda e ausentes na janela 1 da mama direita;
- c. *pixels* presentes apenas na janela 1 da mama direita e ausentes na janela 1 da mama esquerda.

A Tabela 1, mostra como são calculados cada um destes índices de similaridade.

Tabela 1: Índices de similaridade. Adaptado de Meyer⁽⁹⁾

Índices de Similaridade	Jaccard	Anderberg	Czekanowsky	Kulczynski 2	Ochiai
Equações	$\frac{a}{a + b + c}$	$\frac{a}{a + 2(b + c)}$	$\frac{2a}{2a + b + c}$	$\frac{a}{2} \left(\frac{1}{a + b} + \frac{1}{a + c} \right)$	$\frac{a}{\sqrt{(a + b)(a + c)}}$
Intervalo de Ocorrência	[0, 1]				

O resultado final dessa etapa, serão pares de mamografias com regiões assimétricas em destaque. Um exemplo das sub-etapas da segmentação pode ser visto na Figura 3.

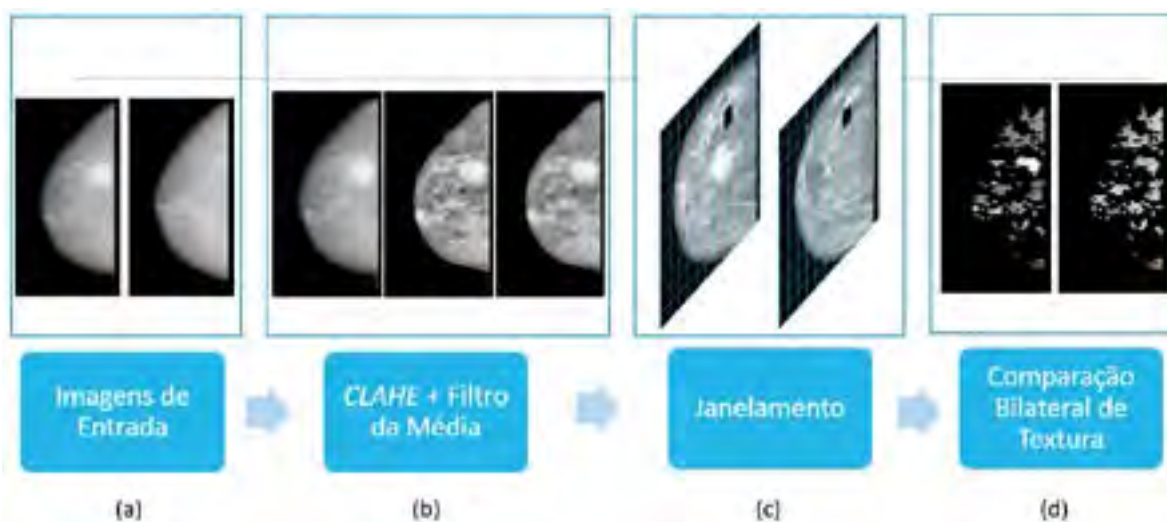


Figura 3: Etapas da segmentação

Após essa etapa, o próximo passo será reduzir regiões que provavelmente não são massas, serão propostas duas técnicas para filtragem de regiões que não são massas.

Filtragem de regiões – O processo de filtragem de regiões define duas técnicas. A primeira é feita uma filtragem considerando os pares de mamografias (mama esquerda e direita), o segundo utilizando relação das janelas da mamografia individual.

- **Filtragem par-a-par** – Considerando os pares de mamografias (Figura 4a), primeiramente é calculado a média dos valores de *pixels* de cada janela, como descrito na Equação 1.

$$M_{jan} = \frac{1}{n^2} \sum_i^n \sum_j^n p_{ij} \quad (1)$$

onde p_{ij} é o valor do *pixel* e n o tamanho da janela. Depois de calculada, é comparado o valor de M_{jan} da janela correspondente entre mama esquerda e direita do mesmo paciente. Denotando M_{janE} o valor da média da janela esquerda e M_{janD} o valor da média da janela correspondente na mama direita, define-se a Equação 2.

$$\begin{cases} \text{janela esquerda descartada, se } M_{janE} < M_{janD} \\ \text{janela direita descartada, se } M_{janD} < M_{janE} \end{cases} \quad (2)$$

Logo, ao fim desta etapa, apenas as janelas com maior média ficarão nos pares de mamografias. Um exemplo pode ser visto na Figura 4b.

- **Filtragem média por imagem** – A partir deste ponto, não será mais utilizado pares de mamografias, apenas as mamografias individuais. Nesta segunda abordagem, primeiramente calcula-se a média geral da imagem, definida pela Equação 3.

$$M_g = \frac{1}{m} \sum_i^m M_{jan,i} \quad (3)$$

onde $M_{jan,i}$ é a média da janela i (Equação 1) e m o número total de janelas da imagem. Assim, M_g é o somatório de todas as médias dividido pelo número de janelas de cada imagem de mamografia.

Por fim, verificam-se todas as janelas da imagem, comparando o $M_{jan,i}$ com o valor de M_g , definindo quais janelas serão descartadas. Essa verificação é apresentada na Equação 4.

$$\begin{cases} \text{janela descartada, se } M_{jan,i} < M_g \\ \text{janela mantida, se } M_{jan,i} > M_g \end{cases} \quad (4)$$

Ao término, tem-se regiões com as maiores médias de acordo com a média global da imagem. Um resultado desta aplicação pode ser visto na Figura 4c.

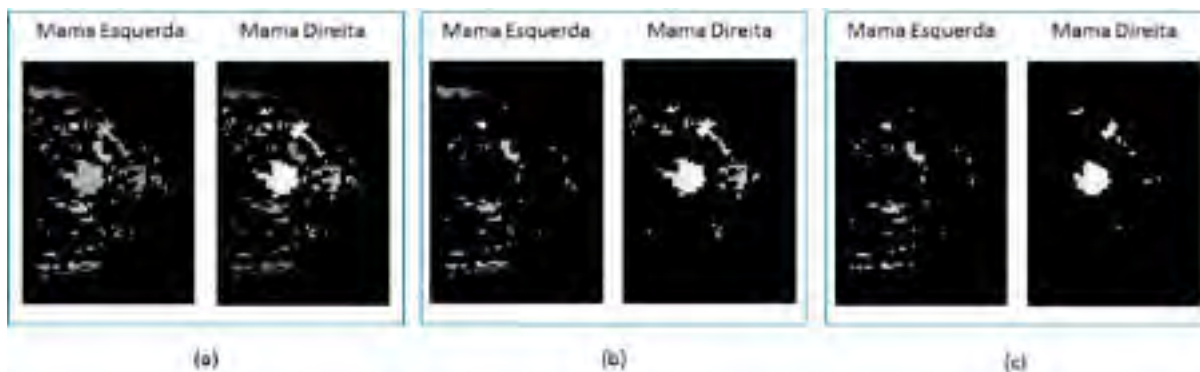


Figura 4: (a) Par segmentado (b) Filtragem par a par (c) Filtragem média por imagem

Ao fim da metodologia, tem-se as imagens de mamografias segmentadas com regiões totalmente assimétricas entre os pares e com o menor número de regiões a serem considerados massa.

Resultados e discussões

Nesta seção, é apresentado testes, resultados e discussões da metodologia apresentada. Primeiramente, selecionou-se 502 pares de mamografias da DDSM, totalizando 1.004 mamografias. Como critério de escolha dos pares, considerou-se aquelas que a marcação do especialista indicava a lesão sendo do tipo massa. No total, haviam 599 massas nas mamografias (ressalta-se que há pacientes com massa tanto na mama esquerda quanto na mama direita e/ou mais de uma massa na mama).

Após a seleção das mamografias todas foram submetidas a técnica de pré-processamento. Foram redimensionadas e um dos lados foi espelhado, depois passaram pela etapa de remoção de bordas, fundo e marcas no intuito de isolar apenas a mama.

Na etapa de registro, um dos lados da mama da paciente, sofre deformações para alinhar-se ao outro lado. Estas imagens passaram por um processo de registro rígido e posteriormente um registro deformável, como explicado na Seção 3.

A segmentação é a principal etapa da metodologia, nela é aplicado um conceito da área biológica como analogia para encontrar regiões dissimilares na mama. Primeiramente, utilizou-se uma técnica de realce CLAHE junto com uma suavização para realçar as estruturas internas da mama de maneira a facilitar a comparação entre as mamografias.

Como mencionado anteriormente, nessa etapa foram utilizados 502 pares de mamografias com 599 massas. Para validar a eficiência da metodologia, as regiões provenientes da segmentação foram testadas com a marcação do especialista, se tocassem nesta marcação seria considerado um acerto. Logo, do total de 1.004 mamografias onde haviam nas 599 massas, houve perda de apenas 30 massas na etapa de segmentação gerando um acerto de 95% de todas as massas. Um exemplo disto pode ser visto na Figura 5.

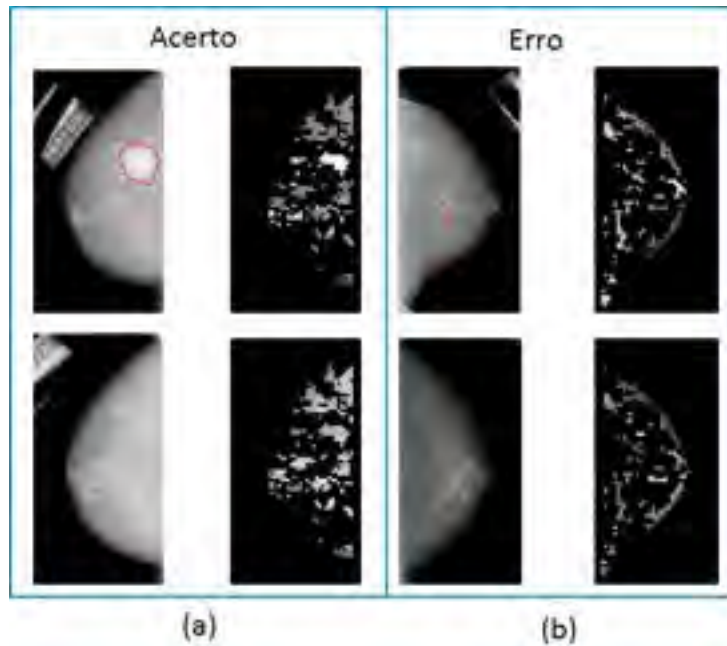


Figura 5: Resultado da etapa de segmentação (a) Exemplo de acerto (b) Exemplo de erro

Do total das 599 massas advindas da aquisição, após a perda de 30 massas na etapa de segmentação, restaram 569. Como citado na Seção 3, na etapa de filtragem existem duas técnicas: a primeira é a filtragem par a par e a segunda filtragem média por imagem.

A primeira filtragem divide o total de regiões segmentada entre os dois pares, deixando em cada lado (esquerdo ou direito) as regiões com maiores médias (como explicado na Seção 3). A segunda filtragem trabalha apenas com as mamografias individuais, e a aplicação dela após a filtragem par a par mostra uma grande diminuição nas regiões que não são massas. A Figura 6 mostra uma imagem segmentada seguida das duas filtrações.

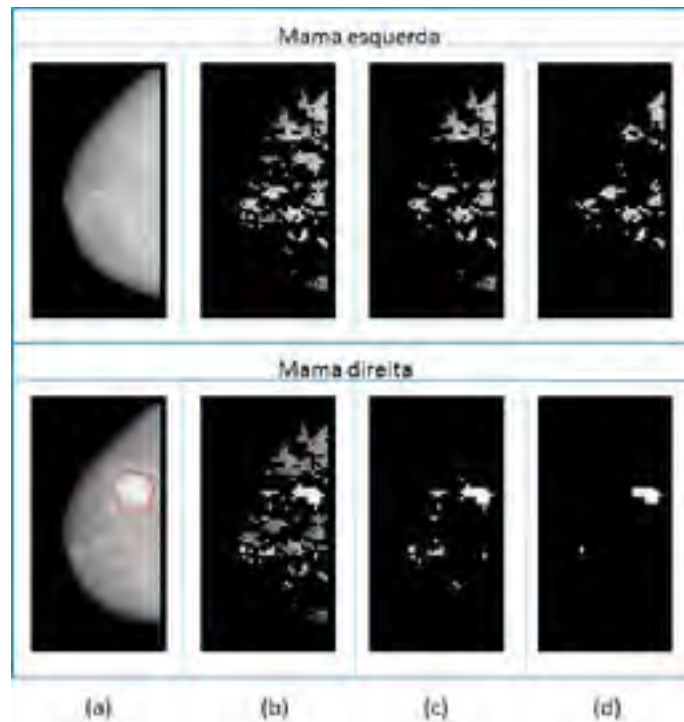


Figura 6: (a) Marcação do especialista na mama esquerda (b) Segmentação (c) Filtragem par a par (d) Filtragem média por imagem

Assim como na etapa de segmentação, a sequência das duas filtrações também gerou uma perda de massas, devido as técnicas utilizadas que descartam regiões com baixa intensidade de valores de *pixels* de acordo com médias calculadas. Do total das mamografias, na filtração par a par houve perda de 36 massas e na filtração média por imagem perda de 16, gerando uma perda total das duas etapas de filtração de 52 massas, levando a um acerto de 90,8% do total das 569 massas utilizadas nessa etapa.

Os resultados da aplicação da metodologia proposta mostraram-se promissores. Destaca-se o uso de uma quantidade considerável de mamografias para teste da metodologia, sendo utilizados como materiais 1004 imagens de mamografias.

As etapas de pré-processamento e registro mostraram-se suficiente no alinhamento dos pares de mamografias para que a comparação fosse realizada. Na etapa de segmentação traz uma inovação na análise bilateral, introduzindo técnicas de uma área biológica para encontrar regiões assimétricas em mamografias conseguindo encontrar 569 massas do total de 599.

As técnicas utilizadas para filtração mostraram-se bastante eficientes, sem uma perda considerável de massas, das 569 massas que haviam nessa etapa, apenas 9,2% foi perdido.

Conclusão

O trabalho desenvolvido apresentou como contribuição, uma metodologia para segmentação de massas em mamografias digitalizadas baseado em uma abordagem de análise bilateral. Essa metodologia mostrou-se promissora, visto que possibilita fazer uma comparação entre a pares de mamografias utilizando índices da biologia e introduzindo duas técnicas para filtrar áreas que não são massas, assim melhorando o resultado da segmentação servindo, assim, como auxílio ao especialista na segmentação de massas e regiões assimétricas.

Apresentou-se resultados satisfatórios, uma vez que foram utilizadas uma quantidade considerável de imagens e mesmo assim a etapa de segmentação conseguiu encontrar a maioria das regiões de massas, onde em um conjunto de 502 pares de mamografias com 599 massas, conseguiu-se um acerto de 95%. As etapas de filtração também mostraram resultados promissores, levando à uma porcentagem de acerto de 90,8%.

Como trabalhos futuros, destaca-se a utilização de uma abordagem de aprendizagem profunda (por exemplo, redes neurais convolucionais) para classificação das regiões restantes em massas e não massas, visto que é uma técnica que vem sendo usada para classificação de grupos de imagens, principalmente quando há a existência de um número grande de imagens. Com a classificação será possível extrair outras medidas de avaliação do método, como por exemplo o número de falsos positivos por imagem. Também cita-se o aprimoramento das etapas de segmentação para evitar a perda das massas.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPQ, CAPES, FAPEMA e TECGRAF pelo apoio durante a pesquisa.

Referências

- [1] INCA – Instituto Nacional do Câncer. 2016. Disponível em: <http://www.inca.gov.br/index.asp>. Acessado em maio de 2016.
- [2] Scutt D, Lancaster GA, Manning JT. Breast asymmetry and predisposition to breast cancer. *Breast cancer research*. 2006. 8(2), 1.
- [3] Heath M, Bowyer K, Kopans D, Kegelmeyer Jr P, Moore R, Chang K, Munishkumaran S. Current status of the digital database for screening mammography. In *Digital mammography* (pp. 457-460). Springer Netherlands. 1998.

- [4] Sampaio WB. Detecção de Massas em Imagens Mamográficas usando Redes Neurais Celulares, Funções Geoestatísticas e Máquinas de Vetores de Suporte [dissertação]. Maranhão: Universidade Federal do Maranhão – Departamento de Engenharia Elétrica. 2009.
- [5] Ericeira DR, Silva AC, de Paiva AC. “Detecção de regiões suspeitas em mamografias digitais utilizando descrição espacial com variograma cruzado”. In: *XII Congresso Brasileiro de Informática em Saúde* (CBIS2010). 2010.
- [6] Brown LG. A survey of image registration techniques. *ACM Computing Surveys* (CSUR) archive. 2004. 24 (4). 325 – 376.
- [7] Crum WR, Hartkens T, Hill DLG. Non-rigid image registration: theory and practice. *The British Journal of Radiology*. 2004. 77. 140 – 153.
- [8] Parraga A. Atlas Anatômico da Região da Cabeça e do Pescoço: em Direção à Radioterapia Adaptativa [tese]. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Departamento de Engenharia Elétrica. 2008
- [9] Meyer AS. Comparação de Coeficientes de Similaridade usados em Análises de Agrupamento com Dados de Marcadores Moleculares Dominantes [dissertação]. São Paulo: Universidade de São Paulo – Departamento de Agronomia. 2002.
- [10] Gonzalez RC, Woods RE. *Digital image processing*. 3rd ed. Nueva Jersey. 2008.

Contato

João O. B. Diniz
Mestrando da Universidade Federal do
Maranhão (UFMA), São Luís, Brasil
Fone: (98) 98110-4133
Email: joao.bandeira@hotmail.com

Pedro H. B. Diniz
Doutorando da Pontifícia Universidade
Católica, Rio de Janeiro, Brasil
Fone: (98) 98302-4532
Email: pedro_hbd@hotmail.com

Aristófanés C. Silva
Professor Doutor da Universidade Federal do
Maranhão (UFMA), São Luís, Brasil
Fone: (86) 3272-9288
Email: ari@dee.ufma.br

Anselmo C. de Paiva
Professor Doutor da Universidade Federal do
Maranhão (UFMA), São Luís, Brasil
Fone: (86) 3272-9288
Email: paiva@deinf.br

Marcelo Gattass
Professor Doutor da Pontifícia Universidade
Católica do Rio de Janeiro (PUC-RJ), Rio de
Janeiro, RJ, Brasil. Fone: (21) 2512-5984
Email: mgattas@inf.puc-rio.br

INFOBUTTONS EN UNA HISTORIA CLÍNICA ELECTRÓNICA ORIENTADA A PROBLEMAS

INFOBUTTONS IN A PROBLEM-ORIENTED ELECTRONIC HEALTH RECORD

INFOBUTTONS EM UM REGISTRO MÉDICO ELETRÔNICO ORIENTADO PARA O PROBLEMA

José Federico Rodriguez¹, Daniel Luna¹, Carlos Otero¹, Fernando Campos¹ y Fernán Quiros¹.

¹Departamento de Informática en Salud, Hospital Italiano de Buenos Aires,
Buenos Aires, Argentina.

Resumo: Introdução, Na prática médica apresentam-se dúvidas e necessidade de informação, os Infobuttons são ferramentas que nos permitem resolver estas necessidades. Propõe-se descrever o desenvolvimento de Infobuttons na lista de problemas de um registro médico eletrônico. Materiais e Métodos, apresentam-se os componentes principais de infobuttons, completamente desenvolvidos in-House, definidos pelas especificações HL7-Infobutton Standard para especificar as pesquisas, automatizar-las e recuperar a informação contextual do paciente. Resultados, foi adicionado ícones Infobuttons no extremo direito dos términos para recuperar informação contextual e ser enviada solicitando resposta a UpToDate através dos dados Standard para serem recebidas como página web. Discussão-Conclusão, já foi descrita a importância de antecipar estas necessidades para resolvê-las, arquitetura foi desenvolvida em escala para um modelo integrado que pode incluir outros recursos. Outras organizações de saúde poderiam beneficiar-se baseando-se na aplicação de estratégias semelhantes.

Palavras-chave: Registros Eletrônicos de Saúde, Sistemas de Informação, Sistemas de Apoio a Decisões Clínicas.

Resumen: *Introducción, en la práctica médica se presentan dudas y necesidades de información, los Infobuttons son herramientas que permiten resolver estas necesidades. Se propone describir el desarrollo e implementación de Infobuttons en la lista de problemas de la Historia Clínica Electrónica. Materiales y Métodos, se presentan los componentes principales de Infobuttons, completamente desarrollado in-House, definidos por las especificaciones HL7-Infobutton Standard para especificar las búsquedas, automatizarlas y recuperar la información contextual del paciente. Resultados, se agregaron íconos Infobuttons al extremo derecho de los términos para recuperar información contextual y ser enviada solicitando respuesta a UpToDate® a través de los datos estándar para ser recibidas como página web. Discusión-Conclusión, ya se describió la importancia de anticipar esas necesidades para resolverlas, la arquitectura se desarrolló pensando en escalar a un modelo integrado en el que se pueda incluir otros recursos. Otras organizaciones de salud podrían beneficiarse basándose en la aplicación de estrategias similares.*

Palabras-clave: Registros Electrónicos de Salud, Sistemas de Información, Sistemas de Apoyo a Decisiones Clínicas.

Abstract: *Introduction, in medical practice questions and information needs are presented, the Infobuttons are tools to anticipate these needs. It is proposed to describe the development and implementation of Infobuttons on the problems list in Electronic Health Record. Materials and Methods, the main components of Infobuttons are presented, fully developed in-house, defined by the HL7-infobutton Standard specifications in order to specify searches, automate it and retrieve patient's contextual information. Results, were added Infobuttons icons on the right end of the each term to retrieve*

contextual information and be sent requesting a response to UpToDate® through standard data to be received as a web page. Discussion-Conclusion, the importance to anticipate those needs and solve it, was described; the architecture was developed thinking to climb to an integrated model that can include other resources. Other health organizations could benefit based on the application of similar strategies.

Keywords: *Electronic Health Records, Information Systems, Decision Support Systems, Clinical.*

Introducción

La práctica médica habitualmente presenta situaciones en las que los profesionales se plantean dudas en los casos clínicos que acontecen a diario relacionados al diagnóstico y conductas terapéuticas, entre otras. Es común que recurran a diferentes fuentes de información que van desde interconsultas a otras especialidades hasta la búsqueda de información en recursos online en las bases de conocimiento prestigiosas.¹ Hay que tener en cuenta que estas fuentes demostraron responder en más del 90% las preguntas de los médicos incrementando el rendimiento del profesional y de los resultados en el cuidado de los pacientes.² La disponibilidad de estas bases tales como UpToDate® y Clinical-Key® dependen de una suscripción por parte del usuario, requieren de una búsqueda manual con características especiales para poder lograr los resultados deseados, produciendo cierta dificultad al momento de recurrir a las respuestas a las preguntas generadas previamente.³ Además de la temática que motiva la búsqueda, el usuario debe indexar otros datos paralelos que refinarán los resultados tales como grupo etario, sexo, período de tiempo, que dificulta aún más el proceso. De esta manera el usuario requiere de cierto entrenamiento para obtener la mejor respuesta.

Una característica importante en la búsqueda de información en las bases de conocimiento son los datos contextuales que acompañan a la pregunta que enriquecen los resultados.^{4 5 6} Los Infobuttons son herramientas que permiten englobar la búsqueda con otros datos acompañantes que posibilitan la obtención de resultados con mayor completitud en base a estándares de interoperabilidad en HL7.⁷ Está demostrado que son eficaces para ayudar a responder preguntas durante la atención de los pacientes e incrementa modestamente la eficiencia de las respuestas para los usuarios habituales de esta herramienta.⁸

La Historia Clínica Electrónica (HCE) de nuestro Hospital posee un usuario institucional dentro del cual se puede acceder a resultados a través de búsquedas manuales en bases de conocimiento en línea, pero no contaba con Infobuttons para realizar búsquedas de información en estos recursos de forma automática que se ajusten a los estándares de interoperabilidad.

En este trabajo se describe el proceso de desarrollo e implementación de Infobuttons con estándar HL7 en la lista de Problemas de la HCE, consultando a UpToDate® como recurso en línea.

Métodos

Se presentan los componentes principales de los Infobuttons en la HCE, completamente desarrollado In-House, definidos por las especificaciones HL7-Infobutton Standard. Se basan en la investigación y desarrollo de proyectos, integración de la HCE y las bases de conocimiento. Este trabajo no requirió de la aprobación de un comité de ética debido a que no hubo interacción con seres humanos en el análisis de la información.

La implementación se llevó a cabo en un Hospital Universitario sin fines de lucro con más de 2.000 médicos y 6.000 empleados con 750 camas de internación, 200 de las cuales son para cuidados críticos, 800 camas de internación domiciliaria y 41 quirófanos. En 1998 comenzó la implementación de un Sistema de Información de Salud (SIS) que fue completamente desarrollado in House. Dentro del SIS se cuenta con una única HCE web, modular, orientada a problemas y centrada en el paciente⁹ que

además posee un servidor que soporta Terminología con vocabularios médicos estándar, incluyendo SNOMED-CT®. ¹⁰

Dentro de la HCE se encuentra una pestaña desplegable que contiene vínculos hacia bases de conocimiento como UpToDate®, ClinicalKey®, Guías de Práctica Institucionales, PR-Vademécum® y Vademécum institucional. Están disponibles tanto en la página inicial de la HCE como dentro de la historia de cada paciente (Ver Figura 1).

En el caso de acceder a las bases de conocimiento externas, automáticamente se ingresa con un usuario institucional, pero las búsquedas solo son manuales y no se extrae ningún dato del paciente desde la HCE para formar parte del proceso, es decir, no interoperan.

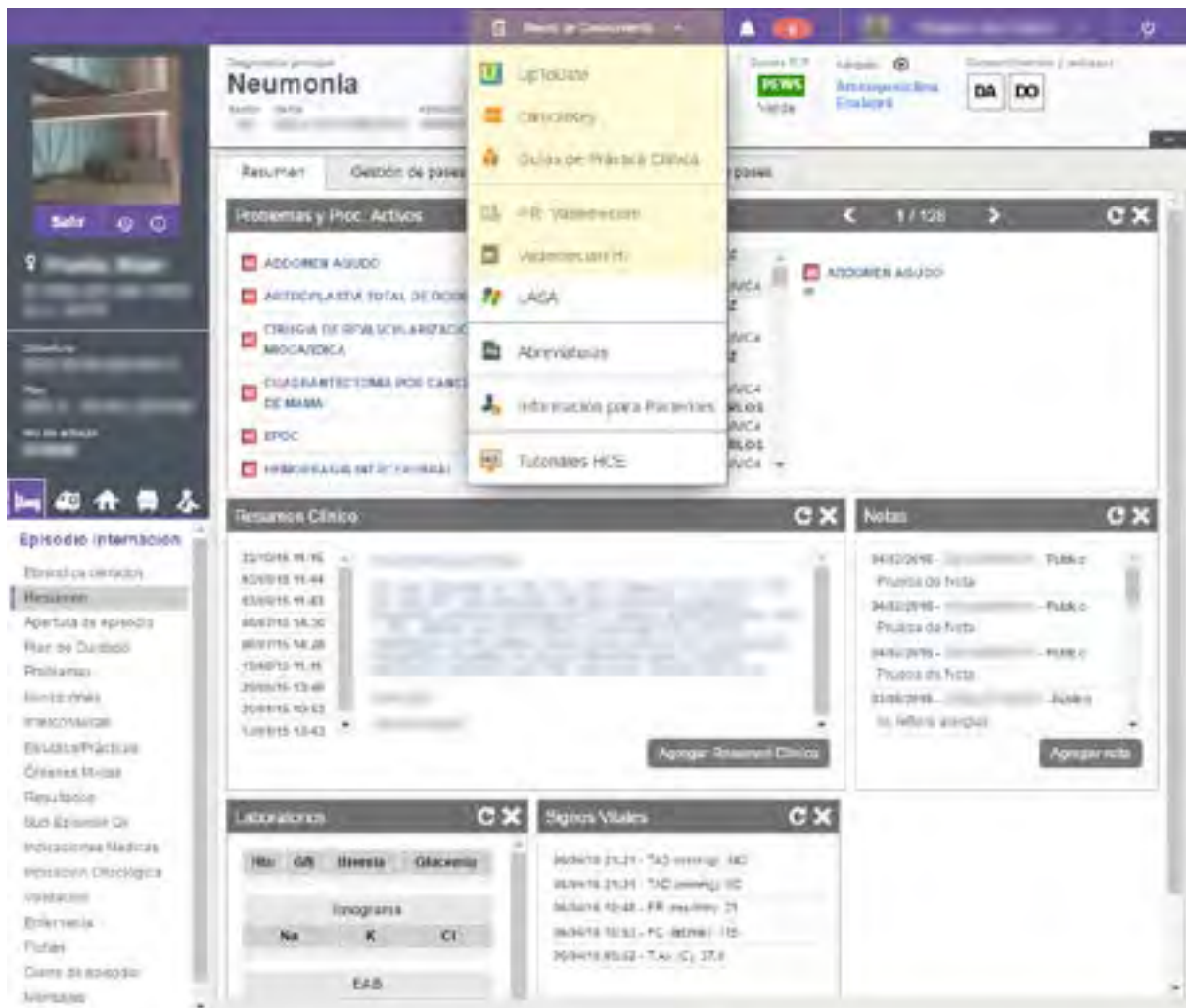


Figura 1: Pestaña desplegable con vínculos a Bases de Conocimiento

Como se mencionó anteriormente la HCE está orientada a problemas, es decir las principales acciones realizadas deben asociarse a dichos términos, tales como evoluciones, solicitudes de estudios y prácticas entre otras, además cada uno puede agregarse independientemente y se visualizan en diferentes módulos (Ver Figura 2).

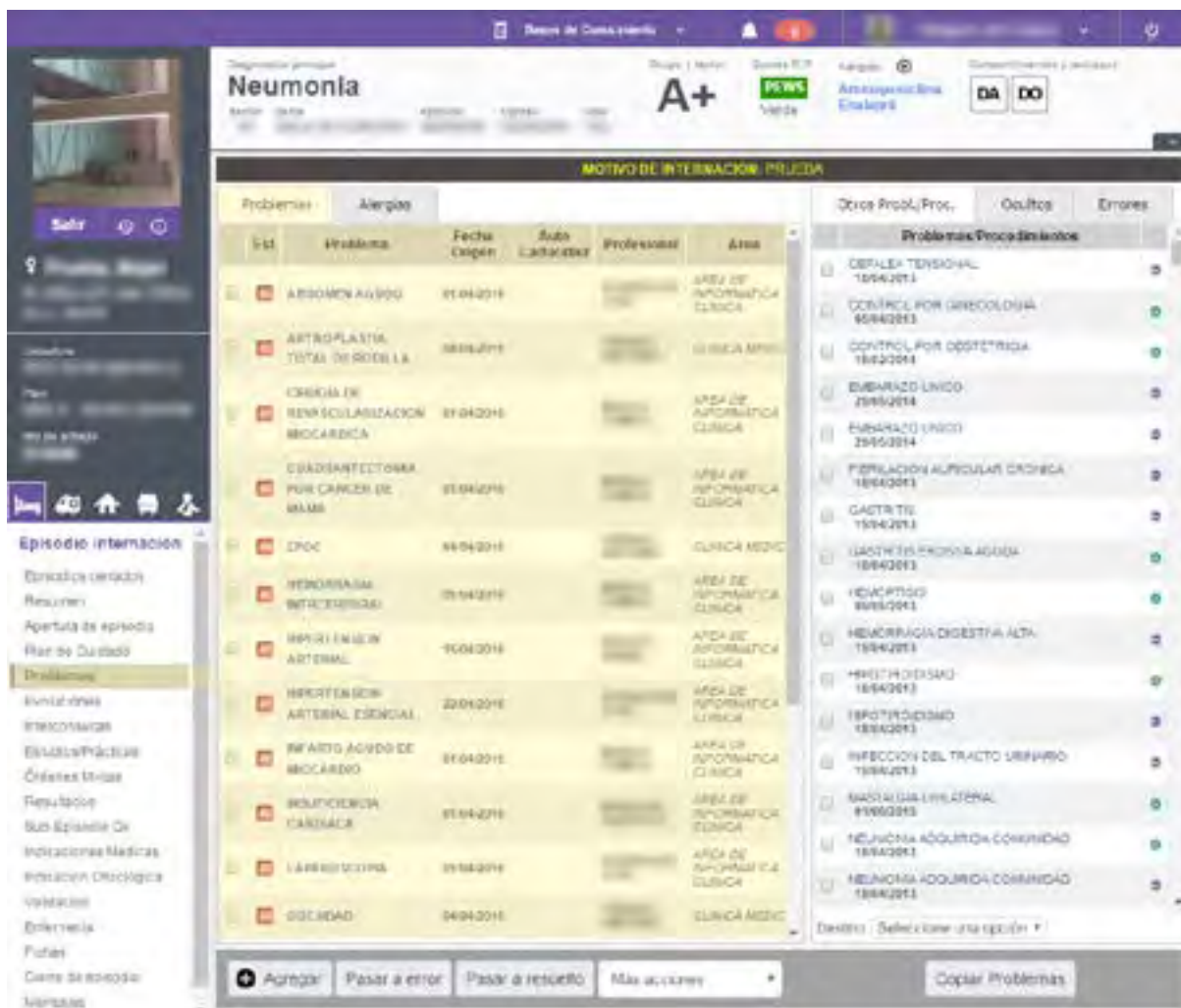


Figura 2: Módulo de problemas

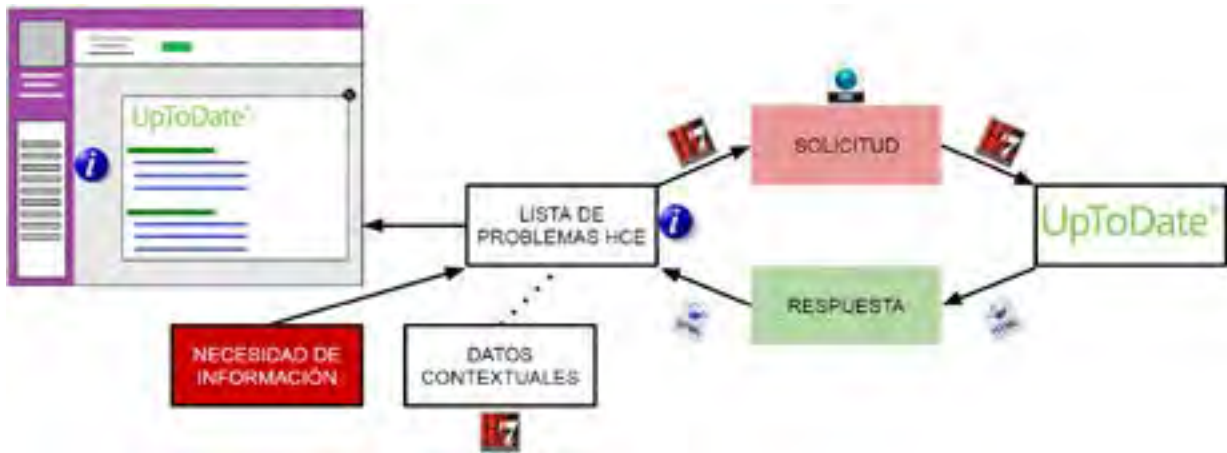
Con el fin de mejorar la información disponible en la HCE, se utilizó el protocolo Standard HL-7-Infobutton para especificar las búsquedas, automatizarlas y recuperar la información contextual del paciente.

Resultados

Todos los términos de la lista de problemas de la HCE son codificados a través del servidor de terminología y un código de SNOMED-CT® que está vinculado a cada uno de estos términos. Los mismos son interoperables con aquellos sistemas que utilizan la misma codificación para administrar su terminología, como sucede con UpToDate® que opera con el Standard HL7-Infobutton a través de SNOMED-CT®.

Para generar el pedido se recupera información contextual del paciente para ser enviada y solicitar respuesta a UpToDate®. Se remiten el género, edad, idioma, término clínico con código de SNOMED-CT®, ámbito de atención, tipo de establecimiento, tipo de profesional y especialidad. Además envía la solicitud con el tipo de información de la que se requiere respuesta ya sea de pacientes adultos o pediátricos; como así también se especifica solicitud de información médica (ver esquema 1).

El pedido se envía a través de una url compuesta por los datos estándar para ser recibidas por UpToDate® que autentica la IP registrada y al usuario perteneciente a la cuenta institucional, estos datos son procesados y de esta manera responde con el resultado de la búsqueda solicitada.



Esquema 1: Diagrama básico del flujo de Información

En la lista de problemas de la HCE se agregaron íconos Infobuttons al extremo derecho de los términos en cada línea. Estas listas están presentes en el módulo de “resumen”, módulo de “evoluciones” y modulo de “problemas” (Ver Figuras 3, 4 y 5).

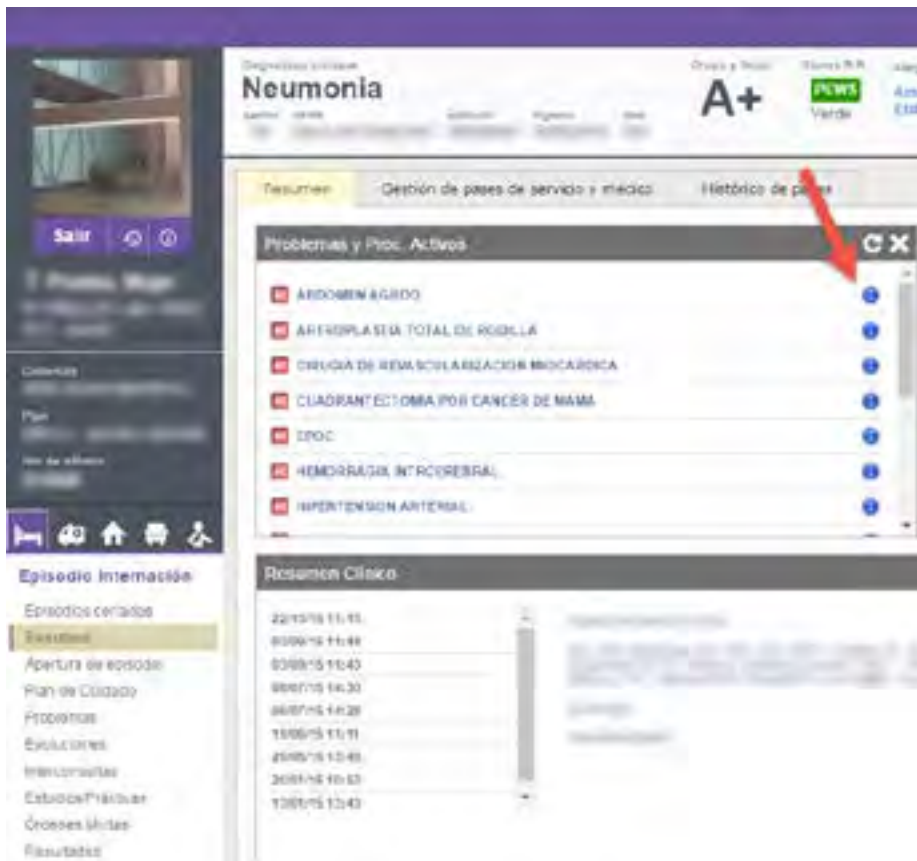


Figura 3: Infobuttons en resumen

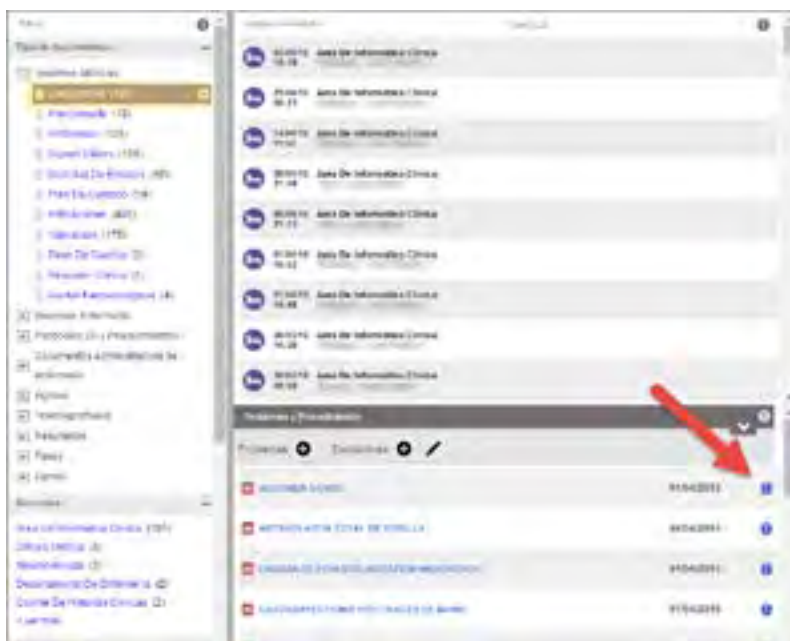


Figura 4: Infobuttons en evoluciones

EBI	Problema	Fecha Origen	Auto Cautelada	Profesional	Área	Acción
1	ABDOMEN ACUDO	18/04/2015			AREA DE INFORMÁTICA CLINICA	i
2	ARTROPLASTIA TOTAL DE RODILLA	18/04/2015			CLINICA MEDICA	i
3	LESION DE ESTRUCTURAS MUSCULOESQUELETICAS	18/04/2015			AREA DE INFORMÁTICA CLINICA	i
4	COARCTACION DE TRONCO DE ARTERIA	18/04/2015			AREA DE INFORMÁTICA CLINICA	i
5	LPSL	18/04/2015			CLINICA MEDICA	i
6	HTA GRAVE SIN SINTOMAS	18/04/2015			AREA DE INFORMÁTICA CLINICA	i
7	HIPERTENSION ARTERIAL	18/04/2015			AREA DE INFORMÁTICA CLINICA	i
8	HIPERTENSION ARTERIAL CRONICA	22/04/2015			AREA DE INFORMÁTICA CLINICA	i
9	INFARTO AGUDO DE MIOCARDIO	18/04/2015			AREA DE INFORMÁTICA CLINICA	i
10	HIPOTENSION CARDIACA	18/04/2015			AREA DE INFORMÁTICA CLINICA	i
11	LABIRINTOPATIA	18/04/2015			AREA DE INFORMÁTICA CLINICA	i
12	OBESIDAD	18/04/2015			CLINICA MEDICA	i
13	REEMPLAZO TOTAL DE CADERA	18/04/2015			LABORATORIO	i
14	SEUDO SARCOMA	20/04/2015			AREA DE INFORMÁTICA CLINICA	i
15	TRASTORNO HIPERTENSIVO	18/04/2015			AREA DE INFORMÁTICA CLINICA	i

Figura 5: Infobuttons en problemas

La información enviada por UpToDate® se muestra en una ventana embebida en la HCE que es visualizada como página web estándar HTML (ver figura 6), donde la interfaz es la misma que ofrece UpToDate® desde su portal oficial de información.

Dentro de la ventana el usuario puede elegir la información que crea conveniente ser utilizada, navegar por cada link que se ofrece y de esta manera visualizar todo el contenido. Además también es posible realizar búsquedas manuales si así lo quisiera ya que si bien los resultados son producto de la interoperabilidad entre la HCE y UpToDate®, la página donde se muestran los resultados es la misma en la que se utiliza cuando se consulta directamente a la página web oficial.

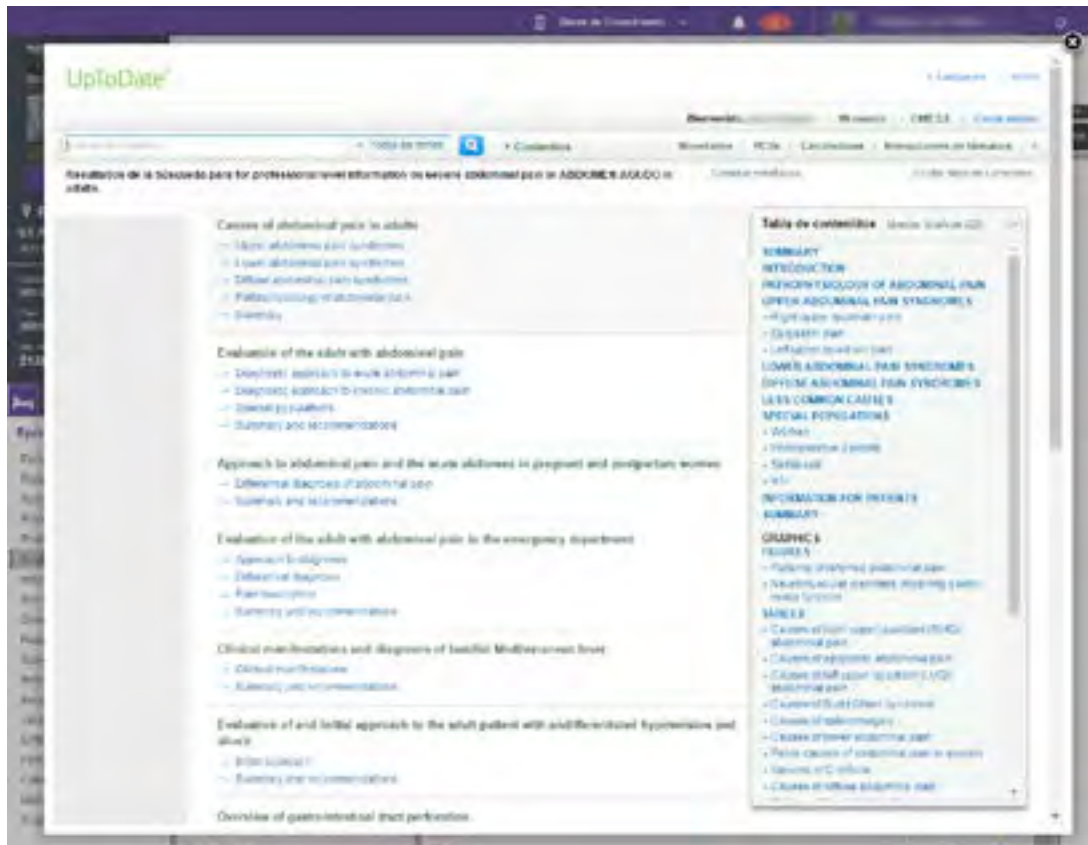


Figura 6: Resultados de búsqueda

Discusión

En este trabajo se describió el proceso de implementación de Infobuttons en la HCE, incluyendo las características técnicas y los pasos para llegar a la implementación definitiva. El punto de partida que motivó el proyecto fue idearse de qué manera se pueden resolver las necesidades de información de los usuarios. Ya se describió en trabajos previos la importancia de anticipar esas necesidades para resolverlas incluso antes de que se piensen, un concepto muy predictivo que está sumergido académicamente desde hace tiempo.¹¹ Es de destacar que nos basamos en enfoques usados previamente, siendo clave el contexto clínico para solicitar información de forma automática en fuentes de conocimiento; extrayendo frases más útiles y relevantes de estos recursos.¹²

El concepto de interoperabilidad representado en la herramienta a través de HL7-Infobutton Standard es fundamental en nuestro desarrollo ya que es el nexo ideal para poder compartir los datos con otros sistemas, permitiendo al usuario y su contexto acceder a fuentes fuera de su alcance con contenido específico. Creemos que la herramienta sería de gran utilidad para los usuarios del establecimiento, teniendo en cuenta que como se describe en otros estudios, los Infobuttons y sistemas de respuestas que solucionan las necesidades de información, son de gran utilidad para los profesionales.¹³

Si bien solo incluimos a UpToDate® en la fase inicial, la arquitectura se desarrolló pensando en escalar a un modelo integrado en el que se pueda incluir otros recursos y de esta manera ofrecer al usuario mayores opciones¹⁴, tales como ClinicalKey®, PubMed®, la base de conocimiento oficial institucional e incluso Infobuttons en lista de medicamentos con recursos como Lexicomp® y el vademécum oficial de nuestra institución, actualmente se está desarrollando la nueva versión que incorporará estos recursos para ser implementados y aumentar la disponibilidad a los usuarios.

Otras organizaciones de salud podrían beneficiarse basados en la aplicación de estrategias similares. Futuras investigaciones podrán evaluar la relevancia e impacto de esta herramienta en la práctica médica.

Conclusión

Este trabajo muestra cómo se desarrolló e implementó Infobuttons, teniendo en cuenta las necesidades de información de los usuarios y los estándares de interoperabilidad de HL7, siendo el primer paso para conformar una herramienta más completa que pueda ofrecer mayor cantidad de recursos.

Referencias

- [1] Hunt S, Cimino JJ, Koziol DE. A comparison of clinicians' access to online knowledge resources using two types of information retrieval applications in an academic hospital setting. *J Med Libr Assoc* [Internet]. 2013 Jan [cited 2015 Dec 4]; 101(1):26–31.
- [2] M.L. Chambliss, J. Conley, Answering clinical questions, *J. Fam. Pract.* 43 (1996) 140–44.
- [3] G. Del Fiol, T.E. Workman, P.N. Gorman, Clinical questions raised by clinicians at the point of care: a systematic review, *JAMA Intern. Med.* 174 (2014) 710–718.
- [4] G. Del Fiol, P.J. Haug, J.J. Cimino, S.P. Narus, C. Norlin, J.A. Mitchell, Effectiveness of topic-specific infobuttons: a randomized controlled trial, *J. Am. Med. Inf. Assoc.* 15 (2008) 752–759. Clinicians at the point of care: a systematic review, *JAMA Intern. Med.* 174 (2014) 710–718.
- [5] P. Pluye, R.M. Grad, L.G. Dunikowski, R. Stephenson, Impact of clinical information-retrieval technology on physicians: a literature review of quantitative, qualitative and mixed methods studies, *Int. J. Med. Inf.* 74 (2005) 745–768.
- [6] S.M. Maviglia, C.S. Yoon, D.W. Bates, G. Kuperman, KnowledgeLink: impact of context-sensitive information retrieval on clinicians' information needs, *J. Am. Med. Inf. Assoc.* 13 (2006) 67–73.
- [7] Cimino JJ, Jing X, Del Fiol G. Meeting the electronic health record "meaningful use" criterion for the HL7 infobutton standard using OpenInfobutton and the Librarian Infobutton Tailoring Environment (LITE). *AMIA Annu Symp Proc* [Internet]. 2012 Jan; 2012:112–20.
- [8] Del G, Mostafa J, Pu D, Medlin R, Slager S, Jonnalagadda SR, et al. International Journal of Medical Informatics Formative evaluation of a patient-specific clinical knowledge summarization tool. Elsevier Ireland Ltd; 2016; 86:126–34.
- [9] Luna D, Plazzotta F, Otero C, González Bernaldo de Quirós F, Baum A, Benítez S. Incorporación de tecnologías de la información y de las comunicaciones en el Hospital Italiano de Buenos Aires. 2012.
- [10] Osornio AL, Luna D, Gambarte ML, Gomez A, Reynoso G, De Quirós FGB. Creation of a local interface terminology to SNOMED CT. *Stud Health Technol Inform.* (2007), 765–9.
- [11] Budzik J. Watson: Anticipating and contextualizing information needs. *Proc Annu Meet Soc Inf Sci* [Internet]. 1999; 36:727–40.
- [12] R. Mishra, J. Bian, M. Fiszman, C.R. Weir, S. Jonnalagadda, J. Mostafa, G. Del Fiol, Text summarization in the biomedical domain: a systematic review of recent research, *J. Biomed. Inf.* 52 (2014) 457–467.
- [13] Y. Cao, F. Liu, P. Simpson, L. Antieau, A. Bennett, J.J. Cimino, J. Ely, H. Yu, AskHERMES: an online question answering system for complex clinical questions, *J. Biomed. Inform.* 44 (2011) 277–288.
- [14] Hulse NC, Long J, Xu X, Tao C. Enabling locally-developed content for access through the infobutton by means of automated concept annotation. *AMIA Annu Symp Proc* [Internet]. 2014 Jan; 2014:700–8.

Contacto

José Federico Rodríguez, Departamento de
Informática en Salud.

Hospital Italiano de Buenos Aires, Juan
D. Perón 4190, C1181ACH Buenos Aires,
Argentina.

E-mail:

josef.rodriguez@hospitalitaliano.org.ar.

PRONTUÁRIO ELETRÔNICO DO PACIENTE: MAPEAMENTO DOS FLUXOS DE TRABALHO

Mayara Barbosa Viandelli Mundim¹, Juliana Silva Gomes², Renata Dutra Braga³, Fábio Nogueira de Lucena⁴, Enilza Maria Mendonça de Paiva⁵, Rejane Faria Ribeiro-Rotta⁶

¹ Doutoranda pelo Programa de Pós-Graduação em Odontologia, Faculdade de Odontologia, Universidade Federal de Goiás (PPGO/FO/UFG)

² Graduada em Odontologia, Faculdade de Odontologia, Universidade Federal de Goiás (FO/UFG)

³ Doutoranda pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde, Faculdade de Medicina, Universidade Federal de Goiás (PPCS/FM/UFG)

⁴ Professor Associado, Instituto de Informática, Universidade Federal de Goiás (INF/UFG)

⁵ Professora Associada, FO/UFG

⁶ Professora Titular, FO/UFG

Resumo: Objetivo: Mapear os fluxos de trabalho (processos) da FO-UFG relativos ao atendimento ao paciente, incluindo aspectos administrativos, atendimento clínico, ensino, pesquisa e extensão, identificando onde e quais recursos computacionais seriam introduzidos. Método: Entrevistas exploratórias/ouvidoria com informantes-chave foram realizadas. Essas informações foram registradas utilizando a notação BPMN (*Business Process Modeling Notation*). Resultados: Foram obtidos 15 fluxos de trabalho, distribuídos em 4 categorias: disponibilização de vagas, agendamento, movimentação de prontuários e faturamento. Três módulos de um sistema computacional do Hospital das Clínicas-UFG foram adaptados e utilizados para otimizar a realização dos fluxos mapeados, bem como o sistema de regulação da Secretaria Municipal de Saúde de Goiânia-GO. Conclusão: Apesar da incipiente implementação desses processos não permitir uma avaliação dos impactos, acreditamos num aprimoramento da gestão da informação, integração com SUS, melhoria da qualidade da assistência à saúde e reorientação da formação do estudante da FO-UFG, segundo as Diretrizes Curriculares Nacionais.

Palavras-chave: Informática odontológica; Fluxo de Trabalho; Sistemas Computadorizados de Registros Médicos.

Abstract Objective: To map the workflows (processes) of the FO-UFG relating to patient care, including administrative aspects, clinical care, teaching, research and extension, identifying where and what computer resources would be introduced. Method: Exploratory interviews / ombudsman with key informants was held. These data were recorded using BPMN (*Business Process Modeling Notation*). Results: We obtained 15 workflows, distributed in four categories: availability of jobs, scheduling, handling of patient records and billing. Three modules of a computer system at the Hospital das Clinicas-UFG have been adapted and used to optimize the performance of flows mapped, and the system of regulation of the Secretariat of Health of Goiânia-GO. Conclusion: Despite the incipient implementation of these processes do not allow an assessment of impacts, we believe in improvement of information management, integration with SUS, improving the quality of health care, reorientation of the educational experience of the FO-UFG, according to National Curriculum Guidelines.

Keywords: Dental informatics; Workflow; Medical Records Systems, Computerized.

Introdução

Visando a transformação do ensino, das práticas e da formação profissional do estudante da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Goiás (FO-UFG), esta instituição vivencia, desde 2006, a implantação de um novo projeto político curricular com base no Regimento Geral dos Cursos de Graduação da UFG (RGCG-UFG) e Diretrizes Nacionais para os Cursos de Graduação em Odontologia. Essa reorientação anseia uma maior integração da instituição de ensino com o serviço público de saúde, dando respostas às necessidades concretas da população brasileira em termos da formação de recursos humanos, produção do conhecimento e prestação de serviços. Em todos estes casos, direcionados a construir o fortalecimento do Sistema Único de Saúde (SUS)^{1,2}.

A viabilização desse processo ocorreu por meio do Programa Nacional de Reorientação da Formação Profissional em Saúde (PRÓ-SAÚDE) institucionalizado pelos Ministérios da Saúde e Educação em 2005, com o qual a FO-UFG foi contemplada em 2006. Dentre as cinco grandes prioridades de investimento estabelecidas no referido projeto, incluíram-se investimentos em comunicação e informação, dentre eles a implementação do prontuário eletrônico do paciente (PEP).

O PEP surgiu como resultado da evolução da informática nos hospitais, visando melhorar a eficiência e organização do armazenamento das informações de saúde e a promessa de não só substituir o prontuário em papel, mas também elevar a qualidade da assistência à saúde através de novos recursos e aplicações³.

Entre as vantagens da utilização do PEP destacamos a acessibilidade (facilidade de acesso ao prontuário), legibilidade (facilita a leitura dos dados), acesso remoto e simultâneo (possibilita o acesso por vários profissionais de saúde), redução no tempo de atendimento, durabilidade, racionalidade do espaço de arquivamento, assistência à pesquisa (através do armazenamento de dados que possibilitem levantamentos estatísticos), eliminação da redundância de dados e pedidos de exame^{4,5}.

Em 2007, foi realizado um estudo na FO-UFG baseado em levantamento bibliográfico e visitas/entrevistas em instituições de saúde/ensino loco-regionais e nacionais, buscando-se subsídios para tomada de decisão na construção ou aquisição de um sistema de PEP. Considerando-se, naquele momento, a inexistência de um PEP nacional certificado e o elevado custo para aquisição e manutenção de um software proprietário, a melhor trajetória para o processo de implementação do PEP foi discutida e planejada⁶. O primeiro passo foi a formação de parcerias internas com o Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da UFG (HC-UFG) e o Instituto de Informática da UFG, seguido pelo estabelecimento de estratégias de trabalho onde definiu-se a importância da elaboração de fluxos de trabalho que possibilitassem a visualização das rotinas e das funções desempenhadas na FO-UFG.

Um fluxo de trabalho ou workflow é o movimento de documentos e/ou tarefas através de um processo de trabalho. Fluxo de trabalho é o aspecto operacional de um procedimento de trabalho: como as tarefas são estruturadas, quem as executa, suas ordens de execução, como elas são sincronizadas, como estas tarefas estão sendo acompanhadas^{7,8}.

A informatização adequada depende de fluxos de trabalho devidamente institucionalizados e sobre os quais recursos computacionais serão introduzidos para apoiar a execução dos mesmos e para tal, a análise do funcionamento preciso da instituição torna-se um passo fundamental, em especial na área da saúde, para que seja possível a elaboração de um software que contribua para este funcionamento.

Dessa forma, o objetivo deste estudo foi mapear os fluxos de trabalho da FO-UFG relativos ao atendimento ao paciente, o que inclui aspectos administrativos, atendimento clínico, ensino, pesquisa e extensão, para viabilizar a identificação de onde e quais recursos computacionais poderiam ser introduzidos, de maneira eficaz e segura, que tivesse sustentabilidade no contexto de uma instituição pública, de ensino e saúde do centro-oeste brasileiro.

Métodos

A estratégia metodológica foi dividida em três etapas:

1. Levantamento bibliográfico para apropriação do conhecimento sobre o PEP e entrevistas exploratórias e ouvidoria com informantes-chaves a respeito do funcionamento da FO-UFG;
2. Mapeamento dos fluxos de trabalho da FO-UFG; e,
3. Validação e análise dos fluxos de trabalho.

Na primeira etapa, o levantamento foi feito através de busca eletrônica em bases de dados de publicações científicas na Internet como PubMed, Lilacs, Bridge Base Online (BBO) e Scielo. Foram utilizados como palavras-chave termos relacionados ao PEP, informática em saúde, tecnologia da informação e BPMN (*Business Process Modeling Notation*). A notação BPMN não faz parte do objeto de estudo, trata-se apenas de um instrumento formal de registro de fluxos de trabalho, o que assegura que os fluxos identificados poderão ser compreendidos por gestores, usuários e profissionais da tecnologia da informação. Foi considerado também, no levantamento bibliográfico, a monografia desenvolvida pelas acadêmicas da FO-UFG no ano de 2007 sobre as orientações para os primeiros passos para a implementação do PEP na instituição⁶.

Para as entrevistas, foram selecionados funcionários de diferentes setores da FO-UFG, o que incluiu o Serviço de Atendimento ao Público (SEAP/FO-UFG), Serviço Social, Coordenação Administrativa, Coordenação Clínica e Diretoria Geral. Essas entrevistas foram agendadas de acordo com a disponibilidade dos informantes, tendo sido registrada a descrição detalhada do funcionamento do setor/serviço na ótica de cada informante. A necessidade de entrevistas com outros participantes da comunidade acadêmica foi estabelecida a partir dos desdobramentos das anteriores. Os registros das discussões sobre os fluxos de trabalho, originados de reuniões administrativas internas e com a Secretaria Municipal de Saúde de Goiânia, também compuseram o conjunto de informações coletadas nessa etapa.

Na segunda etapa, a partir do registro dos dados obtidos por meio das entrevistas e ouvidoria, os fluxos foram construídos utilizando-se o software BizAgi *Process Modeler* (BizAgi, versão 3.0, BizAgi, Reino Unido), uma ferramenta para criação de fluxogramas, mapas mentais e diagramas em geral, que permite aos usuários organizar graficamente vários processos e as relações existentes em cada etapa⁹. Essa estruturação é uma maneira eficiente de visualizar um processo como um todo, permitindo a identificação de problemas e possíveis soluções. Esta ferramenta é uma opção livre de custos para a elaboração dos registros na notação BPMN.

Na terceira etapa, os fluxos identificados e mapeados em BPMN, foram estruturados no formato de apresentação, usando o Power Point/ Microsoft Office, para o processo de validação. Estes foram validados por meio de consenso com os informantes-chave, permitindo mudanças que resultaram em melhorias para torná-los representantes fiéis das práticas da FO-UFG.

Resultados

Foram mapeados 15 fluxos de trabalho (Figura 1), os quais foram agrupados em quatro categorias: disponibilização de vagas para tratamento odontológico na FO-UFG, agendamento de consultas/retornos, movimentação de prontuários e faturamento.



Figura 1 - Fluxos de trabalho mapeados até o momento. Fonte: Os autores

Para tal mapeamento foram realizadas 6 entrevistas com informantes-chave, ouvidorias em 43 reuniões com docentes da FO-UFG, Funcionários do SEAP/FO-UFG, Serviço Social da FO-UFG, Coordenação clínica e de controle de infecção da FO-UFG, Técnicos do Centro de Processamento de Dados do HC-UFG (CPD-/HC-UFG), docentes e alunos de graduação e pós-graduação do Instituto de Informática da UFG, Coordenação de tecnologia da informação da FO-UFG, várias coordenações da Secretaria Municipal de Saúde de Goiânia (SMS-Goiânia), Secretaria Estadual de Saúde de Goiás, dentre outros. Um total aproximado de 350 horas de trabalho foram dispendidas, além da participação em eventos da Sociedade Brasileira de Informática em Saúde (SBIS).

Para representação dos fluxos, a simbologia internacional dotada pelo software BizAgi *Process Modeler* incluiu o título, o qual representa o processo a ser descrito, as linhas horizontais representam cada ator envolvido no referido processo, os diagramas equivalem às ações executadas, as figuras geométricas como círculos verde e vermelho representando, respectivamente, início e fim do processo e o losango que equivale a uma tomada de decisão que torna explícito possibilidades distintas de continuação do evento (Figura 2).



Figura 2 - Exemplo de um dos fluxos de trabalho mapeados em notação BPMN. Fonte: Os autores

Mapeados os fluxos, foram eleitos três módulos do sistema desenvolvido pela equipe do CPD/HC-UFG e adaptados para FO-UFG, para execução dos mesmos. Os módulos utilizados relacionavam-se ao agendamento de pacientes, movimentação de prontuários e faturamento. Concomitante à utilização desses módulos, o sistema desenvolvido pela SMS-Goiânia também foi inserido nos fluxos para a disponibilização de vagas para o atendimento de pacientes com diferentes necessidades e complexidades de atendimento clínico em saúde oral.

Discussão

A FO-UFG em seu processo de reestruturação tanto pedagógico quanto administrativo reestabelece uma melhor relação com a SMS-Goiânia, buscando o fortalecimento do SUS através do processo de regulação baseado na Política Nacional de Regulação, sob a portaria GM/MS nº. 399, de 22 de fevereiro de 2006 que visa melhorar e qualificar o acesso do cidadão às ações e serviços em saúde.

A elaboração dos fluxos de trabalho, além de contribuir para a implementação do PEP^{5,7}, pode auxiliar neste processo de regulação, pois facilitou a compreensão da gestão municipal de saúde e da complexidade da inserção da regulação em uma instituição de ensino em saúde. Este aspecto foi expresso, principalmente, na dificuldade de compatibilizar os diferentes níveis de complexidade clínica do ensino-aprendizagem e o atendimento ao paciente, respeitando ao atendimento integral a saúde.

Torna-se importante ressaltar que o desenvolvimento dos fluxos foi base fundamental para que a FO-UFG, após a conclusão de que o desenvolvimento do seu próprio PEP seria a melhor solução, pudesse canalizar parte dos investimentos do Pró-Saúde em um projeto piloto. O conhecimento desse projeto por parte do Instituto de Informática da UFG gerou uma parceria e a captação de

financiamento para um projeto maior de um registro eletrônico em saúde interoperável. Dessa forma, dois sistemas de PEP foram desenvolvidos de forma independente, sendo o primeiro denominado PEP-Odontologia-provisório e o segundo PEP-RES-UFG.

O projeto provisório além de servir de laboratório para aprimorar o segundo projeto (PEP-RES-UFG), servirá para implantar a cultura do uso do computador na rotina da clínica da graduação, o que envolve mudanças não apenas no fluxo de atendimento ao paciente, mas relacionadas à biossegurança em Odontologia e nas questões éticas de acesso às informações do paciente. Para isto, um dos ambulatórios da FO-UFG, com 30 consultórios odontológicos, foi totalmente estruturado com um projeto de rede, custeado como contrapartida pela UFG e equipamentos de informática, também financiados pelo Pró-Saúde, para servir de clínica piloto para a introdução do PEP-Odontologia-provisório. Testes de validação do sistema provisório foram realizados com docentes e discentes da FO-UFG¹⁰, para que os mesmos possam contribuir com o processo de construção do referido sistema, etapa crucial dentro do processo de capacitação de recursos humanos e facilitador para o uso efetivo e eficaz do sistema (Figura 3).



Figura 3 - Ambulatório modelo da FO-UFG, equipado para a implementação do PEP. Fonte: Os autores

O PEP-RES-UFG trata-se de um projeto multidisciplinar desenvolvido no Instituto de Informática da UFG, capaz de permitir a inserção de outros “módulos” de todas as unidades da UFG, que direta ou indiretamente trabalham com saúde. O software utiliza tecnologia de ponta, com padrões regulamentados pelo Ministério da Saúde¹¹, o que permite a interoperabilidade não apenas no contexto da UFG, mas a nível nacional (ex. Ministério da Saúde) e até internacional (ex. Instituições parceiras de pesquisa, centros de referência).

Sintetizando, obteve-se com este trabalho, resultados em nível clínico, científico e tecnológico, pois o mesmo contribuiu para o repensar da rotina de atendimento ao paciente na FO-UFG, tornando-o mais otimizado e resolutivo, contribuindo para o desenvolvimento do PEP-RES-UFG na FO-UFG e ainda com o treinamento de novos recursos humanos, facilitando a compreensão das rotinas de trabalho.

Acreditamos que com o amadurecimento desse processo conseguiremos um aprimoramento da gestão da informação, integração com o SUS, melhoria da qualidade da assistência à saúde integral, reorientação da formação profissional do estudante da FO-UFG, atendendo às Diretrizes Curriculares Nacionais para os cursos de graduação.

A concretização desta proposta depende do estabelecimento de um canal de comunicação entre a instituição (rede de serviços) e a Secretaria Municipal de Saúde e o Ministério da Saúde, num trabalho

efetivo de orientação, não só com relação à adoção e capacitação em infraestrutura tecnológica, mas, principalmente, na conscientização da necessidade de mudança comportamental e cultural dos sujeitos, com relação às considerações sobre processamento e uso da informação.

Para a prática clínica com utilização efetiva do PEP, a necessidade de se regular o uso da tecnologia a fim de usufruir dos seus benefícios e impedir os efeitos indesejado torna-se crucial. Os aspectos éticos e legais tais como autenticidade, integridade, confidencialidade, privacidade e guarda de documentos devem ser perseguidos.

Pode-se afirmar que a implantação do PEP não está concluída na FO-UFG; entretanto projetos contemplando essa proposta estão em discussão, podendo desde já observar melhoras nos setores assistenciais, organizacionais e de gestão, proporcionando uma integração crescente das ações dentro do PEP com a consequente otimização da gestão da informação.

Conclusão

O mapeamento de fluxos de trabalho da FO-UFG se mostrou como uma etapa fundamental no planejamento estratégico da implantação de um sistema de prontuário eletrônico autossustentável na instituição. Os fluxos de trabalho mapeados permitiram investigar de forma personalizada as melhores possibilidades de incorporação de novos recursos na rotina da instituição, favorecendo o processo de adesão às mesmas por seus usuários.

Referências

- [1] Sarreta F de O. Educação permanente em saúde para os trabalhadores do SUS. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2009. 248 p.
- [2] MS M da S. Regulamentação da Lei 8.080 para fortalecimento do Sistema Único da Saúde: decreto 7508, de 2011. Rev. Saúde Pública. 2011;45(6):1206-7.
- [3] Fisch MA. Desenvolvimento do Sistema de Prontuário Eletrônico do Paciente no Grupo Hospitalar Conceição (GHC). Fundação Oswaldo Cruz; 2005. Disponível em: [http://www.arca.fiocruz.br/bitstream/icict/3142/2/Trabalho final Marco.pdf](http://www.arca.fiocruz.br/bitstream/icict/3142/2/Trabalho%20final%20Marco.pdf). Acesso em 04 fev 2016.
- [4] Jenal S, Évora YDM. Revisão de literatura: Implantação de Prontuário Eletrônico do Paciente. J. Health Inform. 2012;4(4):176–81.
- [5] Farias JS, Guimaraes T de A, Vargas ER de, Albuquerque PHM. Adoção de prontuário eletrônico do paciente em hospitais universitários de Brasil e Espanha: a percepção de profissionais de saúde. Rev. Adm. Pública. 2011;45(5):1303-26.
- [6] Sousa DP, Moura ED, Silva MTF, Barbosa MA, Rodarte PF. Implementação do Prontuário Eletrônico do Paciente em Instituições de Ensino e Saúde: orientações para os primeiros passos da FO-UFG [monografia]. Goiânia: Universidade Federal de Goiás- Faculdade de Odontologia; 2007.
- [7] Capek J, Bata R. Workflow modelling within selected departments of the public administration focused on the regional office. J. Inf. Syst. Technol. Manag. 2007;4(2):113-26.
- [8] de Bruin JS, Deelder AM, Palmblad M. Scientific Workflow Management in Proteomics. Mol Cell Proteomics [Internet]. The American Society for Biochemistry and Molecular Biology; 2012; 12;11(7):M111.010595.
- [9] Van de Velde S, Vander Stichele R, Fauquert B, Geens S, Heselmans A, Ramaekers D, et al. EBMPracticeNet: A Bilingual National Electronic Point-Of-Care Project for Retrieval of Evidence-Based Clinical Guideline Information and Decision Support. JMIR Res Protoc. 2013;2(2):e23.

- [10] Braga RD, Monteiro ALN, Mota FCS, Lucena FN de, Ribeiro-Rotta RF. Validação do prontuário eletrônico do paciente em uma instituição de ensino superior em saúde: relato da experiência no módulo Anamnese. J. Health Inform. 2013;5(1):30–5.
- [11] Brasil. Ministério da Saúde. Portaria nº 2.073, de 31 de Agosto de 2011. Diário Oficial da União; 2011. Disponível em: http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2073_31_08_2011.html. Acesso em 06 fev 2016.

Contato

Rejane Faria Ribeiro-Rotta
Faculdade de Odontologia, Universidade
Federal de Goiás
Rua C-235, n.1323/Apt. 1501
74605-220, Goiânia, Goiás, Brasil
Tel.: +55 62 99719187.
E-mail: rejanefrr@gmail.com

USOS DO SISTEMA DE INFORMAÇÃO SOBRE HIPERTENSÃO E DIABETES

Bianca Borges da Silva Leandro¹; Patrícia Tavares Ribeiro²

¹ Laboratório de Educação Profissional em Informações e Registros em Saúde/Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio/Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, Brasil.

² Centro de Políticas, Estudos e Informações sobre Determinantes Sociais da Saúde/Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca/Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, Brasil.

Resumo: Introdução: A necessidade de informações epidemiológicas para orientar a tomada de decisão é um desafio do Sistema Único de Saúde (SUS). Nesse cenário, os sistemas de informação em saúde (SIS) constituem mecanismos estratégicos. **Objetivo:** Descrever as possibilidades de uso das informações do SISHIPERDIA nas localidades da Estratégia de Saúde da Família (ESF). **Método:** estudo de caso descritivo-exploratório-quantitativo realizado com variáveis do SISHIPERDIA de 2002 a 2012 para o nível municipal e oito unidades da ESF do município de Itaboraí. **Resultados:** Identificaram-se possibilidades analíticas do uso das informações disponíveis no SISHIPERDIA em relação ao perfil demográfico, fatores de risco e complicações dos cadastrados. **Conclusão:** Os dados existentes mostraram-se úteis para a compreensão dos distintos contextos, permitindo elucidar aspectos importantes que influenciam, limitam e potencializam o uso da informação para o cuidado com a hipertensão e o diabetes, reforçando o papel importante dos SIS na organização dos serviços de saúde.

Descritores: Sistemas de Informação em Saúde; Atenção Primária à Saúde; Doença Crônica; Planejamento em saúde

Abstract: Introduction: Epidemiological information to guide decision making in health is one of the challenges of the SUS. In this scenario, health information systems (HIS) emerge as strategic mechanisms. **Objective:** Describe the possibilities of use of SISHIEPRDIA information in Itaboraí and the locations of the Family Health Strategy (FHS). **Method:** Descriptive, exploratory and quantitative case study in Itaboraí and eight units of the FHS with SISHIPERDIA variables from 2002 to 2012. **Results:** Were realized analytical possibilities of use of the SISHIPERDIA information to regarding demographics, factors risk and complications of people registered. **Conclusion:** The data were, even with their limitations, useful for the understanding of different contexts, allowing identify important aspects that influence, limit and enhance the use of information for the care of hypertension and diabetes in each locality, reinforcing the important role of the HIS for the organization of health services.

Keywords: Health Information Systems; Primary Health Care; Chronic Disease; Health Planning

Introdução

No contexto atual, caracterizado como o da Era da Informação, informações organizadas, sistematizadas e de fácil acesso permitem aos profissionais de saúde a possibilidade de planejar e organizar seus processos de trabalho. Nesse contexto, a informação apresenta-se como instrumento essencial para a gestão do trabalho em saúde, contribuindo para ações de monitoramento, planejamento, avaliação e vigilância em saúde.^{1,2,3}

Além disso, constantemente, vem se requerendo informações em saúde ao nível regional ou intramunicipal, tanto dos problemas de saúde existentes quanto de seus determinantes e condicionantes, a fim de se sistematizar o perfil de necessidades e desigualdades de saúde da população. Trata-se de atividade fundamental para a análise de situação de saúde e para a formulação de ações para o alcance da equidade no Sistema Único de Saúde (SUS).

Para a organização dessas informações, os sistemas de informação em saúde (SIS) são estratégicos. Os SIS podem ser entendidos como conjunto de componentes relacionados à coleta, processamento, análise e transmissão de informações necessárias para a organização e operação dos serviços de saúde com vistas ao controle de doenças e outros agravos^{3,4}. O propósito geral dos SIS é o de facilitar a formulação e avaliação das políticas, planos e programas de saúde, subsidiando o processo de tomada de decisão⁵.

Nos últimos anos, principalmente por conta dos avanços da informática, é inegável o crescimento e a capacidade de resposta dos SIS às necessidades de organização e gestão do SUS, mesmo com dificuldades estruturais, tais como financiamento e disponibilidade de profissionais capacitados para a sua implementação. Ao nível municipal, a crescente facilidade de acesso aos dados, sobretudo via internet, favorece a análise de situação de saúde, colaborando para a compreensão das dinâmicas territoriais que influenciam o processo saúde-doença. Contudo, deve-se salientar que perfis de adoecimento e estratégias de intervenção traçadas ao nível municipal, podem não refletir as necessidades e os diferenciais territoriais existentes dentro do município.

No Brasil, a Estratégia de Saúde da Família (ESF) foi adotada como modelo prioritário para a expansão da Atenção Básica e o recente Decreto 7.508/2011 reforça o seu papel na conformação de redes de atenção à saúde⁶. A concepção de território que organiza a estratégia requer o uso intensivo da informação pelo nível central da gestão municipal e pelas equipes de Saúde da Família, principalmente para se compreender os diferenciais territoriais. No entanto, pode-se afirmar que o uso da informação para a compreensão das realidades locais ainda é baixo, além de excessivamente burocratizado⁷. Assim, a coleta e repasse de dados pouco alimenta a formulação de ações que modifiquem os problemas vivenciados no âmbito local, ficando às instâncias centrais dos municípios a definição das prioridades a serem seguidas pelas equipes e a retroalimentação das informações geradas nas unidades da ESF⁸.

Em relação aos dados coletados pela Atenção Básica, deve-se destacar que eles referem-se a diferentes dimensões da vida, desde aspectos ambientais, como abastecimento de água e tratamento de esgoto, como também informações relacionadas a agravos específicos, como tuberculose e hipertensão arterial e diabetes mellitus. A maioria desses conjuntos de dados esteve vinculada a sistemas de informação específicos, seja o Sistema de Informação da Atenção Básica (SIAB), o Sistema de Hipertensão e Diabetes (SISHIPERDIA) entre outros que funcionam de forma independente e sem interoperabilidade. Contudo, desde 2012, está, em implementação, um novo software denominado e-SUS da Atenção Básica que pretende unificar as diferentes informações relativas a esse nível de cuidado. Nesse cenário, não está prevista a migração dos dados dos sistemas existentes, inclusive do SISHIPERDIA, o que pode resultar na perda de informações relevantes sobre a história da hipertensão e diabetes nos municípios.

Essa possível perda deve ser destacada, pois as doenças cardiovasculares têm sido, desde a década de 1960, mais frequentes que as doenças infecciosas e parasitárias, tanto em termos de mortalidade quanto de morbidade - sobretudo o acidente vascular encefálico e o infarto agudo do miocárdio. A Hipertensão Arterial Sistêmica (HAS) e o Diabetes Mellitus (DM) representam dois dos principais fatores de risco para o agravamento desse quadro. Dessa forma, um dos desafios do SUS, vem sendo tratar esses agravos e evitar suas complicações, já que são adoecimentos que podem levar a invalidez parcial ou total do indivíduo, com repercussões em âmbito individual, familiar e social.

Tentando minimizar esse quadro por meio de diagnóstico precoce e prevenção, evitando-se complicações sérias, foi implantado, em 2001, o Plano de Reorganização da Atenção à Hipertensão Arterial e ao Diabetes Mellitus, articulando União, estados, municípios, sociedades científicas, CONASS

e CONASEMS⁹. O reflexo desse Plano, em nível municipal, foi a criação de Programas de HAS e DM (Programa Hiperdia) para o desenvolvimento das ações estratégicas apontadas pelo Ministério da Saúde. Deve-se destacar que alguns municípios já possuíam esse Programa antes da implantação desse Plano, como é o caso do Rio de Janeiro; outros, foram estimulados a criá-lo por conta do Plano e das demais ações relacionadas às doenças crônicas não transmissíveis incentivadas pelo Ministério da Saúde, como foi o caso de Itaboraí. No município de Itaboraí, o Programa Hiperdia e o seu sistema de informação (SISHIPERDIA) foram implantados no ano de 2002. Em Itaboraí, o SISHIPERDIA ficou diretamente ligado à equipe responsável pela implantação do Programa Hiperdia e, atualmente, está vinculado ao Departamento de Programas de Saúde da secretaria municipal de saúde.

Deve-se apontar que o estudo desses agravos, em Itaboraí, adquire relevância, por se tratar de um município que já concluiu sua primeira transição epidemiológica¹⁰, apresenta um aumento considerável na expectativa de vida¹¹ e está sob mudanças contextuais que influenciam bastante esses agravos, tais como modificações nos hábitos alimentares, aumento do estresse e migrações, decorrentes das novas dinâmicas trazidas pela chegada de um Complexo Petroquímico à região.

Nesse contexto, este artigo objetiva descrever possibilidades de uso do sistema de informação sobre a hipertensão arterial e diabetes mellitus (SISHIPERDIA) pela gestão local como fonte de consulta para a caracterização de diferenciais intramunicipais no município de Itaboraí que colaboram para a organização de ações nas localidades de atuação da ESF. Nessa lógica, busca-se evidenciar a importância de análises territoriais para organização de respostas efetivas no SUS, mostrando a validade de se trabalhar com sistemas de informação em saúde que fortaleçam os municípios como gestores da informação.

Método

Foi realizado um estudo de caso, descritivo-exploratório, desenvolvido a partir da abordagem quantitativa. Analisaram-se os dados de todos os indivíduos cadastrados no SISHIPERDIA (população cadastrada) do município de Itaboraí e em oito localidades da ESF no período de 2002 a 2012. A análise epidemiológica descritiva, tanto para o nível do município quanto para as localidades da ESF, foi realizada com auxílio do Programa Excel 2007. Além disso, foram removidos os registros duplicados.

Nesse estudo, entende-se como localidade o território de abrangência de cada estratégia de saúde da família, já que a ela se atribui o papel de ser a reordenadora da rede de serviços de saúde⁶. Para a escolha dos diferentes territórios intramunicipais que representaram as localidades da saúde da família nesse estudo, optou-se pela divisão distrital bem delimitada no município e com características históricas e culturais diferenciadas. Para cada um dos oito distritos do município foi selecionado um território da ESF. Quatro distritos apresentam somente uma ESF, os outros quatro possuem mais de uma, adotando-se, para estes, os seguintes critérios: unidade com equipe completa; unidade onde os profissionais tinham mais tempo de atuação; unidade minimamente estruturada; facilidade de acesso das pesquisadoras e exclusão das áreas com alto risco de violência.

A análise de dados na Atenção Básica é importante para incentivar o processo de uso de informações desagregadas para a realidade municipal com vistas a se contribuir para a organização da saúde no nível local. Apesar das limitações relacionadas aos estudos com dados secundários da Atenção Básica, principalmente por conta do risco do subregistro e da baixa qualidade dos dados, pontuar as possibilidades de utilização das informações disponíveis é de fundamental importância, pois possibilita a disseminação de formas reais e factíveis de sua utilização. Em relação à limitação de estudos com dados da Atenção Básica, alguns autores reforçam a necessidade de utilizar os sistemas de informação em saúde da Atenção Básica, com vistas a valorizar as informações disponíveis e o seu uso como instrumentos de monitoramento e avaliação¹².

Nessa lógica, o presente estudo utilizou os dados relacionados à ficha de cadastramento dos usuários no SISHIPERDIA, pois, no município de Itaboraí, as fichas de acompanhamento não eram digitadas constantemente, em geral, permaneciam arquivadas nas unidades básicas de saúde. Outro estudo que descreveu as características de pacientes diabéticos da rede pública de saúde, tendo como principal fonte de dados também o SISHIPERDIA, analisou os dados existentes nas fichas de cadastramento, devido à falta de informação das fichas de acompanhamento¹³.

Neste artigo, os resultados da análise dos dados são apresentados para cada localidade e para o nível municipal em relação à: prevalência aproximada de HAS e DM; ao perfil demográfico da população cadastrada (sexo, idade e raça/cor); aos fatores de risco presentes (antecedentes familiares, sobrepeso, sedentarismo e tabagismo) nos cadastrados e às complicações mencionadas no momento do cadastramento (Infarto Agudo do Miocárdio (IAM); outras doenças coronarianas; acidente vascular cerebral (AVC); pé diabético; amputação por pé diabético; e doença renal).

Destaca-se também que para cada uma das variáveis selecionadas na análise, foi avaliada a completude dos campos no SISHIPERDIA, utilizando o conceito de completude adaptado pela Comissão Econômica para a América Latina e Caribe que analisa a tendência do não preenchimento das variáveis estudadas¹⁴. O escore utilizado possui os seguintes graus de avaliação: excelente, quando a variável apresenta menos de 5% de preenchimento incompleto; bom (5% a 10%); regular (10% a 20%); ruim (20% a 50%); muito ruim (50% ou mais).

Este estudo compõe parte dos resultados da dissertação de mestrado intitulada “O uso da informação em saúde para a vigilância na Estratégia de Saúde da Família – o caso do Programa de Hipertensão Arterial e Diabetes Mellitus do município de Itaboraí” defendida na Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca (ENSP) em 2015 e aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa da ENSP, sob o número: 30999814.9.0000.5240.

Resultados e Discussão

Para o período em estudo, em todas as variáveis analisadas, foi encontrado um escore de incompletude dos dados menor que 5%, o que caracteriza o preenchimento dessas variáveis no SISHIPERDIA como excelentes. Nesse sentido, trata-se de variáveis bem preenchidas e que permitem avaliar a realidade local.

Inicialmente, é importante reforçar que os resultados que seguem referem-se à população de hipertensos e diabéticos cadastrados no período em estudo (2002 a 2012). Na Tabela 1, observa-se a prevalência aproximada de cada um dos agravos em estudo. A partir dos resultados notaram-se diferenças entre as localidades. Primeiro, deve-se destacar o maior peso da HAS em relação ao DM entre os usuários cadastrados no SISHIPERDIA tanto no município e nas localidades. Esse indicador está em consonância com o padrão nacional de existência de mais hipertensos que diabéticos¹⁵ e indica a necessidade de se delimitar estratégias específicas para o controle e vigilância deste agravo. Além disso, a HAS, em nível municipal, chegou a 6,1%, sendo maior na localidade de Porto das Caixas (9,8%) e, menor, em Visconde (2,4%). Em relação ao DM, a prevalência municipal foi de 2,0%, sendo 3,0% em Pachecos e 0,8% em Visconde.

Esses resultados devem ser comparados com de outros estudos, tais como o que mensurou a prevalência de diabetes e fatores de risco em Campos dos Goytacazes no Rio de Janeiro e encontrou uma prevalência ajustada pela idade de 6,0%¹⁶. Outro estudo mostrou que a prevalência de hipertensão em cidades da região sul e sudeste é de 20% em adultos, sem distinção de sexo, mas também com evidente tendência de aumento com a idade¹⁷. No Brasil, de acordo com os últimos estudos, a população adulta atingida pela diabetes é de 6,2%, e pela hipertensão é de 21,4%¹⁵.

Os resultados destes estudos destoam dos que foram encontrados no presente artigo. Entretanto, o uso dos dados disponíveis no SISHIPERDIA deve incentivar o processo de investigação, pelos

profissionais de saúde, para entender melhor esses contextos, diminuindo o subregistro e conhecendo o real perfil de cada território, já que há uma diferença entre o que se espera de diabéticos e hipertensos em cada território e os que estão cadastrados, ou seja, entre a prevalência esperada e a prevalência aproximada. Nesse sentido, faz-se necessário que os profissionais de saúde organizem estratégias de reconhecimento de novos casos. Uma possibilidade de ação é o rastreamento em famílias nas quais já há indivíduos cadastrados portadores de HAS e DM, uma vez que esse adoecimento possui como um dos seus fatores de risco os antecedentes familiares e os hábitos de vida que tendem a se manter semelhantes entre membros de um mesmo núcleo familiar⁹.

Tabela 1. Prevalência aproximada de HAS e DM a partir do SISHIPERDIA – Itaboraí e Localidades – 2002 a 2012

Município e Localidades	ITABORAÍ	Agrobrasil	Ampliação II	Gebara	Pachecos	Porto das Caixas	Santo Antônio	São José	Visconde
População Cadastrada na ESF	188.496	3.199	3.374	3.607	3.848	3.682	10.091	2.063	8.905
Hipertensão									
Total de Cadastrados	11.535	223	201	229	266	360	299	133	210
Prevalência aproximada	6,1%	7,0%	6,0%	6,3%	6,9%	9,8%	3,0%	6,4%	2,4%
Diabetes									
Total de Cadastrados	3.727	70	73	75	116	85	145	49	74
Prevalência aproximada	2,0%	2,2%	2,2%	2,1%	3,0%	2,3%	1,4%	2,4%	0,8%

Fonte: SISHIPERDIA e SIAB – Secretaria Municipal de Saúde de Itaboraí

No que se refere ao perfil demográfico da população cadastrada, em relação à idade, no nível municipal, a faixa-etária mais expressiva foi dos 50 a 70 anos. Em quase todos os níveis locais se observou esse perfil, com exceção de Agrobrasil, Porto das Caixas e Visconde que possuem um aumento proporcional a partir dos 40 anos de idade. Já em São José, a maior proporção de cadastrados esteve na faixa-etária dos 70 anos ou mais (Tabela 2). Esse resultado indica um perfil mais envelhecido da população cadastrada e está em consonância com a Pesquisa Nacional de Saúde que indica que a proporção de hipertensos e diabéticos tende a aumentar com o passar da idade¹⁵.

Tratando-se da idade mínima, enquanto importante indicador para se delimitar ações de vigilância de alto risco¹⁸, há localidades que registraram indivíduos com menos de 20 anos (crianças e adolescentes). Esse resultado indica a necessidade de investigação nessas localidades para confirmar esses registros e pensar em ações de saúde específicas a esse público que se diferenciam de um público mais envelhecido.

Em relação ao sexo, tanto em nível municipal quanto local, observou-se a presença expressiva do sexo feminino, variando de 61% a 68%, conseqüentemente, a proporção de indivíduos do sexo masculino variou de 32% a 39% conforme nota-se na Tabela 3. Esses achados também seguem o padrão nacional que apontam que as mulheres são mais acometidas por essas doenças¹⁵.

Tratando-se da raça/cor, conforme mostra a Tabela 4, em nível municipal, a predominância foi a parda (38,6%), seguida da branca (38,0%) e a preta (21,6%); se somarmos a parda com a preta, essa proporção chega a 60%. A maior proporção da raça/cor parda foi observada nas localidades de Gebara, Pachecos, Porto das Caixas, Santo Antônio, São José e Visconde. Já em Agrobrasil, o padrão foi diferenciado, com a maior proporção sendo da raça/cor branca (49,4%). Por fim, Santo Antônio foi a

única localidade que registrou uma presença importante de indivíduos da raça/cor amarela, um grupo de 21 indivíduos (6,7% da população cadastrada).

Tabela 2. Distribuição Proporcional dos cadastrados no SISHIPERDIA pela idade – Itaboraí e Localidades – 2002 a 2012

Faixa Etária	ITABORAÍ	Agrobrasil	Ampliação II	Gebara	Pachecos	Porto das Caixas	Santo Antônio	São José	Visconde
0 a 20	0,6	0,0	0,9	0,0	1,1	1,4	1,0	0,7	0,0
20 a 30	1,6	2,6	1,9	2,6	1,8	2,2	2,5	2,2	4,2
30 a 40	5,8	7,4	6,6	7,8	3,7	7,6	6,4	4,4	8,9
40 a 50	16,5	19,0	12,3	15,6	16,6	21,0	12,7	10,9	19,2
50 a 60	29,4	22,5	23,2	28,6	22,1	26,7	29,6	22,6	25,7
60 a 70	27,0	23,8	34,1	22,5	32,5	25,3	31,5	28,5	25,2
70 ou mais	19,0	24,7	20,9	22,9	22,1	15,8	16,2	30,7	16,8
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Fonte: SISHIPERDIA – Secretaria Municipal de Saúde de Itaboraí

Tabela 3. Distribuição Proporcional dos cadastrados no SISHIPERDIA por sexo – Itaboraí e Localidades – 2002 a 2012

Município e Localidades	Masculino	Feminino	Total
ITABORAÍ	32,8	67,2	100,0
Agrobrasil	32,0	68,0	100,0
Ampliação II	34,6	65,4	100,0
Gebara	36,4	63,6	100,0
Pachecos	32,8	67,2	100,0
Porto das Caixas	31,6	68,4	100,0
Santo Antônio	37,6	62,4	100,0
São José	38,7	61,3	100,0
Visconde	31,8	68,2	100,0

Fonte: SISHIPERDIA – Secretaria Municipal de Saúde de Itaboraí

Tabela 4. Distribuição Proporcional dos cadastrados no SISHIPERDIA por raça/cor – Itaboraí e Localidades – 2002 a 2012

Município e Localidades	Branca	Preta	Parda	Amarela	Indígena	Total
ITABORAÍ	38,0	21,6	38,6	1,7	0,2	100,0
Agrobrasil	49,4	18,6	29,4	2,6	0,0	100,0
Ampliação II	13,3	10,0	75,8	0,9	0,0	100,0
Gebara	29,0	17,7	51,9	1,3	0,0	100,0
Pachecos	26,2	18,8	52,0	2,6	0,4	100,0
Porto das Caixas	28,1	26,4	44,4	0,8	0,3	100,0
Santo Antônio	23,2	31,8	38,2	6,7	0,0	100,0
São José	33,6	8,0	57,7	0,7	0,0	100,0
Visconde	32,2	16,8	50,0	0,9	0,0	100,0

Fonte: SISHIPERDIA – Secretaria Municipal de Saúde de Itaboraí

Em relação aos fatores de risco, é necessário reforçar que o conhecimento dessas informações viabiliza a possibilidade de se pensar em estratégias de prevenção e controle mais adequadas a cada contexto. Em nível municipal, 84,7% da população apresenta algum fator de risco. Em todas as localidades observou-se o mesmo padrão: a alta proporção da população cadastrada com algum fator de risco. A maior proporção está em Pachecos com 95,9% e, a menor, em São José, com 73,7%, conforme se observa na Tabela 5.

No nível municipal, os antecedentes familiares e o sedentarismo foram os fatores de risco mais expressivos na população cadastrada. De modo geral, também foram esses dois fatores de risco os mais presentes nas localidades (antecedentes familiares e sedentarismo) acrescido do sobrepeso. Avaliando cada um dos fatores de risco, tem-se que em relação aos antecedentes familiares a proporção apresentada pelo município foi de 50,2%, a localidade com maior proporção foi a de Agrobrasil (65,8%) e a menor, São José (31,4%). O tabagismo em nível municipal foi 14,2%, sendo em Pachecos 25,8% e, em Ampliação II, 6,2%. Para o sedentarismo, no município, a proporção foi de 55,8%, em Pachecos, foi de 74,5% e, em Visconde, 38,8%. Por fim, o sobrepeso, no município, apresentou um percentual de 46,7%, chegando a 62,7% em Santo Antônio e 39% em Agrobrasil. (Tabela 5)

Deve-se destacar que os antecedentes familiares representam um aspecto difícil de controlar, uma vez que estão relacionados com aspectos genéticos. Já em relação ao sedentarismo e sobrepeso, é possível pensar em mecanismos de ação, tais como, a alimentação, a construção de espaços que mobilizem a realização de atividade física e a elaboração de políticas públicas com vistas a ampliar as discussões sobre os determinantes sociais em saúde¹⁹. Dados de 2012 apontam que “a má alimentação é um dos fatores que mais têm colaborado para o aumento do número de casos de diabetes na população brasileira, a população brasileira acima do peso aumentou de 43% para 49% em cinco anos”²⁰.

Deve-se destacar que informações sobre complicações são estratégias para se ampliar a discussão sobre o sofrimento que esses agravos trazem, uma vez que são aspectos que trazem ônus financeiro, social e profissional, não só para o indivíduo, mas também para a sua família. É necessário refletir sobre o que tem sido feito, ou não, pelo setor saúde, em especial a ESF, para atuar nessa dimensão. No nível municipal, a proporção da população que tinha alguma complicação no momento do cadastro foi de 19,1%, sendo que Pachecos foi a localidade que apresentou maior proporção de indivíduos cadastrados com alguma complicação (49,2% - 136 registros), já a localidade que apresentou a menor proporção foi Santo Antônio (14,3% - 45 registros). As complicações mais presentes em nível municipal foram: doenças coronarianas, AVC e infarto.

Analisando por cada complicação, teve destaque o IAM em Ampliação II (18%) e Santo Antônio (5,7%). As outras doenças coronarianas mostraram-se expressivas em Visconde (11%), Porto das Caixas (10%), Gebara (9%) e Santo Antônio (5,7%). Já o AVC teve destaque em Pachecos (37%), São José (13%) e Agro Brasil (7,3%). Sobre a existência de pé diabético no decorrer do período em estudo, o SISHIPERDIA registrou 203 casos (1,7%) no nível municipal, a maior proporção foi em Pachecos com 23 registros (8,5%), e a menor, em Agro Brasil, com 0,9% (2 registros). No que se refere à amputação por diabetes, no município houve 125 registros (1,7%), a maior proporção novamente foi em Pachecos (8,5% - 22 registros) e, a menor, em Ampliação II que não registrou nenhuma amputação por diabetes. Por fim, a doença renal, no município, apresentou 423 registros (3,5% da população cadastrada), sendo que em Pachecos foi de 24 registros (8,9%) e, em Ampliação II, 2 registros (0,9%). (Tabela 6)

Faz-se um destaque especial para a amputação por diabetes por ser considerada um indicador da qualidade dos cuidados preventivos prestados aos indivíduos portadores de diabetes²¹. Autores apontam que os cuidados com o pé-diabético tem sido uma responsabilidade da equipe de atenção primária à saúde, como uma estratégia para se evitar a amputação, sendo a avaliação dos pés compreendida como uma medida preventiva fundamental²².

Por fim, o último resultado a ser destacado é que observando as Tabelas 5 e 6, nota-se que a maior parte das pessoas cadastradas não possui nenhuma complicação registrada em decorrência específica desses agravos. Entretanto, quando se observa a presença de fatores de risco, como visto, a maior parte da população cadastrada está cercada por algum fator de risco. Essa característica é um indicador disponibilizado pelo SISHIPERDIA e que colabora para que os profissionais de saúde responsáveis possam pensar em estratégias de prevenção para que os indivíduos já adoecidos não sejam acometidos por nenhuma sequela grave e, como visto, em cada contexto esta estratégia deverá ser diferenciada.

A partir desses resultados, evidenciou-se o uso possível do SISHIPERDIA, enquanto uma tecnologia de informação e comunicação importante, para a organização dos serviços de saúde e a identificação de perfis epidemiológicos diferenciados, conforme também foi verificado em estudo realizado em moradores de Cuiabá no Mato Grosso¹³. Os SIS, a cada ano, vem sendo aperfeiçoados com os avanços da informática em saúde, contudo, além dos avanços técnicos e operacionais, é importante o uso concreto das informações disponibilizadas pelos mesmos¹, conforme o esforço feito neste artigo, a fim de se mostrar a sua aplicação e o seu uso adequado na área da saúde.

Tabela 5. Distribuição proporcional dos cadastrados no SISHIPERDIA por fatores de risco – Itaboraí e Localidades – 2002 a 2012

Fatores de Risco	ITABORAÍ		Agrobrasil		Ampliação II		Gebara		Pachecos		Porto das Caixas		S. Antônio		S. José		Visconde	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Presença de fator de risco																		
Sim	10.182	84,7	200	86,6	187	88,6	199	86,1	260	95,9	332	90,5	277	88,2	101	73,7	169	79,0
Não	1.838	15,3	31	13,4	24	11,4	32	13,9	11	4,1	35	9,5	37	11,8	36	26,3	45	21,0
Antecedentes Cardiovasculares																		
Sim	6.030	50,2	152	65,8	76	36,0	106	45,9	155	57,2	215	58,6	153	48,7	43	31,4	110	51,4
Não	5.990	49,8	79	34,2	135	64,0	125	54,1	116	42,8	152	41,4	161	51,3	94	68,6	104	48,6
Tabagismo																		
Sim	1.710	14,2	31	13,4	13	6,2	45	19,5	70	25,8	53	14,4	48	15,3	31	22,6	34	15,9
Não	10.310	85,8	200	86,6	198	93,8	186	80,5	201	74,2	314	85,6	266	84,7	106	77,4	180	84,1
Sedentarismo																		
Sim	6.708	55,8	140	60,6	149	70,6	125	54,1	202	74,5	193	52,6	197	62,7	73	53,3	83	38,8
Não	5.312	44,2	91	39,4	62	29,4	106	45,9	69	25,5	174	47,4	117	37,3	64	46,7	131	61,2
Sobrepeso																		
Sim	5.613	46,7	90	39,0	132	62,6	121	52,4	144	53,1	199	54,2	197	62,7	57	41,6	100	46,7
Não	6.407	53,3	141	61,0	79	37,4	110	47,6	127	46,9	168	45,8	117	37,3	80	58,4	114	53,3

Fonte: SISHIPERDIA – Secretaria Municipal de Saúde de Itaboraí

Tabela 6. Distribuição proporcional dos cadastrados no SISHIPERDIA por complicações – Itaboraí e Localidades – 2002 a 2012

Complicações	ITABORAÍ		Agrobrasil		Ampliação II		Gebara		Pachecos		Porto das Caixas		S. Antônio		S. José		Visconde	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Presença de complicação																		
Sim	2.301	19,1	44	19,0	52	24,6	56	24,2	135	49,8	71	19,3	45	14,3	40	29,2	63	29,4
Não	9.719	80,9	187	81,0	159	75,4	175	75,8	136	50,2	296	80,7	269	85,7	97	70,8	151	70,6
Infarto																		
Sim	817	6,8	12	5,2	38	18,0	10	4,3	94	34,7	16	4,4	18	5,7	15	10,9	22	10,3
Não	11.203	93,2	219	94,8	173	82,0	221	95,7	177	65,3	351	95,6	296	94,3	122	89,1	192	89,7
Outras Doenças Coronarianas																		
Sim	882	7,3	13	5,6	18	8,5	21	9,1	75	27,7	37	10,1	18	5,7	15	10,9	24	11,2
Não	11.138	92,7	218	94,4	193	91,5	210	90,9	196	72,3	330	89,9	296	94,3	122	89,1	190	88,8
AVC																		
Sim	875	7,3	17	7,4	33	15,6	17	7,4	101	37,3	17	4,6	16	5,1	18	13,1	19	8,9
Não	11.145	92,7	214	92,6	178	84,4	214	92,6	170	62,7	350	95,4	298	94,9	119	86,9	195	91,1
Pé diabético																		
Sim	203	1,7	2	0,9	3	1,4	5	2,2	23	8,5	9	2,5	3	1,0	2	1,5	10	4,7
Não	11.817	98,3	229	99,1	208	98,6	226	97,8	248	91,5	358	97,5	311	99,0	135	98,5	204	95,3
Amputação por diabetes																		
Sim	125	1,0	4	1,7	0	0,0	4	1,7	22	8,1	3	0,8	2	0,6	2	1,5	5	2,3
Não	11.895	99,0	227	98,3	211	100,0	227	98,3	249	91,9	364	99,2	312	99,4	135	98,5	209	97,7
Doença Renal																		
Sim	423	3,5	8	3,5	2	0,9	18	7,8	24	8,9	13	3,5	10	3,2	8	5,8	15	7,0
Não	11.597	96,5	223	96,5	209	99,1	213	92,2	247	91,1	354	96,5	304	96,8	129	94,2	199	93,0

Fonte: SISHIPERDIA – Secretaria Municipal de Saúde de Itaboraí

Conclusão

Apesar da criação do Programa HIPERDIA e seu respectivo sistema de informação ter ocorrido, no município de Itaboraí em 2002 é a partir de 2006 a 2011 que foi possível notar o maior volume de cadastramentos dos usuários no respectivo sistema. Esse achado evidencia o tempo necessário que uma estratégia nacional leva para poder atingir e se desenvolver em nível municipal. A criação dos programas de controle de doenças e SIS em nível nacional não significa um desenvolvimento imediato dentro dos municípios. Existe um tempo de maturação, organização e formação necessários para a implantação e consolidação dos SIS.

Deve-se apontar que foi possível observar diferenciais intramunicipais, visualizados a partir das análises dos dados do SISHIPERDIA, tendo como modelo analítico o território das ESF. Nesse sentido, percebeu-se que a informação não é homogênea para todos os tipos de realidade, o que reforça a hipótese das análises intramunicipais serem necessárias e o papel importante dos SIS nesse processo. No caso específico, foi possível compreender a diferença de perfis de adoecimento por HAS e DM em cada localidade, importantes de serem considerados ao se pensar nas intervenções em saúde mais apropriadas a cada contexto. A partir das análises apresentadas, enfatiza-se que as informações podem gerar alertas para delimitar eventos sentinelas e inusitados que precisam ser melhor entendidos²³.

Um sistema de informação em saúde deve “estar desagregado para que a realidade heterogênea e desigual, das condições de vida e saúde, no interior do município, em seus distritos, bairros, estratos sociais e diferentes riscos epidemiológicos, seja visualizada pelos atores envolvidos com a construção

do SUS”²⁴. Nessa lógica, o SISHIPERDIA mostrou-se importante instrumento potencializador de reorganização do processo de trabalho e que aponta o município como gestor da informação e não somente o “coletor” e “repassador” de dados. Os dados analisados pelos sistemas de informação em saúde precisam, enquanto conhecimento inacabado, retornarem para os locais de sua “origem” para serem integrados aos juízos de valor, crenças e observações locais para serem melhor explicados e utilizados.

Agradecimentos

Ao professor Paulo Chagastelles Sabroza pelas orientações no decorrer do estudo. Não houve apoio financeiro para a realização desse trabalho.

Referências

- [1] Almeida Marcia Furquim de. O uso de informações em saúde na gestão dos serviços. Saude soc. [Internet]. 1995 [cited 2016 June 13] ; 4(1-2): 39-42. Available from: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-12901995000100008&lng=en. <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-12901995000100008>.
- [2] Zillmer Juliana Graciela Vestena, Schwartz Eda, Muniz Rosani Manfrin, Lima Lílian Moura de. Avaliação da completude das informações do hiperdia em uma Unidade Básica do Sul do Brasil. Rev. Gaúcha Enferm. (Online) [Internet]. 2010 June [cited 2016 June 13] ; 31(2): 240-246. Available from: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1983-14472010000200006&lng=en. <http://dx.doi.org/10.1590/S1983-14472010000200006>.
- [3] Heimar de Fátima Marin. Sistemas de informações em saúde: considerações gerais. J. Health Inform. [Internet]. 2010. [cited 2016 June 13]; Jan-Mar; 2(1): 20-4. Disponível em: <http://www.jhi-sbis.saude.ws/ojs-jhi/index.php/jhi-sbis/article/viewFile/4/52>.
- [4] Benito Gladys Amélia Véles, Licheski Ana Paula. Sistemas de Informação apoiando a gestão do trabalho em saúde. Rev. bras. enferm. [Internet]. 2009 June [cited 2016 June 13] ; 62(3): 447-450. Available from: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-71672009000300018&lng=en. <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-71672009000300018>.
- [5] Brasil. Ministério da Saúde. Sistemas de Informação em Saúde e a Vigilância epidemiológica. 2005. IN: Brasil Ministério da Saúde. Guia de Vigilância Epidemiológica. 2005. Brasília: FUNASA.
- [6] Brasil. Decreto 7.508 de 28 de Junho de 2011. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2011/decreto/D7508.htm Acesso em: 09/03/2014.
- [7] Carreno Ioná, Moreschi Claudete, Marina Bruna, Hendges Deise Juliana Beckel, Rempel Claudete, Oliveira Monica Maria Celestina de. Análise da utilização das informações do Sistema de Informação de Atenção Básica (SIAB): uma revisão integrativa. Ciênc. saúde coletiva [Internet]. 2015 Mar [cited 2016 June 13] ; 20(3): 947-956. Available from: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-81232015000300947&lng=en. <http://dx.doi.org/10.1590/1413-81232015203.17002013>.
- [8] Silva Anderson Soares da, Laprega Milton Roberto. Avaliação crítica do Sistema de Informação da Atenção Básica (SIAB) e de sua implantação na região de Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil. Cad. Saúde Pública [Internet]. 2005 Dec [cited 2016 June 13] ; 21(6): 1821-1828. Available from: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-311X2005000600031&lng=en. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-311X2005000600031>.

- [9] Leandro, B.B.S. O uso da informação em saúde para a vigilância na Estratégia de Saúde da Família - o caso do Programa de Hipertensão Arterial e Diabetes Mellitus do município de Itaboraí. [dissertação]. Rio de Janeiro: Fundação Oswaldo Cruz – Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca; 2015.
- [10] Fiocruz. Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca. Relatório de Monitoramento Epidemiológico do processo de implantação do Complexo Petroquímico do estado do Rio de Janeiro (COMPERJ). [relatório]. Rio de Janeiro: Fundação Oswaldo Cruz – Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca. 2010.
- [11] Brasil. Atlas do desenvolvimento humano. Município de Itaboraí. [Internet] [Citado em: 01 de Agosto de 2015.] <http://www.atlasbrasil.org.br/2013/>.
- [12] Rabetti Aparecida de Cássia, Freitas Sérgio Fernando Torres de. Avaliação das ações em hipertensão arterial sistêmica na atenção básica. Rev. Saúde Pública [Internet]. 2011 Apr [cited 2016 June 13] ; 45(2): 258-268. Available from: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-89102011000200004&lng=en. Epub Feb 18, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-89102011005000007>.
- [13] Ferreira Celma Lúcia Rocha Alves, Ferreira Márcia Gonçalves. Características epidemiológicas de pacientes diabéticos da rede pública de saúde: análise a partir do sistema HiperDia. Arq Bras Endocrinol Metab [Internet]. 2009 Feb [cited 2016 June 13] ; 53(1): 80-86. Available from: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-27302009000100012&lng=en. <http://dx.doi.org/10.1590/S0004-27302009000100012>.
- [14] Romero Dalia E., Cunha Cynthia Braga da. Avaliação da qualidade das variáveis sócio-econômicas e demográficas dos óbitos de crianças menores de um ano registrados no Sistema de Informações sobre Mortalidade do Brasil (1996/2001). Cad. Saúde Pública [Internet]. 2006 Mar [cited 2016 June 13] ; 22(3): 673-681. Available from: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-311X2006000300022&lng=en. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-311X2006000300022>.
- [15] Brasil. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Pesquisa Nacional de Saúde. 2014. Brasília. Disponível em: <http://www.pns.icict.fiocruz.br/>.
- [16] Souza Luiz José de, Chalita Félix Elias Barros, Reis Aldo Franklin F., Teixeira Cláudio Luiz, Gicovate Neto Carlos, Bastos Diogo Assed et al . Prevalência de diabetes mellitus e fatores de risco em Campos dos Goytacazes, RJ. Arq Bras Endocrinol Metab [Internet]. 2003 Feb [cited 2016 June 13] ; 47(1): 69-74. Available from: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-27302003000100011&lng=en. <http://dx.doi.org/10.1590/S0004-27302003000100011>.
- [17] Passos Valéria Maria de Azeredo, Assis Tiago Duarte, Barreto Sandhi Maria. Hipertensão arterial no Brasil: estimativa de prevalência a partir de estudos de base populacional Hypertension in Brazil: estimates from population-based prevalence studies. Epidemiol. Serv. Saúde [Internet]. 2006 Mar [cited 2016 Jun 13] ; 15(1): 35-45. Disponível em: http://scielo.iec.pa.gov.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1679-49742006000100003&lng=pt. <http://dx.doi.org/10.5123/S1679-49742006000100003>.
- [18] Rose, Geoffrey. Individuos enfermos y poblaciones enfermas. 1985. Organizacion panamericana de la Salud, Boletín Epidemiológico, Vol. 6. Disponível em: http://www.umaza.edu.ar/archivos/file/rose_individuos_enfermos_poblaciones_enfermas.pdf Acesso em: 10/08/2015.
- [19] Buss Paulo Marchiori, Pellegrini Filho Alberto. A saúde e seus determinantes sociais. Physis [Internet]. 2007 Apr [cited 2016 June 13] ; 17(1): 77-93. Available from: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-73312007000100006&lng=en. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-73312007000100006>.
- [20] Fiocruz, Fundação Oswaldo Cruz. Diabetes atinge mais mulheres do que homens no Brasil. 2012. [Online] 4 de Julho de 2012. [Citado em: 1 de Agosto de 2015.] Disponível em: <http://www.agencia.fiocruz.br/diabetes-atinge-mais-mulheres-do-que-homens-no-brasil>

- [21] Santos Isabel Cristina Ramos Vieira, Carvalho Eduardo Freese de, Souza Wayner Vieira de, Albuquerque Emídio Cavalcanti de. Factors associated with diabetic foot amputations. *J. vasc. bras.* [Internet]. 2015 Mar [cited 2016 June 13]; 14(1): 37-45. Available from: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1677-54492015000100037&lng=en. <http://dx.doi.org/10.1590/1677-5449.20140049>.
- [22] Ochoa-Vigo Kattia, Pace Ana Emilia. Pé diabético: estratégias para prevenção. *Acta paul. enferm.* [Internet]. 2005 Mar [cited 2016 June 13]; 18(1): 100-109. Available from: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-21002005000100014&lng=en. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-21002005000100014>.
- [23] Teixeira Maria da Glória, Barreto Maurício Lima, Costa Maria da Conceição Nascimento, Strina Agostino, Martins Júnior David, Prado Matildes. Áreas sentinelas: uma estratégia de monitoramento em Saúde Pública. *Epidemiol. Serv. Saúde* [Internet]. 2003 Mar [citado 2016 Jun 13]; 12(1): 21-28. Disponível em: http://scielo.iec.pa.gov.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1679-49742003000100003&lng=pt. <http://dx.doi.org/10.5123/S1679-49742003000100003>.
- [24] Figueiredo, L.A. Análise da utilização do Sistema de Informação em Atenção Básica (SIAB) pelos coordenadores da Atenção Primária à Saúde na tomada de decisão. [Dissertação]. Ribeirão Pedro: Universidade de São Paulo - Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto. Departamento Enfermagem Materno-Infantil e Saúde Pública. 2009.

Contato

Bianca Borges da Silva Leandro
Sanitarista, atuando como Tecnologista em
Saúde Pública na Fundação Oswaldo Cruz,
e-mail: biancaborges@fiocruz.br
Telefone: (21) 3865-9765

Patrícia Tavares Ribeiro
Psicóloga e Sanitarista, atuando como
Pesquisadora em Saúde Pública na Fundação
Oswaldo Cruz
e-mail: patriciatr@ensp.fiocruz.br
Telefone: (21) 2598-2896

A CENTRALIZED PLATFORM ON HUMAN GENOME FOR SUPPORTING CLINICAL DECISIONS

M.Sc Andréza Leite de Alencar¹, Dr. Vanilson Burégio¹, M.Sc Jamisson Freitas², M.Sc Marcel Caraciolo², Dr. Vinícius Cardoso Garcia³

¹ Department of Statistics and Informatics of Federal Rural University of Pernambuco– UFRPE, Recife, Brazil.

² Genomika Diagnostics, Recife, Brazil.

³ Informatics Center of Federal University of Pernambuco – UFPE, Recife, Brazil

Resumo: A Integração de dados é um desafio na área de genética clínica onde analistas precisam manipular múltiplas fontes de dados heterogêneas sobre domínios biológicos e clínicos. Esta pesquisa tem como objetivo prover acesso unificado a essas diversas fontes de dados para dar suporte a variadas decisões clínicas. Neste contexto, um trabalho vem sendo realizado para o projeto e implementação de uma plataforma que permita a integração e o acesso unificado a fontes de dados heterogêneas. Neste artigo detalhamos a arquitetura definida para a plataforma e um cenário de uso *online*, para processamento e anotação de variantes clínicas, que utiliza os principais repositórios de dados públicos de genoma, tais como OMIM, Clinvar, LOVD, ExAC6500, entre outros. Como resultado, esta plataforma provê um serviço de acesso unificado a dados, auxiliando no processo de análise e extração de conhecimento biomédico e suportando o diagnóstico de tumores, cânceres e doenças raras.

Palavras-chave: Heterogeneidade de Dados; Big Data; Genômica.

Abstract: *Data integration is a challenge in the field of clinical genetics, where analysts need to handle multiple heterogeneous data sources on biological and clinical domains. This research aims at providing unified access to these diverse data sources to support various clinical decisions. In this context, a work has been developed for the design and implementation of a platform that allows unified access and integration of heterogeneous data sources. In this paper, we detail the proposed platform architecture and an online usage scenario for processing and annotation of clinical variants, which uses main public genome data repositories such as OMIM, Clinvar, Lovd, ExAC6500, and others. As result, the platform provides a unified data access service to support the process of analysis as well as extraction of biomedical knowledge, helping with the diagnosis of tumors, cancers and rare diseases.*

Keywords: *Data Heterogeneity, Big Data, Genomics*

Introduction

In the last decades the enhancement in computing power has produced impressive data flow expansion which has caused a paradigm shift in the processing of large-scale data. As a result, we have had a boost in volume, velocity and variety of types and sources of data, commonly referred to as Big Data¹. Scientific research in many fields of knowledge, such as particle acceleration and genome sequencing, produce such massive amounts of data. The access to these various types and sources of data are not frequently standardized, though. That reality leads data scientists to different challenges.

Having an efficient data integration is one of the main challenges faced by professionals of clinical genetics who deals with multiple heterogeneous and distributed catalogs of human genes and genetic

disorders. Generally, features of the existing sources of data, used by such professionals, do not establish standards and consequently a diversity of formats and types are available. In applications of variant analysis for molecular diagnostics, for example, a key task consists of matching biological information with clinical data in a way that specialists can determine the potential impact of variants associated to diseases^{2,3}. In practice, this matching process requires the use of updated sources of clinical data which typically makes biologists and geneticists spend many labour hours on activities like searching for, parsing, cleaning and integrating data from several databases in complex spreadsheets.

This work presents a platform which offers integrated access to data from a variety of public and private foundations, including OMIM, ClinVar, RefGene, LOVD and ExAC65000. The platform provides a unified set of services, built on top of a consolidated basis of human genome data, that enables data analysis (to perform annotations of variants) as well as biomedical knowledge extraction. The implementation of such platform provide interfaces designed to abstract the complexity of manipulating heterogeneous data sources, in order to simplify the diagnosis of tumors, cancers and rare diseases.

Background

The concept of Big Data is strongly related to the data deluge⁴ phenomenon. The data deluge refers to the situation in which the exponential growth in the generation of new data makes its management and analysis increasingly complex. The data deluge phenomenon can be illustrated by the growth of genetic sequences databases. An example of such databases is the GenBank⁵, held by the NIH (USA), which consists of an annotated collection of all publicly available DNA sequences. Currently, the Genbank doubles in size every 18 months. This trend has been confirmed in previous years and should be maintained in the years to come.

In fact, genome sequencing is a pioneering application of Big Data. A single human genome consists of about 3 billion base pairs of DNA, and new generation sequencing technologies makes complete sequencing of large-scale genome feasible in terms of cost and time.

The characterization of large-scale human genome involves the generation and interpretation of a huge volume of data in an unprecedented scale, and one of the potential benefits is personalized medicine for supporting clinical decisions. It can impact directly in cancer patients, for instance⁶.

There are several projects focused on characterizing large-scale human genome including OMIM, ClinVar, RefGene, LOVD, ExAC65000, 1000 Genomes, among others. Other ongoing projects focus on the characterization of somatic mutations (substitutions, insertions, deletions, etc.) of various cancers. The Cancer Genome Atlas (TCGA) and the International Cancer Genome Consortium (ICGC) are examples of these projects.

A problem for the use of Big Data on health is how to enable identification, access, and citation of (i.e., credit for) biomedical data⁷. Inherent to data discovery is the need for a sustainable and scalable plan to create and maintain a discovery system that allows researchers to readily find and cite biomedical data. Indeed, sustainability and scalability are two intertwined issues that must be addressed so the Big Data to Knowledge (BD2K)⁷ can have a lasting effect. An important first step has been to recognize the necessity of assembling and validating ideas drawn from the broader scientific community for developing a Data Discovery Index (DDI)⁷.

Although there are many research projects and tools facing those big data challenges on human genome data, an advance is still needed in order to build a system that provides unified access to data from various and heterogeneous sources. It is worth noting that commercially available software for analysis variants are extremely expensive and are not extensible/customizable. Each laboratory has its own internal flow with specific databases, and requiring different update flows.

This paper is organized as follows: Section Methods presents the platform proposal and how it was designed; Section Results presents preliminary results obtained in this research; Section Discussion

presents a discussion about practical issues and experiences on this work; Section Conclusion presents conclusion remarks and future work; and Section Acknowledgments.

Methods

This work presents a platform which offers unified access to data from a variety of public and private foundations. Our platform provides specialized services for data access (on a centralized basis of human genome data), data analysis (performing annotation of variants), and biomedical knowledge extraction. The methodology chart presented by Figure 1 shows the development process of this research.

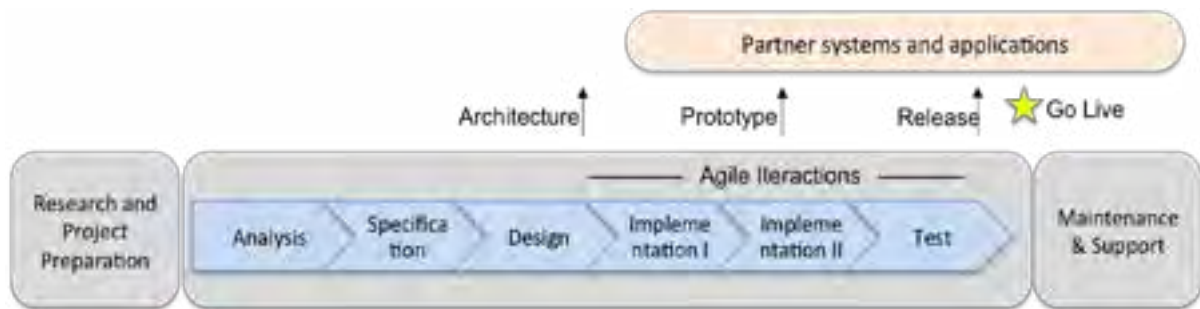


Figure 1. The methodology overview

Next sections present the main components of the platform architecture, an example of use and platform implementation.

a. Architecture overview

The platform architecture follows the lambda architecture framework⁸. Thus, it is a data-processing architecture designed from the ground up for handling massive quantities of data by taking advantage of both batch- and stream-processing approaches. The platform is composed by four layers, namely Batch Layer, Serving Layer, Speed Layer and Meta Layer. These layers work together to provide different views on data that can be consumed by other applications (or “apps” for short). Figure 2 presents an overview of the proposed platform and illustrates the multiple data sources it uses, its different layers, provided data views, interactions between layers and data-consuming apps.

- **Batch Layer:** It stores the master copy of the dataset and pre-computes batch views on that master dataset. The master dataset can be thought of us a very large list of records. The batch layer needs to be able to store an immutable, constantly growing master dataset, and compute arbitrary functions on that dataset. The key word here is “arbitrary.” If you’re going to pre-compute views on a dataset, you need to be able to do so for any view and any dataset⁸.
- **Serving Layer:** The batch layer builds batch views as the result of its functions. The next step is to load the views somewhere so that they can be queried. Here the serving layer comes in. The serving layer indexes the batch view and loads it up so it can be efficiently queried to get particular values out of the view. The serving layer is a specialized distributed database that loads in batch views, it also makes them able to query, and continuously swaps in new versions of a batch view as they are computed by the batch layer. Since the batch layer usually takes at least a few hours to do an update, the serving layer is updated every few hours⁸.

In the batch and serving layers there are no concurrency issues to deal with, and it trivially scales. One missing property is low latency updates. The speed layer provides this property.

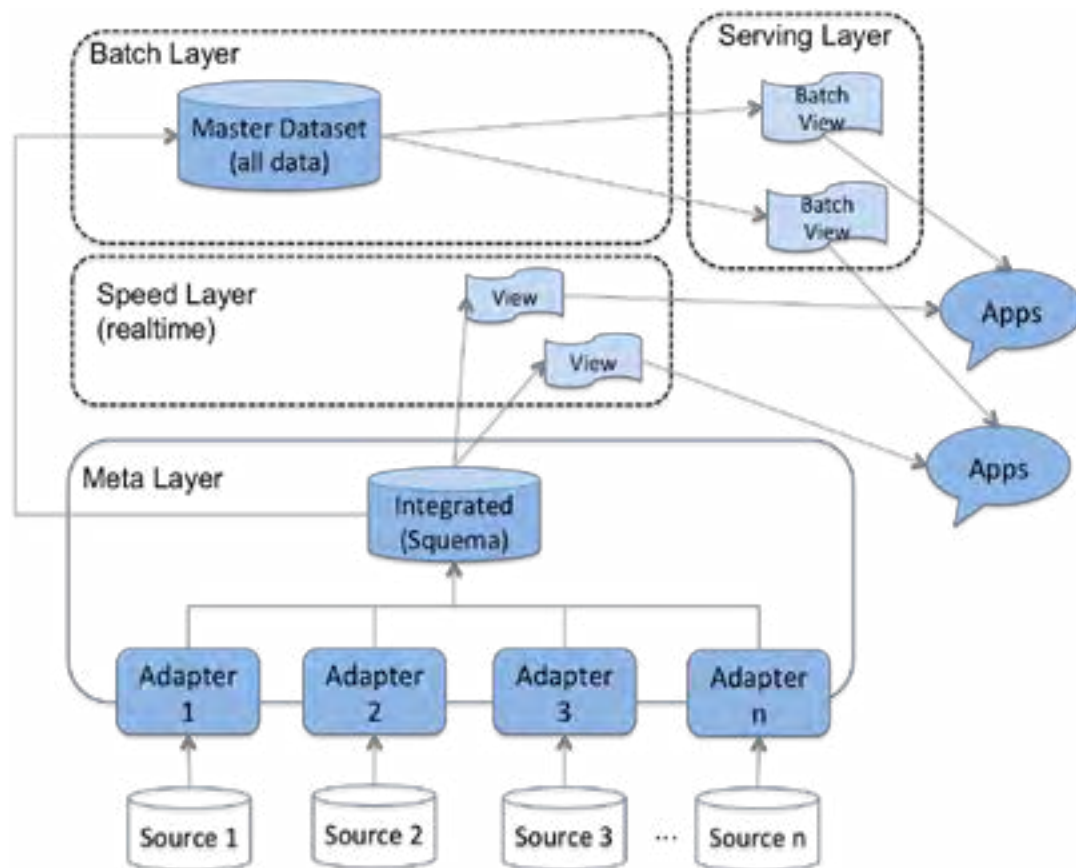


Figure 2. The platform architecture overview

- **Speed Layer:** The only data not represented in the batch views are data added while the pre-computation is running. At this point, in order to have a fully real time data system, it remains necessary to compensate for those last few hours of data. This is the purpose of the speed layer. Speed layer is similar to the batch layer since it produces views based on the data it receives. There is one big difference though: in order to achieve the fastest latencies possible, the speed layer does not use all new data at once (re-computing them, like the batch layer does). Instead, it updates the real time view as it receives new data. This is called “incremental updates” as opposed to “re-computation updates”. Another big difference is that the speed layer only produces views on recent data, whereas the batch layer produces views on the entire dataset⁸.

Another missing property of the platform is the capable of access data from various and heterogeneous sources. The Meta layer fixes this problem.

- **Meta Layer:** This layer establishes contracts between the platform and the various data sources. It is responsible for acquiring data coming from heterogeneous sources prior to storing and publishing them. It means that the other layers receive the data with the unified representation model arising from the meta layer. The component Adapter converts the scheme of the data from the specifics source models to a common global meta-model (or simply model) adopted by the platform and unifies the internal representation of the data. A translation process is defined according to the structures of the data sources.
- **Apps:** Real-time and batch data views - provided by the Speed and Serving Layers, respectively - are published as services by the platform as a way to minimize the complexity of applications to use and handle the existing datasets on human genome. Different client and third-party applications can be built on top of our proposed platform. A very important type of client application is data analysis systems for performing annotation of variants. These systems

include the addition of various metadata to the detected variants, as the chromosomal position, functional effect of the protein and other data, allowing filtering and prioritizing variants in an automated way.

b. Use scenario

The platform's client systems for analysis can be applied in the scenario described as follows.

Imagine that the mastology division of a local hospital sends samples to a laboratory for research and diagnosis of genes related to breast cancer - BRCA1 and BRC2. After sequencing, the DNA samples would be added to the platform run queue for analysis of mutations in these two genes in a volume of tens of hundreds per month. The variants analysis system identifies the end of the sequencing reaction, and uploads the files of the patients to the server in order to start the analysis pipeline.

With the presence of parallel processing and high performance algorithms, the platform can perform (in hours) the analysis of these samples. After identifying DNA variants and querying clinical databases, the platform makes the ranking and classification of variants according to the possible pathogenicity, and data become available through a friendly web interface, where the analyst can check, filter and select the relevant genetic alterations. Finally, the specialist completes analysis and makes a review of the digital report, which is automatically filled by the platform. The new procedure increases productivity by having specialist's focus on the process analysis, rather than on the tool. This advantage justifies the implementation of such a heavy tool.

The platform also can support the specialist in order to filter out specific variants that should not be prioritized and help him at one of the main issues in the variant's report conclusion, which is the classification of the variants. Generally, the biologist or the geneticist must have to apply several filters among multiple parameters (columns or annotations in this context) to prioritize the most important variants that could explain the clinical hypothesis of the patient. The main issue is that the current tools such as spreadsheets and business intelligence databases might lead to long and complex queries when the analysis becomes more specific with several filters and options. The platform's client using big data concepts helps not only the final user on querying multiple variants but as also the bioinformaticians responsible to gather all data from several data sources and link them in a clear and schematic way without complaining about data schema.

c. Implementation outline

Computing arbitrary functions and analysis on an arbitrary dataset in real time is a daunting task. No single tool provides a complete solution. Instead, one has to use a variety of tools and techniques to build a complete Big Data system. For this purpose, we use the Lambda Architecture⁸, which is designed to solve the problem of computing arbitrary functions on arbitrary data in real-time by decomposing the problem into three layers: the batch layer, the serving layer, and the speed layer. In addition to those layers, we define the Meta Layer, (which we have already presented) to insert new functions and address heterogeneity problems.

There is a class of systems called "batch processing systems" that are built to do exactly what the batch layer requires. They are very good at storing immutable, constantly growing datasets, and they expose computational primitives to allow you to compute arbitrary functions on those datasets. Hadoop is the canonical example of a batch processing system, and we will consider to use it in the next versions of the platform. In this first version we use the Data Base Management System (DBMS) PostgreSQL (Specifically the JSON Field) to implement the properties of the batch layer.

A serving layer database only requires batch updates and random reads. It does not need to support random writes. This is a very important point, as random writes cause most of the complexity in databases. By not supporting random writes, serving layer databases can be very simple. This simplicity makes them robust, predictable, easy to configure and to operate. ElephantDB is an appropriate database to implement the serving layer requirements.

The speed layer requires databases that support random reads and random writes. Because these databases support random writes, they are orders of magnitude more complex than the databases used in the serving layer, both in terms of implementation and operation.

The meta layer uses translation algorithms, implemented in Python language, which converts data from the source models to the common model adopted inside the platform. The schema presented by Figure 3 shows the model components structure and relationships. The constructors established for the initial model have been defined to allow storage of information such as repositories (Depository) and their versions (Version). It also allows traceability and versioning of data. Other constructors are Dataset (which can be compared to a table or relationship in a ER); records (Register, which can be compared to a tuple in a model ER) and metadata that describe the data (DataField which can be compared to a column of a relation in an ER model). It also maintains a log (Logger) for saving a historic of operations performed on the data.

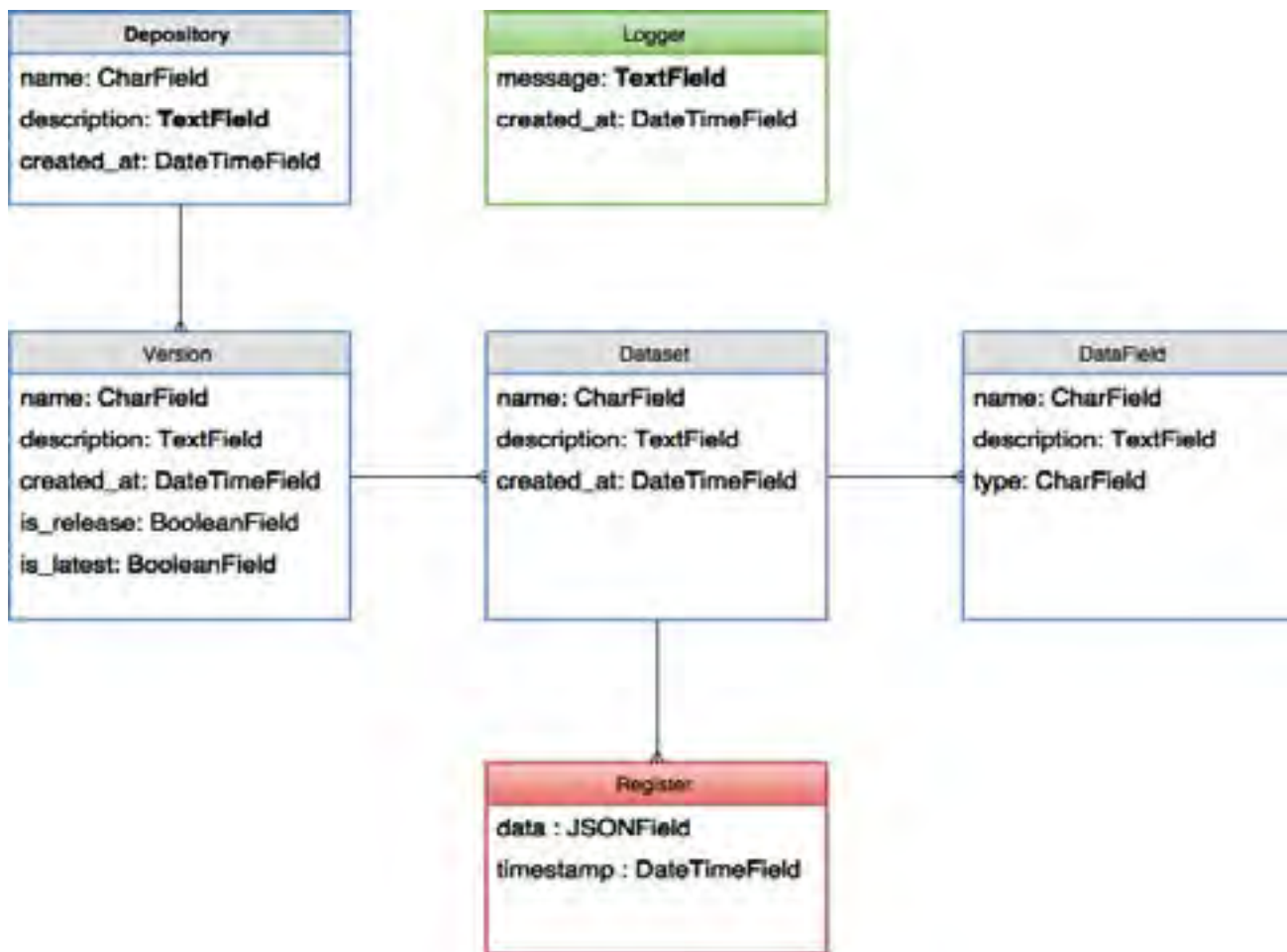


Figure 3. Meta-model

The platform client system for analysis was implemented in Python language and screens of the annotation system is presented by Figure 4 and 5.



Figure 4. Annotation System



Figure 5. Filtering and Analysis System

Results

The platform presented in this work provides unified data access service (on a consolidated human genome database) and tools for data analysis and biomedical knowledge extraction in order to simplify the work of scientists in the diagnosis of rare diseases, tumors and cancers.

Before the use of the platform, data analysis was a long and expensive process performed with spreadsheets. Geneticists used to use filters to select and combine variants for reports. Nowadays, the length of time required for the analysis process was reduced as well as experts effort.

Using the platform doctors and analysts (geneticists, biologists and biomedical) have the opportunity to build their bioinformatics experiments and to perform analysis with various filters and functionalities in an intuitive and practical way.

The main impacts of the platform are highlighted below.

- Updated databases: The platform updates the unified database whenever a new database appears or it is updated. By maintaining an updated database, it is possible to have results delivered to the patient with greater details. It also allows re-examining previous clinical cases which were not solved during the first analysis. This automated reanalysis can result in reclassification of the variant, and in a new notification for the experts and patients.
- Productivity: the computing power of the platform have a direct impact in the amount of processed and visualized data. Analysts, who are the main stakeholders, achieve higher productivity in the analysis, save time to study new exams or to optimize existing procedures. Moreover, remote access to the data analysis adds flexibility to the process. Altogether, it reduces cost of annotation process and increases the number of diagnoses and customers served (e.g., laboratory patients, research institutes and hospitals).
- Decision support: Since the platform can handle annotation with key scientific references of main global genomic medicine databases (e.g., Pubmed), medical doctors may have more detailed and updated information to better interpret reports. This directly impacts on the work of medical doctors, geneticists, biomedics and the population

Discussion

The main challenges of dealing with big data on health and genomic applications are related to: privacy and data security, data streaming and storage, lack of training in data science, discoverability of and access to biomedical data⁹. Having an unified access platform can enable scientists to overcome the problems discussed below:

- Overlapped and decentralized data sources: Online catalogs of clinical data are available on the Web, but besides not being unified they are extremely overlapped. OMIN and Clinvar are examples of online repositories with overlapped data. Consumers of such data (e.g., genetics clinics) have difficulties in creating new consistent applications on top of them. It happens because they need an extra effort to analyze, understand and deal with overlapped information extracted from these various and distributed sources.
- Lack of standards: in addition to the overlapped and decentralized data sources, there is a lack of standards for data publishing. Each publisher chooses which datasets to provide and how to publish them. Often, there is also no agreement between publishers, laboratories and clinics. As a result, existing services that consume clinical data and the data formats and types themselves may vary significantly.
- Usability: although it is necessary to build internationalized systems with friendly user interfaces for genome annotation and data management, most existing tools do not have support for other languages (Portuguese, for instance). For this reason, users have still to work with text files and complex spreadsheets.
- Cost: licenses of existing tools are expensive. It increases the total cost of the systems which use them. Further, the lack of appropriate systems with friendly user interfaces also increase the labor cost, once it makes biologists and geneticists spend many labour time in their activities.

Conclusion

By providing unified access to a set of genetics databases, the platform hereby presented contributes to genome data analysis and biomedical knowledge extraction. It simplifies the work of scientists and supports medical/doctor's decisions in the diagnosis of tumors, cancers and rare diseases. The proposed platform also has direct impact on the cost of the annotation process, which otherwise is a long and expensive process, manually performed with excel spreadsheets. It is worth noting that

several other areas and data types require unified access to heterogeneous data sources and therefore can benefit from this kind of platform implementation. Future work includes the delivery of other versions of the platform with the implementation of new features.

Acknowledgments

We would like to acknowledge the support of FACEPE, Genomika, UFPE and UFRPE.

References

- [1] Sagioglu, S.; Sinanc, D. Big data: a review. International Conference on Collaboration Technologies and Systems (CTS), pp. 42-47, 2013
- [2] Anguita, A., et al. (2010) A review of methods and tools for database integration in biomedicine. *Curr. Bioinform.*, 5, 253–269
- [3] Peterson, Thomas A., Emily Doughty, and Maricel G. Kann. “Towards precision medicine: advances in computational approaches for the analysis of human variants.” *Journal of molecular biology* 425.21 (2013): 4047-4063.
- [4] Hey AJ, Trefethen AE. The data deluge: an e science perspective. In: *Grid computing: making the global infrastructure a reality*. 2003. P.809-24
- [5] Genbank Statistics. [cited 2016 May 17]. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank/statistics><http://www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank/statistics>
- [6] Chin L, Andersen JN, Futreal PA. Cancer genomics: from discovery science to personalized medicine. *Nat Med*. 2011;17(3):297-303.
- [7] Margolis R, Derr L, Dunn M, Huerta M, Larkin J, Sheehan J, et al. The National Institutes of health’s big data to knowledge (BD2K) initiative: capitalizing on biomedical big data. *J Am Med Inform Assoc*. 2014;21(6):957-8.
- [8] Marz, N. *Big data : principles and best practices of scalable realtime data systems*. [S.l.]: O’Reilly Media, 2013.
- [9] Silva, F. A. B. *Big Data e Nuvens Computacionais: Aplicações em Saúde Pública e Genômica*. *Journal of health Informatics*. v. 8, n. 2 (2016).

Contato

Profa. Andrêza Leite de Alencar
DEINFO/UFRPE
Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n. Campus
Dois Irmãos CEP: 52171-900 - Recife/PE
- Brazil
Phone: +55-81-33206491
e-mail: ala4@cin.ufpe.br

QASF 2.0 - SISTEMA DE PERGUNTAS E RESPOSTAS EM DOENÇAS CRÔNICAS

QASF 2.0 - QUESTION-ANSWERING SYSTEM ON CHRONIC DISEASES

QASF 2.0 - SISTEMA DE PREGUNTA Y RESPUESTA EN ENFERMEDADES CRÓNICAS

Gabriel Miranda Rubio¹, Gilvan Machado Morais¹, Ester E. Domingues dos Santos¹, Renato de Freitas Bulcão-Neto² e Alessandra Alaniz Macedo¹

¹DCM-FFCLRP/Universidade de São Paulo (USP), Ribeirão Preto-SP, Brasil

² Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiânia-GO, Brasil

Resumo: As doenças crônicas são um grave problema mundial de saúde pública. Elas são responsáveis por morbidez, mortalidade, incapacidade e baixa qualidade de vida. No Brasil, 72% das mortes são causadas por doenças crônicas, e no mundo esse valor é de 60%. Sabe-se que a atual produção científica mundial é vasta e as informações contidas nos artigos científicos podem ser úteis para o profissional da saúde. Porém, ler artigos científicos é uma tarefa que exige tempo e disposição. O objetivo deste artigo é apresentar a segunda versão do sistema de perguntas e respostas QASF para auxiliar os profissionais da saúde e outros usuários na busca rápida por informações, especificamente, em doenças crônicas. O processo de desenvolvimento do sistema baseou-se na construção de módulos de processamento de pergunta, de documentos e de resposta. Com o QASF, espera-se facilitar o acesso a informações.

Palavras-chave: Doença Crônica, Mineração de Texto, Computação em Informática Médica.

Abstract: *Chronic diseases is a global public health problem. They are responsible for morbidity, mortality, disability and poor quality of life. Chronic diseases cause 60% of deaths worldwide and 72% of deaths in Brazil. It is known that the current world scientific production is vast and the information contained in scientific papers can be useful for health professionals. However, the reading of scientific articles is a demanding and time-consuming task. This paper presents a question answering system to help health professionals quickly search for information about chronic diseases. The core of the question answering system includes the development of modules for processing questions, documents and answers. It is expected to support users that demand for quick information about chronic diseases. Precision rates between 50% and 60% were obtained.*

Keywords: *Chronic Disease, Textual Mining, Medical Informatics Computing.*

Introdução

As doenças crônicas são um sério problema mundial de saúde pública. Elas são responsáveis por morbidez, mortalidade, incapacidade e baixa qualidade de vida¹, sendo responsável por 72% das mortes no Brasil² e por 60% de mortes no mundo³. Sabe-se que a produção científica atualmente é imensa e as informações contidas nos artigos científicos podem ser úteis para o profissional da saúde. Porém, ler artigos científicos é uma tarefa que exige tempo e disposição.

Os sistemas de perguntas e respostas (QA - *Question Answering*) têm como objetivo fornecer informações diretas e precisas sobre uma pergunta proposta pelo usuário do sistema. Para realizar esta tarefa, sistemas de QA utilizam técnicas computacionais, principalmente, das áreas de Extração de Informação, Processamento de Linguagem Natural e Recuperação de Informação⁴.

Nos sistemas tradicionais de busca (do inglês, *search engines*), um usuário deve compor uma consulta com termos selecionados e conectores lógicos para receber um conjunto de links para documentos completos como resposta.

Quando o usuário faz buscas por informações de interesse nos sistemas de QA, o primeiro passo é o usuário elaborar uma questão em linguagem natural que traduza a sua necessidade de busca. Dependendo da complexidade dos sistemas de QA, os sistemas podem responder a vários formatos de perguntas. O formato de pergunta mais comum e simples é o de perguntas que se baseiam em fatos (factual), por exemplo, “Quando foi produzido o primeiro antibiótico?”. Com o avanço da área, outros tipos de perguntas mais complexas puderam ser incluídas como, por exemplo, as questões com múltiplas respostas (“Quais são os sintomas da tuberculose?”), as questões de definição (“O que é câncer?”) e as questões do tipo “Por que” (“Por que a hipertensão pode causar problemas?”)⁴.

O objetivo deste artigo é apresentar o desenvolvimento do sistema de perguntas e respostas (QASF - *Question Answering System*) - *Version 2.0* para suportar perguntas específicas e diretas de profissionais da saúde, quando analisando pacientes com suspeita de fatores de risco para o desenvolvimento de doenças crônicas, ou mesmo fazendo consultas científicas. O sistema QASF segue a arquitetura da Figura 1 proposta em⁶. Os sistemas apoiados pelo QASF, como os tradicionais sistemas de QA⁵, apresentam uma arquitetura básica composta por três módulos principais: (i) Processamento da Pergunta (PP), (ii) Processamento do Documento (PD) e (iii) Processamento da Resposta (PR). O módulo PP é composto pelas tarefas de “Elaboração da Consulta” que utiliza as técnicas de processamento de linguagem natural para a eliminação de *stopwords*, ou seja, eliminação de palavras comuns em um determinado documento, e “Análise da Questão” que ajuda na ordenação e na seleção das respostas no módulo de PR. O módulo de PD recebe a pergunta processada pelo módulo PP e recupera uma possível resposta em resumos de artigos científicos da biblioteca digital online *PubMed*. Finalmente, o módulo de PR realiza a “Ordenação e Seleção das Respostas” selecionando as frases do artigo relacionadas à pergunta por meio de cálculos de similaridade (cosseno), e faz a “Validação das Respostas”.

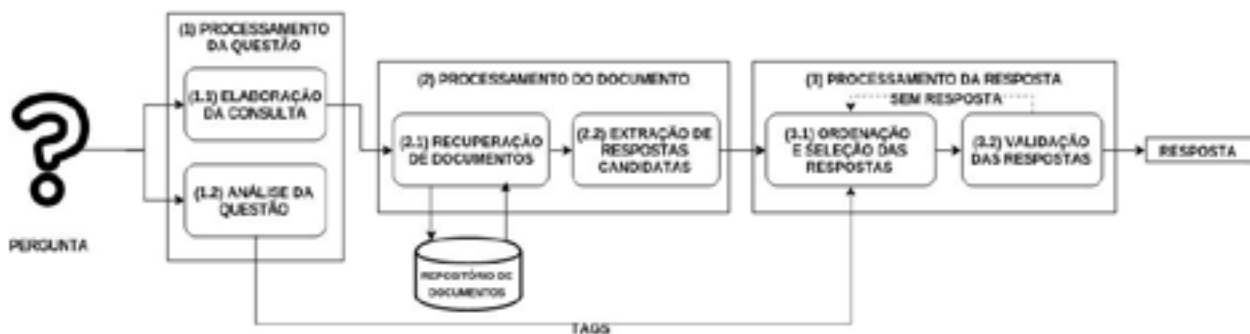


Figura 1 - Arquitetura do sistema de QA⁶

O restante do artigo está organizado da seguinte maneira: a Seção 2 apresenta o sistema QASF 2.0; a Seção 3 detalha materiais e métodos usados para o desenvolvimento de cada módulo de processamento do QASF 2.0 e finaliza com o algoritmo do sistema; a Seção 4 apresenta os resultados e a discussão; e finalmente, a Seção 5 conclui com o artigo e apresenta trabalhos futuros.

O Sistema QASF 2.0

A versão 2.0 do sistema QASF foi desenvolvida para ser um sistema *Web* rápido e simples de usar. As interfaces do sistema que compõem um *site* foram desenvolvidas com o framework Django versão 1.9, usando a linguagem Python com HTML5. O *site* é expansível e modularizado, uma vez que cada módulo desenvolvido no projeto pode ser introduzido de maneira fácil no sistema ou em outro sistema, sem perder desempenho no processamento e com layout simples.

A Figura 2 apresenta a tela inicial do site. Essa interface é simples para ser de fácil manuseio por usuários inexperientes. O único campo textual é central e suporta a inserção da pergunta de usuários na forma de consulta em linguagem natural. Essa consulta é enviada aos módulos de processamento apresentados na Seção 3. Abaixo do campo de consulta, existem opções de tratamento da consulta que têm opções *default* pré-selecionadas ou podem ser modificadas pelos usuários. Após o envio da consulta, a página é redirecionada para a tela de apresentação das respostas (ver Figura 3).



Figura 2: Tela inicial, local onde a pergunta é inserida.



Figura 3: Tela de apresentação das respostas com trechos de artigos relacionados com a resposta

A Figura 3 ilustra a tela de apresentação das respostas e é formada pelas possíveis respostas retornadas dos módulos de processamento. No exemplo proposto, a pergunta “*What are the adult health problems of a kid with malnutrition indication, short stature, neuropsychomotor development appropriate, updated vaccination, low fiber diet, an appropriate childhood routine, some family members who have chronic illness, violent emotional environmental, lives in a flood area, with a lack of family entertainment, with risk of behavioral disorders, with physical exercises practice, with asthma, with pos-term of 42 completed weeks and coronary artery disease on the family history?*” foi inserida, e o sistema redirecionou o usuário para a página da Figura 3 contendo a apresentação das respostas.

Materiais e métodos

No sistema QASF 2.0, a criação de perguntas pelo usuário ocorre usando linguagem natural. Em seguida, o módulo de Processamento de Pergunta (PP) realiza a análise e a classificação da pergunta e a formulação de uma consulta ao banco de dados criado com os resumos dos artigos do sítio do *Pub-Med* sobre doenças crônicas. A consulta gerada pelo módulo PP é utilizada para recuperar os resumos relevantes. Dos resumos mais relevantes recuperados, trechos candidatos para atender à resposta são extraídos no módulo Processamento de Documento (PD) e utilizados como entrada pelo módulo de Processamento de Resposta (PR). Para a seleção de respostas, os trechos candidatos a resposta são comparados com o tipo de pergunta feita e ordenados de acordo com a similaridade com a pergunta. O módulo PR utiliza esses trechos para compor um documento de resposta. O profissional da saúde poderá realizar perguntas relacionadas a doenças crônicas em pesquisas científicas ou a doenças crônicas relacionadas a fatores de risco do paciente. Os módulos PP, PD e PR são detalhados a seguir.

Análise de Processamento de Perguntas (PP) - Para análise do processamento de perguntas em linguagem natural são realizados os seguintes processamentos:

- Eliminação de *Stopwords*. As *stopwords* são palavras comuns (ex. preposições, artigos e pronomes) do vocabulário que, dependendo do tipo de busca, são descartadas, ou seja, são retiradas antes ou durante o processamento de texto em linguagem natural. Existem prós e contras desse processamento. A retirada de *stopwords* simplifica a análise e possui o intuito de melhorar o desempenho das buscas. Nos casos dos sistemas de QA, a retirada total dessas palavras impediria a distinção de nomes que usam *stopwords* em forma de entidade representativa. Esse processamento pode prejudicar a busca por sentenças e um conjunto de textos que possua um tema comum. Alguns documentos possuem palavras que podem ser vistas em uma distribuição uniforme, mesmo que sejam *stopwords* que nesses casos possuem um significado importante. No processamento da pergunta foi utilizado o conjunto de *stopwords* definido no *NLTK*¹¹ (*Natural Language Toolkit*) (Figura 4 – Linha 09). Como resultado, a maioria das palavras do tipo substantivos, verbos, adjetivos ficam isoladas (*bag of words*) para formar um vetor de consulta. Por exemplo:
 - PERGUNTA DE ENTRADA: “*What complications increase of the Elective caesarean section (CS) before 39 weeks?*”
 - VETOR-PERGUNTA DE SAÍDA: “[‘*complications*’, ‘*increase*’, ‘*elective*’, ‘*caesarean*’, ‘*section*’, ‘*cs*’, ‘*39*’, ‘*weeks*’]”
- Etiquetamento lexical. O *pos-tag*, ou *part-of-speech tagger*, é um processo de fixar para cada palavra uma etiqueta (do inglês, *tag*), com o intuito de dividir o discurso em partes, as quais são classes de palavras ou categorias lexicais. O processamento em *NLTK* usa convenções diferentes para etiquetar palavras. Essas etiquetas são conhecidas como *tagset* (ver Apêndice A). O *pos-tag* foi utilizado para a classificação lexical das palavras dentro de uma frase. Esse processamento identifica as classes de palavras mais relevantes para a consulta do usuário em

linguagem natural, reconhecendo as palavras-chave de acordo com sua importância lexical. O etiquetamento permitiu a escolha das etiquetas que são mais importantes para cada processamento (Figura 4 - Linhas 11, 14 e 15). Porém, a liberdade de escolha das etiquetas pode fazer com que etiquetas erradas sejam descartadas e informações importantes sejam perdidas. Usando a pergunta “*What complication sincrease of the Elective caesarean section (CS) before 39 weeks?*”, após o processo de relacionar palavras com as *tagset*, a pergunta seria transformada em:

- “[‘*What*’, ‘WP’), (‘*complications*’, ‘NNS’), (‘*increase*’, ‘VBP’), (‘*of*’, ‘IN’), (‘*the*’, ‘DT’), (‘*Elective*’, ‘NNP’), (‘*caesarean*’, ‘NN’), (‘*section*’, ‘NN’), (‘*(CS)*’, ‘NN’), (‘*before*’, ‘IN’), (‘*39*’, ‘CD’), (‘*weeks?*’, ‘JJ’)]”
- Busca de definições no *Wordnet*. O *WordNet*⁹ é um banco de dados lexical (com substantivos, verbos, adjetivos e advérbios) disponível para *download*. Ele é similar a uma enciclopédia, que relaciona uma palavra ao seu significado ou sentido específico. Porém, o *WordNet* possui apenas definições específicas. No QASF 2.0, foram utilizadas duas abordagens (Figura 4 - Linhas 05-07): (1) antes da pergunta ser realizada pelo usuário, ela é processada por um dos dois módulos, a critério do usuário, e (2) a pergunta é transformada a partir de um dicionário na tentativa de encontrar a resposta, sem a necessidade de processamento mais elaborado. A segunda abordagem utiliza uma biblioteca do *WordNet* com uma função de pesquisa por hipertermos (do inglês, *hyperterms*). Esses termos são inseridos na busca, para uma procura mais abrangente para o caso da palavra que está sendo pesquisada não ser encontrada nos artigos pesquisados. Por exemplo:
 - Pergunta inserida pelo usuário: “*What is diabetes mellitus?*”.
 - Durante o processamento (2) é feita uma busca no *WordNet* para as palavras: “*diabetes mellitus*”.
 - Resposta retornada pelo dicionário *WordNet*: “*diabetes caused by a relative or absolute deficiency of insulin and characterized by polyuria*”.

A priori, a pergunta é processada pelo dicionário. Caso nenhuma resposta seja encontrada, o processamento mais elaborado é acionado, e utilizando hipertermos, a *query* é reformulada, formando assim uma matriz contendo também termos mais abrangentes como apresentado:

- Pergunta inserida pelo usuário: “*What contributes to the development of microvascular complications of diabetes mellitus?*”.
- Nenhuma resposta foi encontrada passando pelo processamento (2).
- *Query* é reformulado com os hipertermos gerando a seguinte matriz:
 - [[‘*What*’], [‘*change*’], [‘*contribute*’], [‘*to*’], [‘*the*’], [‘*improvement*’], [‘*development*’], [‘*of*’], [‘*microvascular*’], [‘*hindrance*’], [‘*complications*’], [‘*of*’], [‘*polygenicdisorder*’], [‘*diabetes*’], [‘*mellitus*’]]”.
- Em seguida, a *query* é submetida ao processamento, selecionado pelo usuário.

Análise do Processamento de Documento (PD) - O módulo de Processamento de Documentos (PD) recebe a pergunta processada no módulo PP para recuperar uma possível resposta em artigos científicos de bibliotecas digitais online como o *PubMed*. Atualmente, o sistema QASF utiliza artigos científicos do *PubMed* filtrados por uma ontologia de Doenças Crônicas para formar uma coleção curada e específica de artigos científicos do domínio. A versão 2.0 do QASF está consultando apenas os resumos dos artigos. A coleção consultada possui 1097 artigos com 1097 resumos com a média de 345 palavras por resumo de artigo. Os artigos possuem tags que marcam o título do artigo (TI), o código do artigo (PMID), o abstract (AB) e outras tags, que a priori, não foram consideradas para o processamento. As tags TI, PMID, AB foram utilizadas pelo sistema.

O processamento do documento (resumo do artigo) ocorreu da seguinte maneira: cada artigo foi selecionado e inserido em uma lista. Um pré-processamento foi realizado para conversão de todas as

letras do documento para em minúsculo. Em seguida, são realizados cálculos de cosseno pelo módulo de Processamento de Resposta (apresentado na Seção 3.3) para atribuir similaridade entre a informação resultante do módulo PP para representação da pergunta e o documento processado pelo módulo PD.

A escolha do tipo de cosseno no momento da inserção da pergunta (na Figura 2) pelo usuário interfere neste módulo de PD, uma vez que a saída desse módulo depende do tipo de cosseno escolhido para ser usado. No caso do “Cosseno com *Pos-tag*”, a saída do processamento de documentos fica na forma de lista, sendo que cada palavra possui uma etiqueta lexical. Já no caso do cosseno chamado de “Cosseno Algébrico”,¹² os documentos ficam também em forma de lista, mas sem as etiquetas lexicais.

Análise de Processamento de Resposta (PR) - O processamento de resposta relaciona uma pergunta feita em linguagem natural com um trecho de um documento, que possui uma certa similaridade, e possivelmente seja a resposta para a pergunta. Esse processamento utiliza a medida de similaridade do cosseno entre dois vetores para indicar a similaridade da pergunta do usuário com trechos dos artigos científicos do *PubMed*. Os cálculos de similaridade são do QASF 2.0:

- Cossenos com *Pos-tag* (Figura 4 - Linhas 13-20). Cada palavra do documento recebe uma etiqueta, similar às usadas no Etiquetamento lexical, deixando prontas as lista de documentos para o Processamento de Resposta, que a usa. Quando uma palavra da pergunta recebe uma etiqueta, é realizada uma intersecção de etiquetas considerando que palavras iguais, na pergunta e na resposta, tenham a mesma etiqueta. Uma lista com as etiquetas da pergunta e de todas as possíveis respostas é gerada, e em seguida é realizada uma contagem para o cálculo do cosseno entre os vetores gerados da pergunta e da resposta. Por exemplo, para a pergunta “*What complications increase of the Elective caesarean section (CS) before 39 weeks?*”, o sistema gera a seguinte lista de etiquetas “WP NNS VBP IN DT NNP NN NNNN IN CD JJ”. E a resposta seria “CD : JJ NN NN TO VB JJ NN NN CC JJ MD VB IN NN NNNN NNP JJ NNS IN CD NNS NNS VBP JJ NN NN CC JJ NN NN NNP JJ NN NN IN NNS NN IN NNS NNS IN VBN NN IN NN NNNN CC RB NN CD NNP JJ NNS MD VB JJ : IN NNS : IN NN NNP NNP NN IN JJ NNS MD VB IN NN JJ JJ NNP”. Quando cada etiqueta é contabilizada gera-se:
 - Pergunta: „Counter({,NN': 3, ,IN': 2, ,WP': 1, ,CD': 1, ,VBP': 1, ,JJ': 1, ,DT': 1, ,NNS': 1, ,NNP': 1})“
 - Resposta: „Counter({,NN': 22, ,JJ': 12, ,IN': 10, ,NNS': 9, ,NNP': 6, ,VB': 4, ,MD': 3, ,CC': 3, ,CD': 3, ,RB': 1, ,VBN': 1, ,TO': 1, ,VBP': 1})“
- Cossenos Algébrico (Figura 4 - Linhas 21-27). O cosseno Algébrico não requer processamento de etiquetamento, visto que o cosseno é calculado usando a contagem de palavras de cada documento da lista de documentos. O cosseno Algébrico é similar ao anterior, porém o cosseno é calculado usando a contagem de palavras feita na pergunta e na resposta. Para isso, um vetor intersecção é calculado. Também é necessário o cálculo do produto escalar e a identificação das dimensões em comum dos vetores. Desse modo, não é necessário a normalização do vetor. Por exemplo, tem-se:
 - Pergunta: “Counter({'What': 1, 'weeks': 1, 'of': 1, 'caesarean': 1, '39': 1, 'increase': 1, 'complications': 1, 'Elective': 1, 'CS': 1, 'the': 1, 'section': 1, 'before': 1})”
 - Resposta: „Counter({,cs': 4, ,and': 3, ,for': 3, ,in': 2, ,maternal': 2, ,complications': 2, ,among': 1, ,food': 1, ,sepsis': 1, ,into': 1, ,stillbirth': 1, ,primary': 1, ,born': 1, ,epigenetic': 1, ,accounts': 1, ,should': 1, ,occur': 1, ,unit': 1, ,before': 1, ,1': 1, ,different': 1, ,asthma': 1, ,allergy': 1, ,decision': 1, ,to': 1, ,of': 1, ,take': 1, ,weeks': 1, ,diabetes': 1, ,type': 1, ,mortality': 1, ,elective': 1, ,be': 1, ,repeat': 1, ,increased': 1, ,uterine': 1, ,may': 1, ,caesarean': 1, ,incidence': 1, ,possible': 1, ,colonization': 1, ,admissions': 1, ,possibly': 1,

,increases': 1, ,neonates': 1, ,others': 1, ,might': 1, ,consideration': 1, ,previa': 1, ,rupture': 1, ,by': 1, ,21950660ab': 1, ,care': 1, ,placenta': 1, ,neonatal': 1, ,39': 1, ,respiratory': 1, ,hypoglycaemia': 1, 1, ,morbidity': 1, ,section': 1, ,responsible': 1, ,consequent': 1, ,intensive': ,increta': 1, ,gut': 1, ,malignancies': 1, ,conclusion': 1, ,changes': 1, ,childhood': 1, ,foetal':1})“

O valor do cosseno para a abordagem que usa Cosseno Algébrico do exemplo é 0.27. O exemplo do Cosseno com *Pos-Tag* é 0.64.

Algoritmo do QASF 2.0 - A Figura 4 apresenta um algoritmo que ilustra os principais processamentos do QASF 2.0. As linhas de 5 a 12 apresentam o Processamento de Pergunta. As linhas de 13 a 26 detalham o Processamento de Resposta. O detalhamento do Processamento de Documento da Seção 3.2 não foi incluso no algoritmo por motivos de simplificação.

```

01. Inicio
02.   Input: pergunta // do usuario em linguagem natural
03.   PP(pergunta,opp) // pergunta transformada em termos opp
04.   Escolhe tipo_cosseno(tc)
05.   Se pergunta e WordNet definitions
06.   |   Retomar resposta
07.   Senão
08.   |   Se opp é "Stopword"
09.   |   |   pergunta <= pergunta(not stopword)
10.   |   Senão
11.   |   |   pergunta <= tag_opp(pergunta) //termos com tags especificas
12.   |   Fim_se
13.   |   Se tc é "cosseno_pos_tag"
14.   |   |   lista_pergunta <= tag(pergunta)
15.   |   |   lista_documentos <= tag(documentos)
16.   |   |   vetor_documento <= contagem de lista_documentos
17.   |   |   vetor_pergunta <= contagem de lista_pergunta
18.   |   |   Para cada vetor em vetor_documento
19.   |   |   |   lista_respostas <= cosseno(vetor_pergunta, vetor) //cálculo entre
20.   |   |   |   //vetor_documento e vetor resposta
21.   |   |   Fim_para
22.   |   |   Senão
23.   |   |   |   vetor_documento <= contagem de palavras dos documentos
24.   |   |   |   vetor_pergunta <= contagem de palavras da pergunta
25.   |   |   |   Para cada vetor em vetor_documento
26.   |   |   |   |   lista_respostas <= cosseno(vetor_pergunta, vetor) //cálculo entre
27.   |   |   |   |   //vetor_documento e vetor resposta
28.   |   |   |   Fim_para
29.   |   Fim_se
30. Fim

```

Figura 4: Algoritmo do sistema de QA

Resultados e Discussão

Para experimentação do QASF 2.0, foram realizados experimentos com resultados apresentados

nesta seção. Devido à incompatibilidade do exíguo tempo de projeto e a realização de trâmites em Comissão de Ética para permissão do uso oficial do sistema por profissionais da saúde, inicialmente, foram realizadas simulações de uso do sistema. Com esse propósito, foram criadas perguntas com base em registros médicos de pacientes cujos prontuários haviam sido relacionados com artigos do *PubMed* e apresentados em trabalhos prévios do grupo⁸. Esses relacionamentos foram classificados em fortemente relevantes, relevantes, pouco relevantes e irrelevantes. Os cenários de experimentação, a partir das validações de processamento, são:

- Perguntas passadas sem tratamento pelo Cosseno com *Pos-tag*;
- Perguntas passadas sem tratamento pelo Cosseno Algébrico;
- Perguntas retirando as *Stopwords* e usando Cosseno com *Pos-tag*;
- Perguntas retirando as *Stopwords* e usando Cosseno Algébrico;
- Perguntas passando por tratamento de *Pos-tag* pelo Cosseno com *Pos-tag*;
- Perguntas passando por tratamento de *Pos-tag* pelo Algébrico.

Para cada cenário, foram calculadas três medidas de precisão para cada grupo de artigos científicos selecionados: (i) os 3 maiores cossenos entre as perguntas e os três artigos científicos retornados, (ii) os cinco primeiros com maior cosseno e (iii) os dez primeiros com maior cosseno. Logo após, foram verificados se esses artigos retornados se encontravam entre os que eram classificados fortemente relevantes ou relevantes. Se o artigo estava em uma dessas duas classificações, ele foi considerado como um acerto. O Quadro 1 apresenta os resultados obtidos em termos de contagem de acertos para cada cenário. As colunas apresentam os tipos de processamento (os cenários) e as linhas apresentam a quantidade de artigos científicos selecionados (3, 5 e 10 primeiros com maior valor de cosseno). Finalmente, as células do quadro apresentam as precisões.

Tabela 1: Medidas de precisão relacionadas a cada cosseno

Qtde de artigos retornados	(1) Cos_pos_tag	(2) Cos_Alq	(3) Cos_pos_tag_stopWord	(4) Cos_Alq_StopWord	(5) Cos_pos_tag_pos_tag	(6) Cos_Alq_pos_tag
3 primeiras	0,2	0,1	0,1	0,6	0	0,6
5 primeiros	0,2	0,2	0,1	0,5	0	0,5
10 primeiros	0,1	0,2	0,1	0,5	0	0,5

Na Tabela 1, pode ser visto que os melhores valores de precisão ocorreram nos cenários (4) e (6) de “Perguntas retirando as *Stopwords* usando Cosseno Algébrico” e de “Perguntas passando por tratamento de *Pos-tag* pelo Cosseno Algébrico” respectivamente. Portanto, o uso do cosseno algébrico alcançou uma melhor performance de precisão em relação aos outros. Foi possível também verificar que a frequência de artigos fortemente relevantes e relevantes aparece na maioria das vezes entre os cinco primeiros artigos retornados. A revocação dos resultados também foi calculada. Os resultados de revocação (do inglês, *recall*) e de precisão (do inglês, *precision*), considerando, as vinte e cinco primeiras respostas retornadas, são apresentados no Gráfico 1. A precisão foi calculada considerando o cenário que retornava mais documentos de forte relevância em relação a todos os documentos retornados. A revocação foi calculada considerando os documentos de forte relevância retornados com relação à quantidade de documentos de forte relevância ligados à pergunta inserida. Foi possível notar que os processamentos 4 e 6 possuem os maiores valores de precisão e revocação. Esses valores podem possivelmente ser explicados pelo fato do cálculo do Cosseno Algébrico ser mais eficiente para o sistema e a coleção manipulada. O pior caso foi o do processamento do cenário 5, uma possível razão para essa taxa pode ser que as palavras retiradas com o processamento de *Pos-tag* eram necessárias para o cálculo de cosseno *Pos-tag*. Em relação ao baixo nível geral da revocação, pode-se ser atribuído

ao alto número de documentos relevantes, uma vez que na maioria das vezes são medidas inversamente proporcionais. A baixa revocação não é preocupante para sistemas como o QASF, uma vez que se espera poucos retornos de documentos, porém precisos e com a resposta exata em destaque.

Conclusão

Nas áreas de medicina e de saúde, investigar informações contidas em prontuários médicos de pacientes junto a pesquisas em informações científicas pode contribuir para o tratamento e para a prevenção de doenças. No ambiente médico, buscar informações relevantes em artigos científicos de cada área é uma tarefa que exige tempo e experiência dos profissionais, principalmente na formulação de consultas e na navegação por diferentes bibliotecas digitais. Além disso, ler artigos científicos em busca de informações relevantes é uma tarefa dispendiosa de tempo, além das tarefas profissionais diárias. Portanto, o sistema QASF pode auxiliar os profissionais da área da saúde na busca rápida por informações precisas, por exemplo, no domínio de doenças crônicas. O processamento do sistema foi validado com diferentes abordagens.

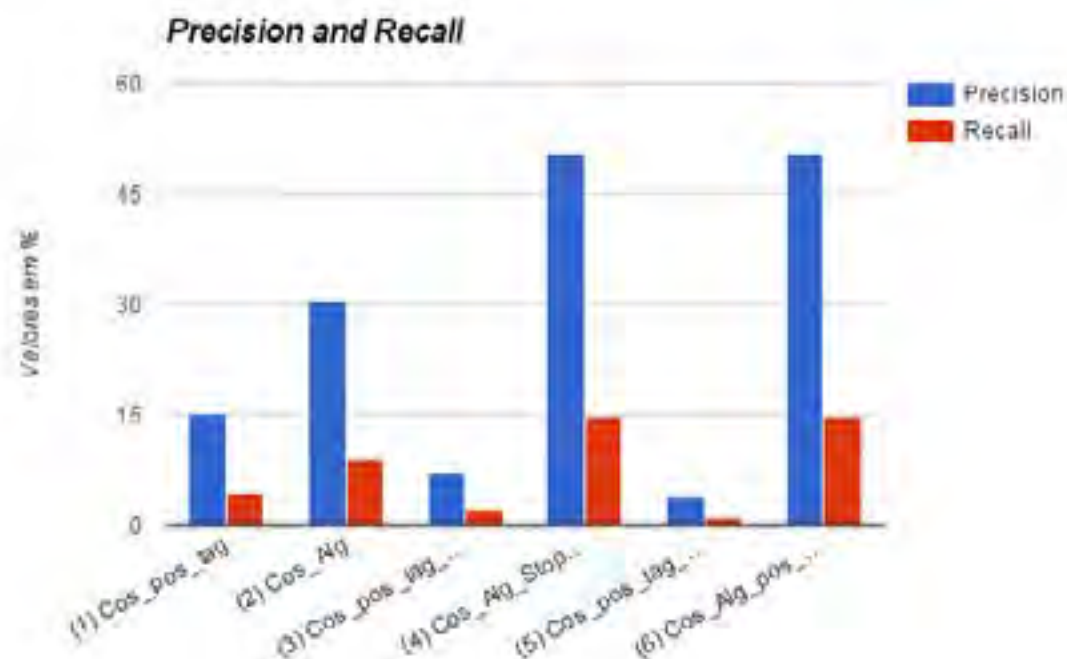


Gráfico 1: Precisão e revocação calculadas com as primeiras 25 respostas.

Com o trabalho em andamento, os autores estão realizando novas avaliações considerando outras medidas como, por exemplo, a medida F. Além disso, outros planos futuros são: (i) finalizar a inclusão dos *frameworks* SisViDas e FREDs para finalização do QASF 3.0, uma vez que esses *frameworks* processam a similaridade entre consultas enviadas, por exemplo pelo módulo PP do QASF, com documentos de domínios específicos; (ii) avaliar o QASF em outros domínios de informação como, por exemplo, o câncer de tireoide suportado pelo *framework* FREDs; (iii) transformar o QASF em uma aplicação que composta por interfaces mobile para facilitar a interação; (iv) avaliar e comparar os resultados entre os dicionários do *Wordnet* e outros dicionários da área médica; (v) incluir o uso de UMLS (*Unified Medical Language System*) e de ontologias do domínio como, por exemplo, a CDO (*chronic disease ontology*) no processamento dos textos; (vi) acrescentar uma etapa de pré-processamento da questão na etapa de “Análise da Questão” por técnicas de aprendizado de máquina contendo

abordagens como, por exemplo, a NER (*Named-Entity Recognition*); e (vii) realizar um estudo comparativo entre estas abordagens para descobrir quais técnicas agrupadas aprimorarão o desempenho.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Pró-Reitoria da Universidade de São Paulo pelas bolsas dos alunos no projeto unificado e também a aluna de mestrado Luciana Farina Almansa pelo apoio no desenvolvimento das ideias e da primeira versão do sistema.

Referências

- [1] Holt JB, Huston SL, Heidari K, Schwartz R, Gollmar CW, Tran A, Bryan L, Liu Y, Croft JB. Indicators for chronic disease surveillance - United States, 2013. *MMWR Recomm Rep*. 2015 Jan ;64(RR-01):1-246.
- [2] Organização Mundial da Saúde. O impacto das doenças crônicas no Brasil [Internet]. [atualizado em 2015 Dec 21; citado em 2016 Mai 8].Disponível em: www.who.int/chp/chronic_disease_report/media/brazil.pdf
- [3] Organização Mundial da Saúde. *Chronicdiseasesandhealthpromotion* [Internet].[citado em 2016 Mai 8].Disponível em: www.who.int/chp/en/
- [4] Allam AMN, Haggag MH. The question answering systems: A survey. *IJRRIS*. 2012 Sep. 2(3): 211–20.
- [5] Hirschman L, Gaizauskas R. Natural language question answering: the view from here. *Nat Lang Eng*. 2001 Dec. 7(4): 275–300.
- [6] Almansa LF, Macedo AA. Sistema de Informação para Perguntas e Respostas em Doenças Crônicas. Em 16o Workshop de Informática Médica. Congresso da Sociedade Brasileira de Computação. 2016 Jul. Porto Alegre, Brasil. 10p.
- [7] Macedo AA, Pessotti HC, Almansa LF, Felipe JC, Kimura ET. Morphometric information to reduce the semantic gap in the characterization of microscopic images of thyroid nodules. *Comput Methods Programs Biomed*. 2016 Jul ;130:162-74.
- [8] Pollettini JT, Baranauskas JA, Ruiz ES, Pimentel MG, Macedo AA. Surveillance for the prevention of chronic diseases through information association. *BMC Medical Genomics*. 2014 Jan. 7(1):7.
- [9] Miller GA. *Wordnet - A Lexical database of English* [Internet]. Princeton: Princeton University Department of Psychology, Department of Computer Science. [atualizado em 2015 may; citado em 2016 jun]. Disponível em : <https://wordnet.princeton.edu/>.
- [10] Bird S, Klein E, Loper E. *Natural Language Processing with Python* [Internet]. Califórnia: O'Reilly Media. 2009 June [citado em mai 2016]Disponível em : http://www.nltk.org/book_1ed/ch05.html.
- [11] NLTK - Natural Language Toolkit. [atualizado em 2016 April 9; citado em 2016 Jul 4].Disponível em: <http://www.nltk.org/>.
- [12] Zani SL. *Álgebra Linear* [Internet]. Departamento de Computação e Matemática ICMC - USP. [citado em 2016 Ago 4].Disponível em: <http://www.icmc.usp.br/~szani/alglin.pdf>.

Apêndice A: Tabela de tagset do NLTK₁₀, usadas no processamento.

Tag	Significado	Tag	Significado
CC	conjunction, coordinating	PRP\$	pronoun, possessive
CD	numeral, cardinal	RB	adverb
DT	determiner	RBR	adverb, comparative
JJ	adjective or numeral, ordinal	RBS	adverb, superlative
JJR	adjective, comparative	RP	particle
JJS	adjective, superlative	VB	verb, base form
NN	noun, common, singular or mass	VBD	verb, past tense
NNP	noun, proper, singular	VBG	verb, present participle or gerund
NNPS	noun, proper, plural	VBN	verb, past participle

Contatos

Gilvan Machado Morais
gilvan.morais@usp.br,

Gabriel Miranda Rubio
gabriel.rubio@usp.br,

Ester E. D. dos Santos
ester.evelyn.santos@usp.br

Alessandra Alaniz Macedo
ale.alaniz@usp.br

Renato de Freitas Bulcão-Neto
rbulcao@ufg.br

SCORE DE ALERTA PRECOCE EM UM REGISTRO MÉDICO ELETRÔNICO

EARLY WARNING SCORE IN AN ELECTRONIC HEALTH RECORD

SCORE DE ALERTAS TEMPRANAS EN UNA HISTORIA CLÍNICA ELECTRÓNICA

Janine Sommer¹, José Federico Rodriguez¹, Fernando Plazzotta¹, Bibiana Schachner¹, Daniel Luna¹

¹Departamento de Informática en Salud. Hospital Italiano de Buenos Aires, Argentina

Resumo: Reconhecer a deterioração clínica do paciente é um aspecto fundamental. A implementação de um sistema de alerta precoce ajuda enfermeiras para obter informação clínica no momento certo para identificar pacientes em risco de deterioração. Um sistema de alerta precoce Reino Unido, imerso em registros médicos eletrônicos de Hospital Italiano de Buenos Aires usando o processo de cuidados de enfermagem implementado em 2014 para facilitar a pontuação e monitoramento, a fim de melhorar a segurança do paciente foi implementado.

Palavras-chave: Alerta Rápido, Registros Eletrônicos de Saúde, Enfermagem em Saúde Comunitária

Resumen: Reconocer el deterioro clínico del paciente es un aspecto clave para la seguridad del mismo. La implementación de un sistema de alerta temprana ayuda a las enfermeras a obtener información clínica en el momento oportuno para identificar a los pacientes con riesgo de deterioro. Se implementó un score de alerta temprana desarrollado en el Reino Unido en la historia clínica electrónica del Hospital Italiano de Buenos Aires. El mismo fue incorporado al proceso de atención de enfermería implementado en la institución en el año 2014. El objetivo de este desarrollo fue facilitar la puntuación y vigilancia con el fin de mejorar la seguridad del paciente.

Palabras clave: Alerta Temprana, Historia Clínica Electrónica, Enfermería en Salud Comunitaria.

Introducción

Reconocer el estado de deterioro de los pacientes es un aspecto clave para posibilitar el monitoreo de la seguridad del paciente, y el uso de sistemas de alerta temprana facilita esta tarea. Las puntuaciones de alerta temprana se desarrollaron para ayudar a la detección precoz de los pacientes en deterioro y se basan en la premisa de que existe una vía fisiológica común para el deterioro en pacientes con enfermedad aguda. Para ello precisan de observaciones oportunas por parte del personal de salud para identificar a aquellos pacientes con riesgo de deterioro.¹ La observación es fundamental para la atención al paciente y es sin duda una de las habilidades clínicas más significativas que realizan las enfermeras. Sin embargo, en los últimos años parece haberse convertido en una prioridad menor para las enfermeras y esta habilidad a menudo se delega a las enfermeras más jóvenes o de apoyo (NCE-POD 2005 y NICE 2007).

El propósito de un score de alerta temprana es ayudar a todas las enfermeras a detectar tempranamente el deterioro del paciente con el fin de prevenir eventos inesperados de los que pueden surgir complicaciones durante el curso de la enfermedad y la recuperación.²

El sistema de alerta se debe utilizar para ayudar a determinar la urgencia y la escala de la respuesta clínica requerida. Según la respuesta obtenida es posible clasificarla en tres niveles: bajo, mediano y alto puntaje.

El objetivo del presente trabajo es describir la integración de un score de alerta temprana a un proceso de atención de enfermería dentro de una historia clínica electrónica.

Materiales y métodos

Escenario

El Hospital Italiano de Buenos Aires (HIBA) es un Hospital Universitario de alta complejidad fundado en 1853. Pertenece a una red sanitaria sin fines de lucro que incluye un segundo hospital, 25 centros ambulatorios y 150 consultorios particulares distribuidos en la ciudad de Buenos Aires y el conurbano bonaerense. La infraestructura se completa con 750 camas de internación, 200 de las cuales son para cuidados críticos, 800 camas de internación domiciliaria y 41 quirófanos. En la red trabajan 2800 médicos, 2800 agentes del equipo de salud y 1900 personas de los sectores administrativos y de gestión.³ Anualmente se realizan aproximadamente 45.000 egresos, 3 millones de consultas y 45000 procedimientos quirúrgicos, de los cuales el 50% fue ambulatorio. Desde el año 1998 se ha implementado de manera gradual un Sistema de Información en Salud (SIS) a partir de un desarrollo “in house” que maneja la información médica y administrativa desde la captura hasta el análisis. Incluye una única Historia Clínica Electrónica (HCE) web, modular, orientada a problemas y centrada en el paciente.⁴ Conocida con el nombre de ITÁLICA, la HCE permite el registro de la atención en los ámbitos: ambulatorio, internación, emergencias y atención domiciliaria; la solicitud de estudios complementarios; prescripción farmacológica y visualización de resultados, que incluye un sistema de almacenamiento y transmisión de imágenes (PACS)⁵ asociadas al paciente.

A su vez el HIBA desarrolló un conjunto de servicios Web con la funcionalidad necesaria para ser integrados, mediante Internet, a diferentes aplicaciones de HCEs, desarrolladas con diferentes lenguajes de programación, y ejecutadas sobre distintas plataformas.⁶

Proceso de Atención de Enfermería

La utilización del proceso de atención de Enfermería (PAE) facilita la comunicación entre los profesionales, evita omisiones y repeticiones, mantiene la continuidad de los cuidados, y favorece la participación del usuario, implicando un aumento de la calidad asistencial.⁷ Describe un proceso mental que realiza el personal de enfermería cuando imparte cuidados a los pacientes⁸, que consta de 5 etapas:

- A. Valoración: comprende la obtención de información sobre los pacientes mediante la entrevista y el exámen físico
- B. Diagnóstico: comprende el juicio clínico sobre una situación o problema
- C. Planificación: determina cómo se impartirán los cuidados pertinentes
- D. Ejecución: donde se lleva a cabo lo planificado
- E. Evaluación: se determina el funcionamiento del plan de enfermería y permite identificar los cambios necesarios.

En el año 2014, llevamos a cabo un rediseño del módulo de enfermería basándonos en el PAE y utilizando el diseño centrado en el usuario⁹, sobre el cual luego se implementó el sistema de alertas tempranas.

Evaluación

Junto al servicio de Clínica Médica se investigó acerca del uso de los sistemas de alerta temprana utilizados en el Reino Unido e Irlanda, luego del análisis se decidió utilizar el “National Early Warning Score” (NEWS)¹⁰, este score se basa en un sistema de puntuación que mide 6 parámetros fisiológicos:

- I. Frecuencia respiratoria
- II. Saturación de oxígeno
- III. Temperatura
- IV. Presión arterial sistólica
- V. Frecuencia cardíaca
- VI. Nivel de conciencia

En referencia a los resultados de las valoraciones, a medida que aumenta dicho valor aumenta la gravedad potencial del estado del paciente, de esta manera se clasificaron en colores representativos que marcan el rango de puntaje obtenido de la valoración:

- 0, alerta temprana verde.
- 1 a 4, alerta temprana amarilla.
- 5 a 6 o cualquier parámetro de 3 puntos parciales, alerta temprana naranja.
- 7 o más, alerta temprana roja.
- Alertas rojas, al menos 1 de 6 parámetros clínicos de gravedad establecidos por el score, que fueron independientes del puntaje anterior.¹⁰

Previo a su implementación, se realizó una prueba piloto en papel donde los enfermeros debían llenar una grilla por cada paciente (ver imagen 1) y realizar el score NEWS siguiendo los puntajes de alerta correspondiente, se formó un equipo de respuesta rápida al cual los enfermeros debían llamar a partir de puntajes con alto riesgo de deterioro, siguiendo un algoritmo que podían visualizar desde el office de enfermería (ver imagen 2).

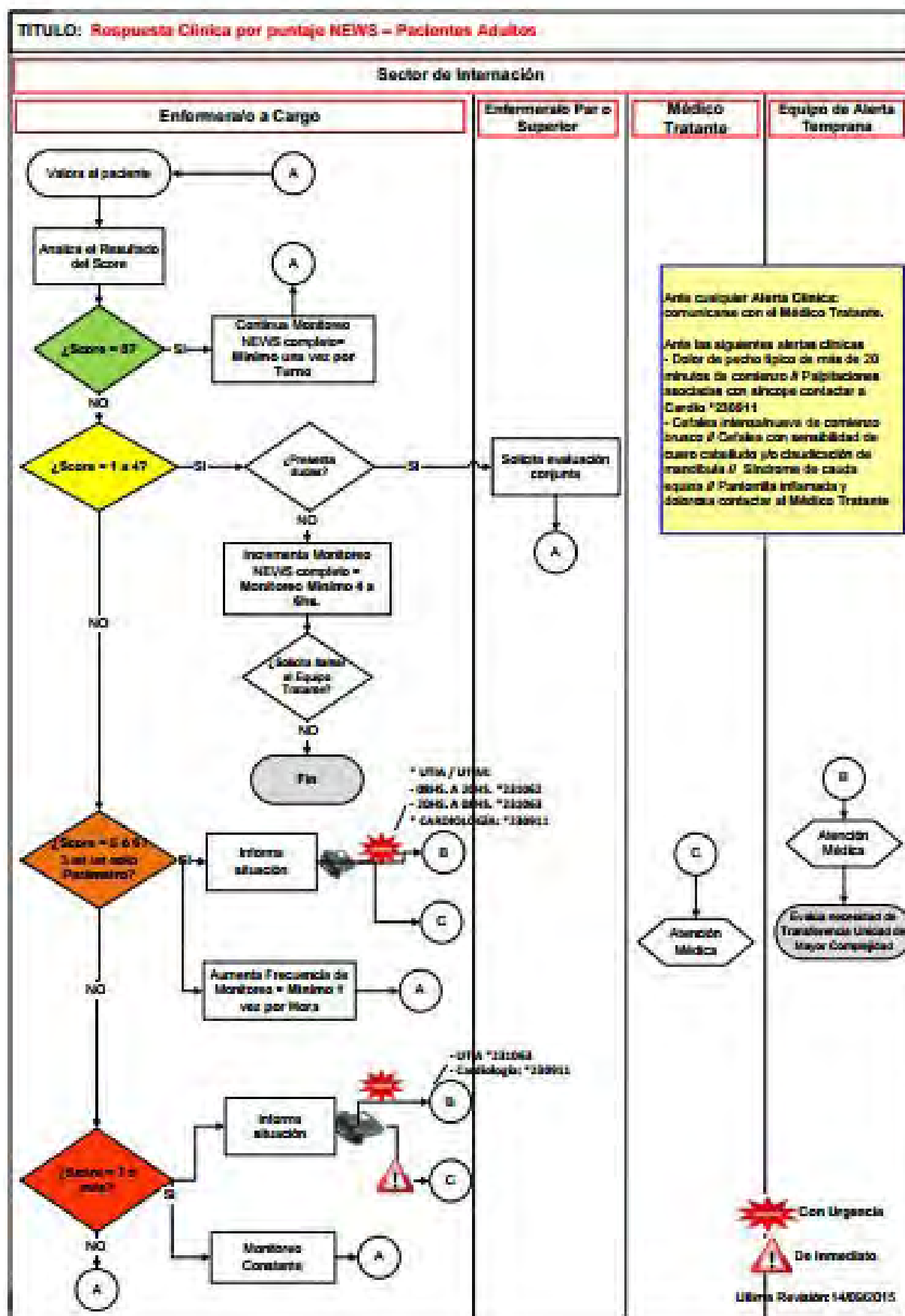


Imagen 2: Algoritmo NEWS

Resultados

A partir de la implementación de la alerta temprana dentro del proceso de atención de enfermería en la historia clínica electrónica se extrajeron indicadores acerca del uso de la plataforma, la cantidad de valoraciones realizadas y la categorización de los diferentes niveles de alerta.

En la figura 3 se observa el número de veces en que se realizaron las valoraciones a los pacientes los primeros 8 meses desde su implementación desde Septiembre de 2015 a Abril de 2016, donde se evidencia un pico en el primer mes de 25731 valoraciones totales independientemente del tipo de alerta. Posteriormente se visualiza una meseta en el uso, manteniéndose alrededor de 21000 valoraciones cada mes para llegar a 24692 valoraciones hacia el final del periodo.

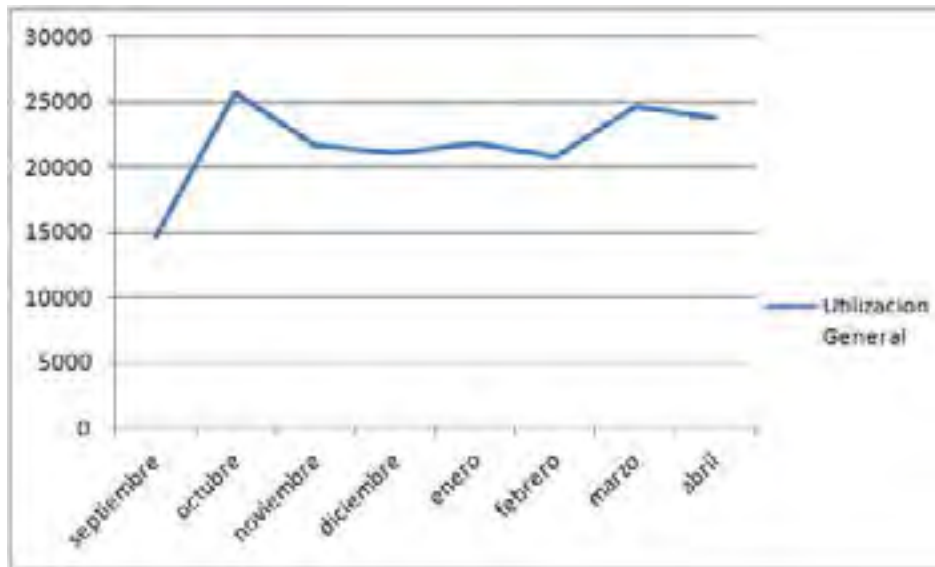


Figura 3, Cantidad de valoraciones totales por mes

En la figura 4 se detalla la cantidad de valoraciones de acuerdo al resultado obtenido, para alertas verdes se muestra un valor máximo de 11847 en el primer mes, para luego mantenerse estable alrededor de 19000 valoraciones mensuales con un ascenso al final del periodo de 22677. En referencia a alertas amarillas los resultados marcan una tendencia estable todo el periodo entre 1500 y 2700 valoraciones mensuales.

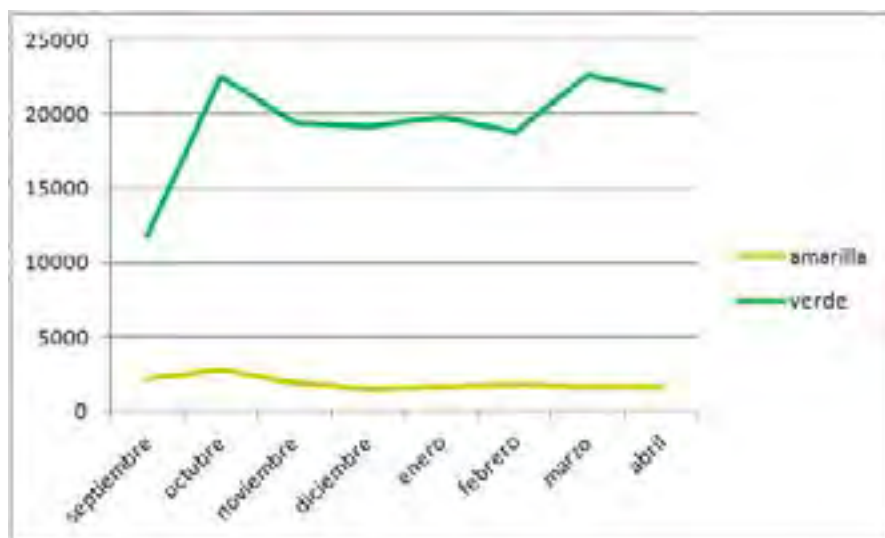


Figura 4, Cantidad de valoraciones según resultado obtenido

En la figura 5 se percibe en primer lugar que al inicio del período un máximo de 399 alertas naranjas para ir descendiendo y alcanzar un mínimo de 197 veces en Diciembre de 2015 manteniéndose estable hacia el final del período. De forma similar se observan las alertas tempranas rojas con un pico inicial de 257 para descender y marcar una meseta hasta Enero de 2016, culminando con 96 hacia Abril del mismo año. En referencia a las alertas rojas el rango de resultados fue semejante en todo lapso del tiempo analizado aproximadamente 7 valoraciones por mes.

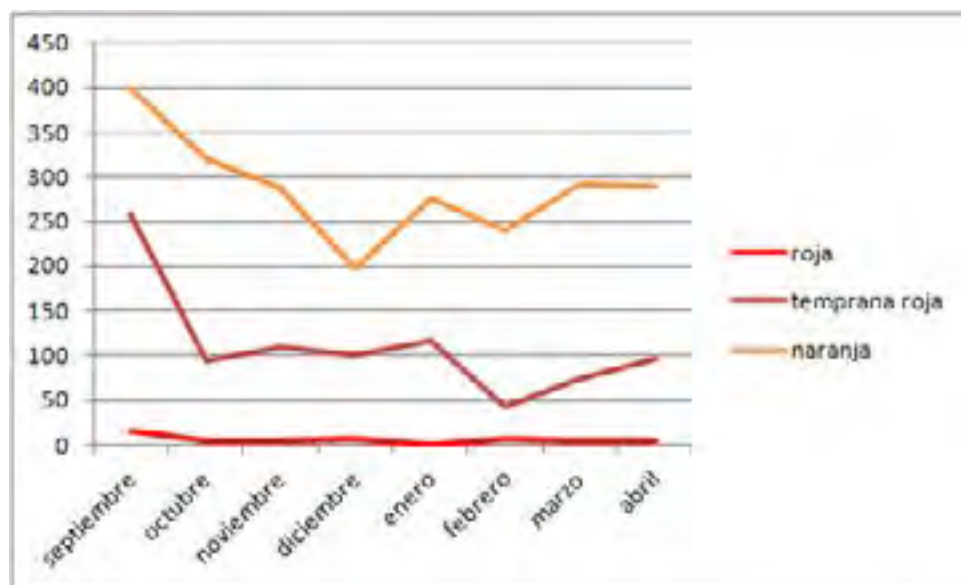


Figura 5, Cantidad de valoraciones según resultado obtenido

Discusión

En este trabajo se describió la utilización de una herramienta fundamental para el proceso de cuidado del paciente, en la que se informatizó un score de alerta temprana para la valoración del deterioro temprano, además se expone el seguimiento del número de valoraciones por resultados en los primeros 8 meses que fueron importantes para la evaluación y poder ir planificando las modificaciones pertinentes.

Se puede observar que al inicio de la implementación del score la utilización en general fue mayor que el resto de los meses con un ascenso en la primer mitad de Septiembre donde llegó a alcanzar el pico máximo de alrededor 25000 valoraciones, probablemente debido a que las primeras interacciones de los usuarios no se haya tenido en cuenta a qué pacientes se debía aplicar la valoración y a cuáles no. Hay que tener en cuenta que las valoraciones de Alerta Roja se mantuvieron constantes y como se esperaba fue la que en menor medida se presentó. Las Alertas Tempranas Verdes fueron las más frecuentes, como era previsible se mantuvo de esta manera en todo el período analizado. En términos generales la frecuencia de cada tipo de alerta fue acorde a las expectativas previas.

Aún no se pueden sacar conclusiones con respecto al beneficio de la herramienta en nuestro hospital, ya que para eso se deberían realizar indicadores que reflejen una comparación mensual y permitir analizar si la implementación de la alerta disminuye o aumenta la identificación de pacientes con deterioro.

Si bien describimos el uso de la herramienta y el resultado de las valoraciones, no se tuvo en cuenta falsos positivos lo que podría haber brindado una mayor exactitud a los resultados. También cabe destacar que no se relacionaron los resultados con las patologías o diagnósticos de pacientes lo que también hubiese aportado mucha información.

Como se describe en trabajos previos es importante en la continuidad del cuidado del paciente contar con un sistema informatizado de scores de deterioro temprano ya que permiten identificar aquellos pacientes potencialmente propensos a complicaciones.¹¹ También hay que tener en cuenta la capacidad de estas herramientas para disminuir el ingreso de pacientes a unidades de cuidados intensivos como se describió en el trabajo de Seiger et al¹²; de todas maneras debido a las variables utilizadas puede ocurrir que en algunas patologías podría ser más sensible y específicas que en otras.¹³

Debemos mencionar que una limitación de este trabajo fue que al tener poco tiempo desde que sucedió la implementación los hallazgos podrían ir variando dependiendo de la curva de aprendizaje en la utilización de los usuarios. Además también no se discriminaron por especialidades cada tipo de alerta, lo que podría haber brindado información valiosa a la hora de analizar los datos y poder interpretar los resultados finales.

Conclusión

La implementación de un score de alerta temprana es una herramienta importante en un sistema de información de salud, permite detectar aquellos pacientes con riesgo en los momentos previos a complicaciones. Nuestro trabajo muestra cómo fue utilizado y las frecuencias de resultados que permitió observar y discriminar cada una de ellas a lo largo de los primeros 8 meses luego de su implementación. A futuro se espera ir integrando mayor cantidad de sectores para que permitan la valoración de una mayor cantidad de pacientes.

Referencias

- [1] Higgins Y, Maries-Tillott C, Quinton S, Richmond J. Promoting patient safety using an early warning scoring system. *Nurs Stand* [Internet]. [cited 2016 Jul 3];22(44):35–40. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18686397>
- [2] Albert BL, Huesman L. Development of a modified early warning score using the electronic medical record. *Dimens Crit Care Nurs* [Internet]. [cited 2016 Jul 3];30(5):283–92. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21841425>
- [3] Schachner MB, González ZA, Sommer JA, Recondo FJ, Gassino FD, Luna DR, et al. Computerization of a Nursing Chart According to the Nursing Process. *Stud Health Technol Inform* [Internet]. 2016 [cited 2016 Jul 3];225:133–7. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27332177>
- [4] Plazzotta F, Luna D, González Bernaldo de Quirós F. [Health information systems: integrating clinical data in different scenarios and users]. *Rev Peru Med Exp y salud pública* [Internet]. [cited 2016 Jul 3];32(2):343–51. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26338397>
- [5] Soriano E, Plazzotta F, Campos F, Kaminker D, Cancio A, Aguilera Díaz J, et al. Integration of healthcare information: from enterprise PACS to patient centered multimedia health record. *Stud Health Technol Inform* [Internet]. 2010 [cited 2016 Jul 3];160(Pt 1):126–30. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20841663>
- [6] Luna D, Lopez G, Otero C, Mauro A, Casanelli CT, González Bernaldo de Quirós F. Implementation of interinstitutional and transnational remote terminology services. *AMIA Annu Symp Proc* [Internet]. 2010 [cited 2016 Jul 3];2010:482–6. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21347025>
- [7] Moreno MI, García YL, Gascón RG. IMPLANTACIÓN DE LA METODOLOGÍA ENFERMERA EN LOS SISTEMAS INFORMÁTICOS DE ATENCIÓN PRIMARIA. *Enfermería Glob*. 2005;4(1).
- [8] Schachner B, Arias AE, Garbino J, Vignau G, Budalich C, Luna DR, et al. Implementación de un Registro electrónico para Enfermería en una Unidad de Cuidados Intensivos del Adulto.

- [9] Schachner MB, Recondo FJ, González ZA, Sommer JA, Stanziola E, Gassino FD, et al. User-Centered Design Practices to Redesign a Nursing e-Chart in Line with the Nursing Process. *Stud Health Technol Inform* [Internet]. 2016 [cited 2016 Jul 3];225:93–7. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27332169>
- [10] Kumar S. IMPACT OF HEALTH INFORMATICS TECHNOLOGY ON THE IMPLEMENTATION OF A MODIFIED EARLY WARNING SCORE (MEWS). *Heal Informatics -An Int J*. 2015;44(3).
- [11] Capan M, Ivy JS, Rohleder T, Hickman J, Huddleston JM. Individualizing and optimizing the use of early warning scores in acute medical care for deteriorating hospitalized patients. *Resuscitation* [Internet]. 2015 Aug [cited 2015 Nov 9];93:107–12. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25597507>
- [12] Seiger N, Maconochie I, Oostenbrink R, Moll HA. Validity of different pediatric early warning scores in the emergency department. *Pediatrics* [Internet]. 2013 Oct [cited 2016 Jul 4];132(4):e841–50. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24019413>
- [13] Breslin K, Marx J, Hoffman H, McBeth R, Pavuluri P. Pediatric early warning score at time of emergency department disposition is associated with level of care. *Pediatr Emerg Care* [Internet]. 2014 Feb [cited 2016 Jul 4];30(2):97–103. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24457497>

Contacto

Janine Sommer
Depto. Informática en Salud – Hospital Italiano
janine.sommer@hospitalitaliano.org.ar

READ.DBC - UM PACOTE PARA IMPORTAÇÃO DE DADOS DO DATASUS NA LINGUAGEM R

Daniela Petruzalek

Resumo: Este artigo apresenta um novo pacote para a linguagem R com a finalidade de ler arquivos de dados do DATASUS em formato DBC. **Métodos:** Foi realizada uma análise do formato do arquivo DBC e desenvolvido um *software* de conversão deste formato para DBF. O código foi encapsulado em um pacote para distribuição. **Resultados:** O pacote *read.dbc* simplificou o processo de importação de dados do DATASUS na linguagem R, permitindo a leitura direta do arquivo DBC sem necessidade de conversão prévia. **Conclusão:** Este trabalho contribui para a democratização do acesso aos dados do DATASUS, flexibilizando as tecnologias empregadas na análise de dados para além das ferramentas disponíveis até o momento.

Palavras-chave: Sistema Único de Saúde (SUS), Análise de Dados, Informática Médica.

Abstract: This article presents a new package for the R language with the objective of reading the DBC file format used by DATASUS. **Methods:** an analysis of the DBC file format has been made and a software was written to convert it to the DBF format. The resulting code was encapsulated in a package structure for deployment. **Results:** The *read.dbc* package has simplified the data import process from DATASUS in the R language, allowing the direct read of the DBC file without previous conversion. **Conclusion:** This work contributes to the democratization of the access to DATASUS data, enabling new technologies to be employed in data analysis beyond the tools available at the present date.

Keywords: Unified Health System, Data Analysis, Medical Informatics.

Introdução

A informatização do Sistema Único de Saúde (SUS) é essencial para a descentralização das atividades de saúde, além da viabilização da participação popular e do controle social sobre a utilização dos recursos disponíveis¹. A disponibilização de dados referentes aos processos de funcionamento do SUS tem a potencialidade de promover a auto regulação, um atributo fundamental conforme especificam as diretrizes do SUS².

O Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS) é o agente responsável pela manutenção das bases de dados nacionais do SUS e da Agência Nacional de Saúde Suplementar (ANS), disponibilizando informações que podem servir para subsidiar análises objetivas da situação sanitária, tomadas de decisão baseadas em evidências e elaboração de programas de ações de saúde³.

Para atender as necessidades de obtenção de informações de modo ágil e rápido, por parte dos atores sociais vinculados ao SUS, o DATASUS desenvolveu um *software* próprio de tabulação, hoje em sua terceira versão, denominado Tabwin⁴. Esse tabulador trabalha com arquivos no formato DBF, introduzido pelo software de gerenciamento de banco de dados dBase.

Devido ao grande volume de dados produzidos pelos mais diversos sistemas de saúde pública, o DATASUS desenvolveu uma extensão do formato de arquivo DBF, no qual os dados são armazenados

de modo compactado, o arquivo DBC⁵. Por ser um formato próprio do DATASUS, os arquivos DBC apenas conseguem ser lidos pelas ferramentas disponibilizadas pelo Ministério da Saúde, dentre elas o Tabwin e uma ferramenta de linha de comando chamada DBC2DBF⁶.

Ambas as ferramentas disponibilizadas no sítio do DATASUS são ferramentas livres, porém de código fechado e disponíveis exclusivamente para a plataforma Windows, o que impõe severas limitações à implementação de melhorias e customizações no *software* de tabulação, ao desenvolvimento de processos automatizados (*batches*) e na escalabilidade das plataformas de *software*, além de vincular o desenvolvimento de qualquer produto derivado a um único sistema operacional.

O sítio do DATASUS documenta a possibilidade de executar o código desenvolvido para Windows em sistemas operacionais Linux através da biblioteca Wine⁷, porém tal abordagem adiciona uma camada indesejável de complexidade à topologia da solução, além de não solucionar todas as limitações expostas acima.

Diante das limitações existentes nas ferramentas atualmente disponibilizadas pelo DATASUS, foi desenvolvido um pacote para leitura de arquivos DBC como uma extensão da linguagem R. O objetivo deste trabalho é demonstrar as capacidades do pacote desenvolvido, o *read.dbc*, quanto à leitura de arquivos DBC sem a necessidade de conversão prévia entre formatos DBC e DBF.

Métodos

A linguagem R possui suporte para leitura e escrita no formato DBF através do pacote *foreign*⁸, mantido pelo R Core Team, o grupo de desenvolvedores responsável pela manutenção e evolução da linguagem. O pacote *foreign* disponibiliza este suporte através das funções *read.dbf* e *write.dbf*, capazes de ler e gravar arquivos DBF, respectivamente. Para adicionar suporte ao arquivo DBC, é necessário implementar a descompactação do arquivo DBC para DBF em tempo de execução.

O grande desafio da leitura de arquivos DBC é o fato de que este é um formato desenvolvido internamente pelo DATASUS com pouca informação disponível ao seu respeito. Existem no mercado, alguns tipos de arquivo que compartilham a extensão DBC, como por exemplo, o *database file* do Microsoft FoxPro, porém estes arquivos não são compatíveis com o formato do DATASUS. No entanto, o estudo de um projeto *open source* chamado *blast-dbf*⁹, um programa de linha de comando escrito na linguagem C que tem a funcionalidade de converter (descompactar) arquivos DBC para DBF, viabilizou o entendimento do mecanismo de compressão empregado nos arquivos DBC.

Uma análise do arquivo DBC e do código fonte do programa *blast-dbf*, revelaram que o cabeçalho do arquivo DBF está praticamente intacto, segundo a especificação do formato dBase Version 7, mas com algumas modificações: após o campo intitulado *field descriptor terminator* (assinalado pelo código 0x0D), ao invés da estrutura *field properties structure* temos uma sequência de 4 bytes indicando o CRC32 do arquivo, seguido pelos dados compactados com o algoritmo *implode* da empresa PKware.

A linguagem R oferece suporte nativo para a importação de funções e bibliotecas escritas em outras linguagens, como o C, C++ e FORTRAN. Aproveitando-se desta capacidade, o código de descompressão de arquivos DBC escrito em C foi transformado em uma *shared library* para permitir o seu acesso pelo interpretador da linguagem R.

Em seguida, foi concebida uma função em R, chamada *dbc2dbf*, servindo de *wrapper* para a função de descompactação exposta pela *shared library*. Através desta função é possível gerar em tempo execução um arquivo DBF a partir de qualquer arquivo DBC que pode então ser lido pela função *read.dbf* do pacote *foreign*.

Para encapsular a complexidade de trabalhar com arquivos DBF temporários outra função foi concebida, denominada *read.dbc*. Esta função é a responsável por orquestrar o acesso aos arquivos e invocar a função *read.dbf*, no arquivo temporário, retornando um *data.frame* com os dados do arquivo

para o chamador. Desta forma, é possível obter uma interface transparente para o usuário abstraído as complexidades da implementação.

A última etapa do projeto foi organizar os códigos fontes de acordo com a estrutura de pacotes do R¹⁰. Este processo foi facilitado pelo uso dos pacotes *roxygen*¹¹ e *devtools*¹². Adicionalmente, o código-fonte e a documentação foram adequados aos padrões estabelecidos pela *The Comprehensive R Archive Network* (CRAN), a biblioteca central da linguagem R, o que permitiu o seu aceite para publicação na mesma.

Publicar um pacote na CRAN traz inúmeros benefícios. Dentre eles, pode-se citar um ganho de qualidade, em virtude dos processos rigorosos de revisão; garantia de funcionamento em múltiplas plataformas, incluindo Linux, Windows e Solaris; e também a facilidade para o usuário final de instalar o pacote por meio da função *install.packages*, da mesma forma que todos os principais pacotes do R são instalados.

Resultados e Discussão

Para demonstrar as potencialidades do pacote *read.dbc* desenvolvido através desse trabalho, foram realizados testes de funcionamento e aplicabilidade. O primeiro passo é a instalação do pacote, que pode ser realizado conforme mostra a Figura 1.

```
> install.packages("read.dbc")
Installing package into '/home/dani/R/x86_64-pc-linux-gnu-library/3.3'
(as 'lib' is unspecified)
trying URL 'https://cran.rstudio.com/src/contrib/read.dbc_1.0.4.tar.gz'
Content type 'unknown' length 20918 bytes (20 KB)
#####
downloaded 20 KB

* installing *source* package 'read.dbc' ...
** package 'read.dbc' successfully unpacked and MD5 sums checked
** libs
gcc -std=gnu99 -I/usr/share/R/include -DNDEBUG -fpic -g -O2 -fstack
or=format-security -D_FORTIFY_SOURCE=2 -g -c blast.c -o blast.o
gcc -std=gnu99 -I/usr/share/R/include -DNDEBUG -fpic -g -O2 -fstack
or=format-security -D_FORTIFY_SOURCE=2 -g -c dbc2dbf.c -o dbc2dbf.o
gcc -std=gnu99 -shared -L/usr/lib/R/lib -Wl,-Bsymbolic-functions -Wl,-z,r
lib -lR
installing to /home/dani/R/x86_64-pc-linux-gnu-library/3.3/read.dbc/libs
** R
** inst
** preparing package for lazy loading
** help
*** installing help indices
** building package indices
** testing if installed package can be loaded
* DONE (read.dbc)

The downloaded source packages are in
'/tmp/RtmpqEQUdw/downloaded_packages'
> |
```

Figura 1: Captura de tela demonstrando a execução da função *install.packages* para a instalação do pacote *read.dbc* no R.

Uma vez que o pacote esteja instalado, com poucas linhas de código é possível carregar qualquer arquivo do DATASUS ou da ANS que seja publicado no formato DBC. A Figura 2 contém a listagem

de um código fonte em R demonstrando o uso da ferramenta para carregar o arquivo de Declarações de Óbitos Fetais (DOFET) do ano de 2013.

```

>
> library(read.dbc)
> url <- "ftp://ftp.datasus.gov.br/dissenin/publicos/SIM/CID10/DOFET/DOFET13.dbc"
> download.file(url, destfile = "DOFET13.dbc")
trying URL 'ftp://ftp.datasus.gov.br/dissenin/publicos/SIM/CID10/DOFET/DOFET13.dbc'
Content type 'unknown' length 2221689 bytes (2,1 MB)
#####
downloaded 2.1 MB

> df <- read.dbc("DOFET13.dbc")
> dim(df)
[1] 31981  77
> head(df[,1:12])
  NUMERODO    CODINST ORIGEM NUMERODOV TIPOBITO CODMUNCART CODCART NUMREGCART DTRE:
1 00421045 MSC4209300001      1      <NA>      1      420930      3594      2846 1608
2 01494717 EGO5208700001      1      <NA>      1      <NA>      <NA>      <NA>
3 01640591 MPA1500600001      1      <NA>      1      <NA>      <NA>      <NA>
4 01750474 EGO5208700001      1      <NA>      1      <NA>      <NA>      <NA>
5 02737375 MPA1500600001      1      <NA>      1      <NA>      <NA>      <NA>
6 04240865 MAP1600500002      1      <NA>      1      <NA>      <NA>      <NA>
>

```

Figura 2: Captura de tela demonstrando a carga do arquivo de Declarações de Óbitos Fetais (DOFET) do ano de 2013 utilizando a função *read.dbc*.

O fato do pacote *read.dbc* ter auferido sucesso junto aos testes da CRAN garante o seu funcionamento em qualquer ambiente R a partir da versão 3.3.0 (versão na qual o pacote foi homologado). Este fator traz inúmeros benefícios tanto para os meios de pesquisa acadêmica quanto para a gestão da saúde como um todo, pois abre a possibilidade para executar análises utilizando qualquer ferramenta que ofereça suporte à linguagem R, e não apenas o Tabwin.

Uma das limitações mais marcantes da linguagem R tradicional é o fato da ferramenta não escalar além do computador local, ou seja, o limite de tamanho de um conjunto de dados a ser analisado é determinado pela quantidade de memória e poder de processamento disponível na máquina que fará a análise. Este problema pode ser resolvido através do uso de tecnologias mais completas de processamento de dados, como por exemplo, o uso de bancos de dados relacionais que possuem suporte à linguagem R ou mesmo de distribuições comerciais da linguagem.

Conclusão

As bases de dados do DATASUS possuem, atualmente, cerca de 31 terabytes de informações a respeito de estabelecimentos de saúde, produção ambulatorial e hospitalar, mortalidade e vigilância epidemiológica, entre outros¹. A exploração das informações disponibilizadas pelos diferentes sistemas operantes junto ao DATASUS enfrentava como obstáculo a limitação técnica das ferramentas até então disponíveis.

O pacote *read.dbc* contribui para a democratização do acesso aos dados do DATASUS, uma vez que permite flexibilizar as tecnologias empregadas na análise de dados através de uma interface simples e intuitiva. O fato de ser um pacote publicado na CRAN, fornece uma garantia adicional de confiabilidade, estabilidade e compatibilidade com múltiplas plataformas, abrindo a possibilidade para a exploração de novas tecnologias que expandem o universo da linguagem R. Além disso, a partir do seu desenvolvimento torna-se possível integrar os dados disponibilizados pelo DATASUS

a linguagens amplamente utilizadas para fins de mineração de dados. A disseminação do presente pacote favorece a construção de estudos em saúde contribuindo para o fortalecimento dos pilares do SUS.

Finalmente, por se tratar de um *software* livre e de código aberto, a comunidade científica pode, de maneira autônoma, propor melhorias e correções de erros, dando maior poder aos seus usuários. Cabe ainda ressaltar que este projeto só foi possível graças à colaboração entre desenvolvedores de código aberto, demonstrando a importância de tal abordagem.

Agradecimentos

À Thiago Augusto Hernandes Rocha pelo incentivo e apoio na revisão do trabalho e à Pablo Marcondes Fonseca por sua contribuição em código aberto e disponibilidade para discutir a tecnologia.

Referências

- [1] Ministério da Saúde. DATASUS Relatório Executivo da Gestão 2011 - 2014. Brasília; 2015. Disponível em: <http://www2.datasus.gov.br/DATASUS/download/201501>. Acesso em 30 de jun. 2016.
- [2] ROLIM LB, CRUZ R de SBLC, SAMPAIO KJA de J. Participação popular e o controle social como diretriz do SUS: uma revisão narrativa. *Saúde em Debate*. 2013;37(96):139–47.
- [3] Informações de Saúde [Internet]. Disponível em: <http://datasus.saude.gov.br/informacoes-de-saude>. Acesso em 30 de jun. 2016.
- [4] Brasil, Ministério da Saúde, Secretaria Executiva, Departamento de Informática do SUS. DATASUS Trajetória 1991-2002. Brasília: Ministério da Saúde; 2002. 62 p. Disponível em: http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/trajetoria_datasus.pdf. Acesso em 30 de jun. 2016.
- [5] Brasil, Ministério da Saúde, Secretaria Executiva, Departamento de Informática do SUS. Tab para Windows Versão 2 [Internet]. [citado 2016 Jun 30]. p. 139. Disponível em: <ftp://ftp.datasus.gov.br/tabwin/tabwin/TabWin.pdf>
- [6] TABWIN [Internet]. [citado 2016 Jun 30]. Disponível em: <http://www2.datasus.gov.br/DATASUS/index.php?area=060805&item=6>
- [7] Novidades no TabWin 3.0 a 3.6 [Internet]. [citado 2016 Jun 30]. Disponível em: <http://www2.datasus.gov.br/DATASUS/tabwin/DocTabWin.htm>
- [8] R Core Team. foreign: Read Data Stored by Minitab, S, SAS, SPSS, Stata, Systat, Weka, dBase, ... [Internet]. 2015. Disponível em: <https://cran.r-project.org/package=foreign>. Acesso em 30 de jun. 2016.
- [9] Fonseca PM. Code to convert from dbc to dbf [Internet]. Disponível em: <https://github.com/eaglebh/blast-dbf>. Acesso em 30 de jun. 2016.
- [10] R Core Team. Writing R Extensions [Internet]. Vol. 0. 2016. p. 176. Disponível em: <https://cran.r-project.org/doc/manuals/r-release/R-exts.pdf>. Acesso em 30 de jun. 2016.
- [11] Wickham H, Danenberg P, Eugster M. roxygen2: In-Source Documentation for R [Internet]. 2016. Disponível em: <https://github.com/klutometis/roxygen>. Acesso em 30 de jun. 2016.
- [12] Wickham H, Chang W. devtools: Tools to Make Developing R Packages Easier [Internet]. 2016. Disponível em: <https://cran.r-project.org/package=devtools>. Acesso em 30 de jun. 2016.

Contato

e-mail: daniela.petruzalek@gmail.com

Telefone: (42) 99116-1104

ABBREVIATIONS SYSTEM: PRELIMINARY RESULTS OF A SATISFACTION STUDY

SISTEMA DAS ABREVIATURAS: RESULTADOS PRELIMINARES DE UM ESTUDO DE SATISFAÇÃO

José Federico Rodriguez¹, Daniel Rizzato Ledo¹, David Pérez¹, Sonia Benítez¹ y Daniel Luna¹.

¹ Department of Health Informatics, Hospital Italiano de Buenos Aires,
Buenos Aires, Argentina.

Resumo: Introdução, com a finalidade de conhecer as opiniões e percepções, este estudo avaliou o impacto que têm um sistema de auto expansão de abreviaturas na satisfação dos usuários em nosso Hospital. Método, o método foi mixto, com entrevistas semi estruturadas, entre dezembro 2015 e janeiro 2016, onde foram incorporados 7 médicos de diferentes especialidades. Enviou-se previamente o questionário por e-mail e finalmente se realizou um análise descritivo das perguntas. Resultados, a maioria esteve “bastante satisfeita” com a utilidade do aplicativo, mais da metade respondeu que é “bastante fácil” ou “muito fácil” de usar.

Discussão-Conclusão, os profissionais consideraram que o uso do aplicativo melhorou a comunicação escrita, diminuiu os erros, favoreceu a compreensão e melhorou o seu trabalho. Vários encontraram significados errados, poucos observaram as mudanças solicitadas nas sugestões. Melhorar o suporte e a qualidade da informação, que limitam o grau de conformidade, aumentaria o nível de satisfação.

Palavras-chave: Registros Eletrônicos de Saúde, Abreviaturas, Inquéritos.

Abstract: Introduction, in order to know the opinions and perceptions, this study evaluates the user satisfaction and impact of a Synchronous Self-expanding Abbreviation (SSA) system in our Hospital. Methods, mixed methods research with semi-structured interviews from December 2015 to January 2016, were included for convenience 7 doctors of different specialties. The survey was previously sent by email and finally a descriptive analysis of the questions was performed. Results, most were “quite satisfied” with the usefulness of the application, more than half said it is “fairly easy” or “very easy” to use. Discussion-Conclusion, professionals considered that the use of application improves the written communication, reduces errors, promotes understanding and improves their work. Many users found wrong meanings, few observed the changes requested in the suggestions. Improve support and quality of information, which limit the degree of conformity, would increase the level of satisfaction.

Keywords: Electronic Health Records, Abbreviations, Survey.

Introduction

The abbreviations are used widely in medical records facilitating the providers' workflow and optimizing the time spent on clinical documentation. For example, in those cases where each note is read by colleagues, it shortens the reading time of the document. However, sometimes these shortcuts could be misinterpreted, mainly when the record is handled by different specialties, which may lead to a lack of communication between healthcare professionals, promoting the occurrence of errors.¹ The

interpretation may vary when different providers analyze the clinical notes affecting the behaviors and decisions made in the patient care.²

In this situation, some of the unsuccessful actions taken by health care organizations include regulate or not allow the use of abbreviations through institutional policies. Less restrictive alternatives implemented are tools developed to expand abbreviations in real time as well as asynchronous disambiguation.^{3,4} Due to ease of use and benefit of expanding the abbreviations in one time, the Hospital implemented a software tool for synchronous disambiguation in the Electronic Health Record (EHR). As a part of the project, we evaluated the impact of the tool use and determine the degree of user satisfaction. The aim of this study is to know the opinions and perceptions of physicians regarding the use of the tool and to develop a satisfaction survey for evaluating the implemented system.

Materials and methods

This is a mixed method study and was conducted in an academic tertiary hospital with 750 inpatient beds (200 for critical care), with 2800 physicians, 2800 agents of the health team and 1900 administrative personnel. The Health Information System (HIS) has been implemented gradually since 1998 and includes a problem-oriented and patient-centered web based EHR.⁵ In August 2015 was implemented the Synchronous Self-expanding Abbreviation (SSA) system, that detects abbreviations in a free text field. This system was user-centered designed and typical abbreviations and their meanings were collected from different areas of the hospital in its construction. The abbreviations can be “unequivocal” (one meaning), “ambiguous” (more than one meaning) and “undefined” (undefined terms). SSA detected about 4000 abbreviations (1000 univocal, 5000 Ambiguous and 2500 not defined), decreasing almost 40% in the use of abbreviations post implementation.

The study was approved by the Ethics Committee of the Hospital through a research protocol with a verbal informed consent; also, it included different steps in order to generate the survey (Figure 1). In Phase 1, a list of questions was generated after a literature review. The survey included questions from a satisfaction survey on Clinical Decision Support System (CDSS) adapted for Medication⁶ and Clinical Abbreviation Disambiguation in Real Time.⁴

In Phase 2, was conducted the qualitative pretest. From December 2015 to January 2016, we invited physicians from different specialties with more than six months of seniority using the EHR, and who were used to writing clinical notes. We tried to get a full representation of our medical staff, according to level of care where they worked, number of beds per specialty, and their working areas. Using a semi-structured interview they were invited to comment on any aspect that has been difficult to understand. We asked opinions about the implemented solution and the interpretation of questions in order to improve the wording of every sentence in the survey. The questions were about the usefulness of the system, ease of use, the time it takes to perform each progress note, the impact in patient care; among other domains. This process allowed improving the survey. This step allowed us to evaluate the quality of the survey and calculate the time for conducting the survey.

In all cases, the interviews were audio-recorded to be stored for later analysis, with the consent of the participant. In addition, every participant received the survey (Google Forms ®) by email. The structured data were collected on spreadsheets. A descriptive analysis was performed of structured questions and also a content analysis of the suggestions.

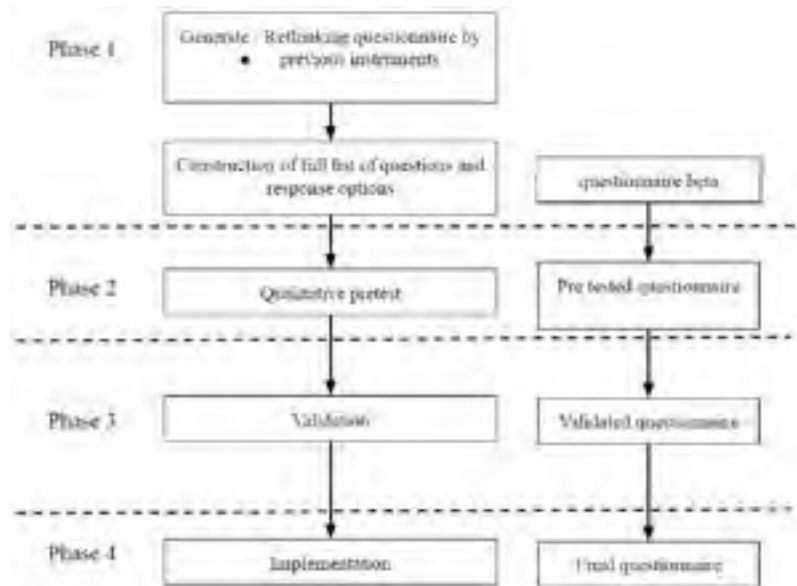


Figure 1: Steps to generate the survey.

Results

At the moment that we wrote this report, the study included seven physicians (male =5), specialists in Nephrology, Cardiology, Pediatrics, Neurology, Urology, Orthopedics and Traumatology, all of them frequent users of the EHR, between 25-30 years old, working in two or more levels of patient care. When we asked about overall satisfaction, the majority of users were “quite satisfied” with the usefulness of the application. Regarding the ease of use of SAA, more than half said it is “fairly easy” or “very easy” to use. The remaining responses related to regular work, abbreviations understanding by other specialties, wrong meanings, suggestions for changes, add news terms and written communication of the health team are detailed in Table 1.

Table 1 Standings answers

Questions	Answer	n=7
In general, how satisfied are you with the system of abbreviations? *	Quite satisfied	5 (71,43%)
How easy to use is the abbreviation system?	Easy / Very easy	4 (57,14%)
	Normal	3(42,86%)
Overall, how well does the abbreviation system improving your work? *	A lot / Something	5(71,43%)
To what extent do you feel that the abbreviation system interrupts your record in the EHR?	Almost nothing	4(57,14%)
	A bit	3 (42,86%)
The expanded abbreviations from other specialties, How does it help your comprehension?	A lot	4(57,14%)
	Something	2(28,57%)
To what extent it considers the abbreviations system decreases the chance of mistakes and misunderstandings in clinical documents? *	Something	4(57,14%)
	A lot	2(28,57%)
By recording in the EHR, how often the system suggests a wrong meaning to the detected abbreviations?	Many times	4(57,14%)
	Sometimes	2(28,57%)
To what extent you consider the abbreviations system improves written communication of the health team? *	A lot	4(57,14%)
	Something	3(42,86%)
Did you make suggestions for change or add abbreviations?	Yes	7(100%)
Did the requested changes were made?	They were completed	3(42,86%)
When recording in the HCE, How useful would be to provide the meanings of abbreviations according to the care area or service?	Very useful	4(57,14%)
	Nothing	3(42,86%)

* Questions with the best answers

When they were asked about suggestions for changes and the responses of the system support, some opinions were: '*...I suggested several times, they don't want change it. Can I send by help desk? I don't know ... going for suggestions? I will keep trying. I will send with exclamation marks...*'; '*...I suggested through the small window in the progress notes and I never got a response ...*', '*...I sent modifications, I requested add new terms but I didn't received any reply and I haven't saw the changes ...*'.

Domains with best results are shown in figure 2. For that, were taken the proportion of positive answers (Options "Something", "Enough", "A lot").

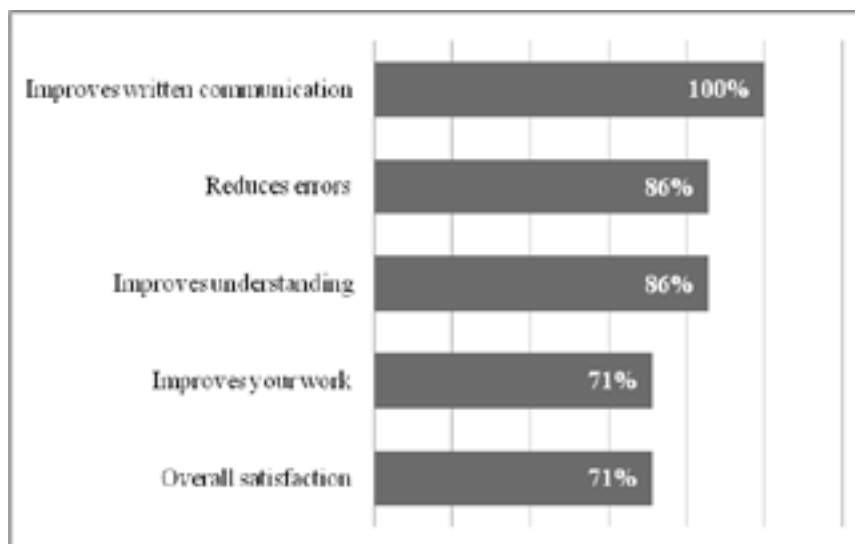


Figure 2: Answers with best results (positive responses).

Discussion

As a part of the development of a satisfaction survey in the evaluation of the use of the implemented system, this study was done to know the views and perceptions of professionals about the use of the self-expanding abbreviation system. As it was mentioned, most of the users were “very satisfied” with the usefulness of the application and generally all domains had positive responses. It is noteworthy that professionals consider the use of application improves written communication, reduces errors in clinical record, promotes reading comprehension, improves their work, and more than half did not perceive that the system interrupted the record process.

While the results were obtained from only 7 users recruited for convenience, we highlight that these correspond to different specialties, in which medical residents and staff physicians were included. We believe that the overall satisfaction could be modified considering that almost 60% of participants said they “often” find wrong meanings in the detected abbreviations. On the other hand, all professionals made suggestions for modifications and additions of meanings of abbreviations through channels of suggestions and complaints, but little less than half they could observe the changes requested. These are the factors that could cause users were not more satisfied with the use of abbreviations and, as described in other studies, the satisfaction is a multi-factorial phenomenon that influences the degree of conformity with information systems.^{7,8} More studies are needed to determine and confirm these results.

This is part of a work that aims to evaluate the developed tool and continue with the cycle of continuous improvement of the system, which will allow adapt the survey to be distributed to a greater number of users.

Conclusion

This study shows that users are overall satisfied with the usefulness of the abbreviations system in the EHR. However, there are factors such as the system support and quality of information that constrain the degree of conformity, which they could be intervened to increase the level of satisfaction.

References

- [1] Parvaiz MA, Subramanian A, Kendall NS. The use of abbreviations in medical records in a multidisciplinary world--an imminent disaster. *Commun Med.* (2008) Jan; 5(1):25–33.
- [2] Choy Koh K, Mun Lau K, Aisyah Mohd Yusof S, Ikhwan Mohamad A, Syazana Ahmad Shahabuddin F, Hazirah Ahmat N, et al. A study on the use of abbreviations among doctors and nurses in the medical department of a tertiary hospital in Malaysia. *Med J Malaysia.* 2015;70(6).
- [3] Wu Y, Denny JC, Rosenbloom ST, Miller RA, Giuse DA, Xu H. A comparative study of current Clinical Natural Language Processing systems on handling ab-breviations in discharge summaries. *AMIA Annu Symp Proc.* (2012); 2012:997–1003.
- [4] Wu Y, Denny JC, Rosenbloom ST, Miller RA, Giuse DA, Song M, et al. A Preliminary Study of Clinical Abbreviation Disambiguation in Real Time. *Appl Clin Inform.*(2015); 6(2):364–74.
- [5] Luna D, Plazzotta F, Otero C, González Bernaldo de Quirós F, Baum A, Benítez S. Incorporación de tecnologías de la información y de las comunicaciones en el Hospital Italiano de Buenos Aires. (2012).
- [6] Kim J, Chae YM, Kim S, Ho SH. A Study on User Satisfaction regarding the Clinical Decision Support System (CDSS) for Medication. - MEDLINE® - ProQuest. (2012); 18(1):35–43.
- [7] Petter S, DeLone W, McLean E. Measuring information systems success: models, dimensions, measures, and interrelationships. *Eur J Inf Syst.*(2008); 17(3):236–63.
- [8] Palm J-M, Dart T, Dupuis I, Leneveut L, Degoulet P. Clinical information system post-adoption evaluation at the georges pompidou university hospital. *AMIA Annu Symp Proc.* (2010); 2010:582–6.

Contact

José Federico Rodríguez, Department of Health Informatics.

Hospital Italiano de Buenos Aires, Juan D. Perón 4190, C1181ACH Buenos Aires, Argentina.

E-mail:

josef.rodriguez@hospitalitaliano.org.ar.

CHARACTERIZING COMORBIDITIES, A STEP TO ORGANIZE THE PATIENT'S PROBLEMS LISTS

CARACTERIZANDO COMORBIDADES, UM PASSO PARA ORGANIZAR A LISTA DE PROBLEMAS

Santiago Márquez Fossier, Federico Rodríguez, Sonia Benítez, Carlos Otero, Daniel Luna
Department of Health Informatics / Hospital Italiano de Buenos Aires, Buenos Aires,
Argentina

Resumo: Uma lista de problemas precisa e atualizada é essencial em um Registro Eletrônico em Saúde (RES) orientada a problemas. A falta de organização e categorização dos problemas limitam o resultado. Há certos problemas que afetam mais a evolução clínica do paciente, o que denominamos comorbidades.

Objetivos: O propósito deste artigo é caracterizar o conceito de comorbidade; bem como, classificar e identificar as comorbidades.

Métodos: Realizamos uma busca bibliográfica para caracterizar o conceito de comorbidade. Posteriormente analisamos a RES do Hospital de Buenos Aires desde 1998 a 2015. Todos os problemas registrados nas epícrises como comorbidades foram tomados para análise.

Resultados: 20.849 ID-conceitos foram registrados e identificados inicialmente na epícrises. 90% foi levado para análise individual. 614 conceitos foram identificados como comorbidades (80,24% de registros).

Conclusões: A maioria dos problemas analisados foram caracterizados como comorbidades, condizendo com a observação que gerou uma lista com as comorbidades mais frequentes.

Palavras-chave: Comorbidade, Registro Eletrônico de Saúde, carga de doença, lista de problemas do paciente, reutilização de dados Saúde.

Abstract: *An accurate and updated problems list is critical in a problem oriented Electronic Health Record (EHR). The lack of organization and categorization of the problems limits the value of the list. There are certain problems that affect more than others the clinical evolution of the patient, these are known as comorbidities.*

Objectives: *Characterize the comorbidity concept and identify, and classify the comorbidities.*

Methods: *A literature search of available definitions to characterize the concept "comorbidity". Then we analyzed the EHR in a Hospital from 1998 to 2015. All recorded problems as comorbidities conditions in patient discharge summaries were taken for analysis.*

Results: *20,849 ID-concepts were initially obtained as comorbidities in patient discharge summaries. The 90% more frequent were taken for individual analysis. 614 ID-concepts were identified as comorbidities (80.24% of all records).*

Conclusions: *Most of the problems analyzed were characterized as comorbidities making a list of the most frequently recorded.*

Keywords: *Comorbidity, Electronic Health Record, Burden of illness, patient problems list, meaningful use.*

Introduction

Larry Weed, MD is known as the father of the problem-oriented medical record, inventor of the now-ubiquitous SOAP (subjective/objective/assessment/plan) note, and developer of the Problem-Oriented Medical Information System (PROMIS). His paper "Medical Records that Guide and Teach"

is one of the most-cited informatics papers of all time, having been referenced nearly a thousand times. Over the course of his career, he has worked as a scientist, physician, entrepreneur, and, most recently, health system visionary, and has always been a fierce and tireless advocate for a safer, better organized, more efficient, and science-driven health system. Even in today's era of electronic medical records, the problem of conceptualizing and organizing patient data around problems is still a challenge¹.

An accurate and updated problems list is critical in the electronic health record (EHR) as it plays a mayor role in assessing patient clinical status and facilitates communication between providers. However, keeping a precise problems list can be a challenge. In addition to the direct effects on patient care, inaccurate or incomplete problem lists have downstream effects on clinical decision support, research, quality measurement, care management and myriad other patient care functions that depend on accurate knowledge of a patient's problems^{2,3}.

There are certain problems that affect more than others the clinical evolution of the patient, these are known as comorbidities. Comorbidities are associated with worse health outcomes, more complex clinical management, and increased health care costs. There is no agreement, however, on the meaning of the term. Health care increasingly needs to address the management of individuals with multiple coexisting diseases⁴. In the United States, about 80% of Medicare spending is devoted to patients with 4 or more chronic conditions, with costs increasing exponentially as the number of chronic conditions increases⁵. This realization is responsible for a growing interest on the part of practitioners and researchers in the impact of comorbidity on a range of outcomes, such as mortality, health-related quality of life, functioning, and quality of health care⁶⁻⁸.

Identifying those problems in the patient problems list, contrasting them with other problems gives priority and order, but usually the comorbidities are lost in the patient problems list, without a clear strategy to improve their record². The purposes of this article is to characterize the concept of comorbidity, identify and classify the problems using a large volume of data allowed by the use of Electronic Health Records.

Materials and methods

A descriptive, observational and retrospective study was made in an University Hospital, an academic high complexity hospital with 750 inpatient beds (200 for critical care), 800 home care beds and 41 operating rooms. On the net works 2800 physicians, 2800 agents of the health team and 1900 administrative personnel. Its Health Information System (HIS) has been implemented gradually since 1998 from an "in house" development including a single web EHR, modular, problem-oriented and patient-centered⁹. All recorded problems use a Global Language of Healthcare (SNOMED CT), one of the most comprehensive and precise clinical health terminology product that use standarized terminologicals codes¹⁰.

Initially, a literature search of available definitions to characterize the concept "comorbidity" was made. (PubMed search in MEDLINE including only the term "comorbidity" over 70,000 records were retrieve in the last 10 years).

Several definitions were suggested for comorbidities based on different conceptualizations, through reading and analysis three concepts were selected for defining comorbidities according to the literature.

All recorded problems as comorbidities conditions in EHR (Patient Discharge Summaries) in the period between 1998 and 2015 were taken for analysis with the following inclusion and exclusion criteria.

- Problems that exist or have existed during the clinical course of the patient with the index disease being studied^{7, 12}.

- Problems with burden of illness, understood as the physiological dysfunction or the total burden of different diseases that have an impact on an individual's physiologic reserve. Mentioned refers to the value of a problem in the patient's health^{7, 15, 16}.
- The only exclusion criteria were those acute conditions that after his resolution does not increase patients burden of illness^{7, 15}.

The burden of illness concept are used and accepted by World Health Organization, which measures the Global Burden of Disease using the disability-adjusted life year (DALY)^{7,15,16}. Enabling the possibility of quantifying the degree of burden of disease for each comorbidity.

Two physicians trained in two different specialties (Internal Medicine and Cardiology) performed identification and classification by specialty. A Kappa analysis of the observations was performed.

Results

20,849 problems (Descriptions-ID codes) were initially obtained; these were recorded as comorbidities in patient discharge summaries for the 17 years studied. The 90% more frequent were taken for individual analysis. According to established criteria, 614 concepts met the criteria and were included by both physicians (Figure 1). These concepts were recorded 657,694 times, representing 80.24% of all records. The most frequently recorded comorbidity was High Blood Pressure (124,186) followed by Dyslipidemia (60.245) Table 1. The Kappa analysis among the observers was 0.68 (95% CI, 0.615 to 0.729).

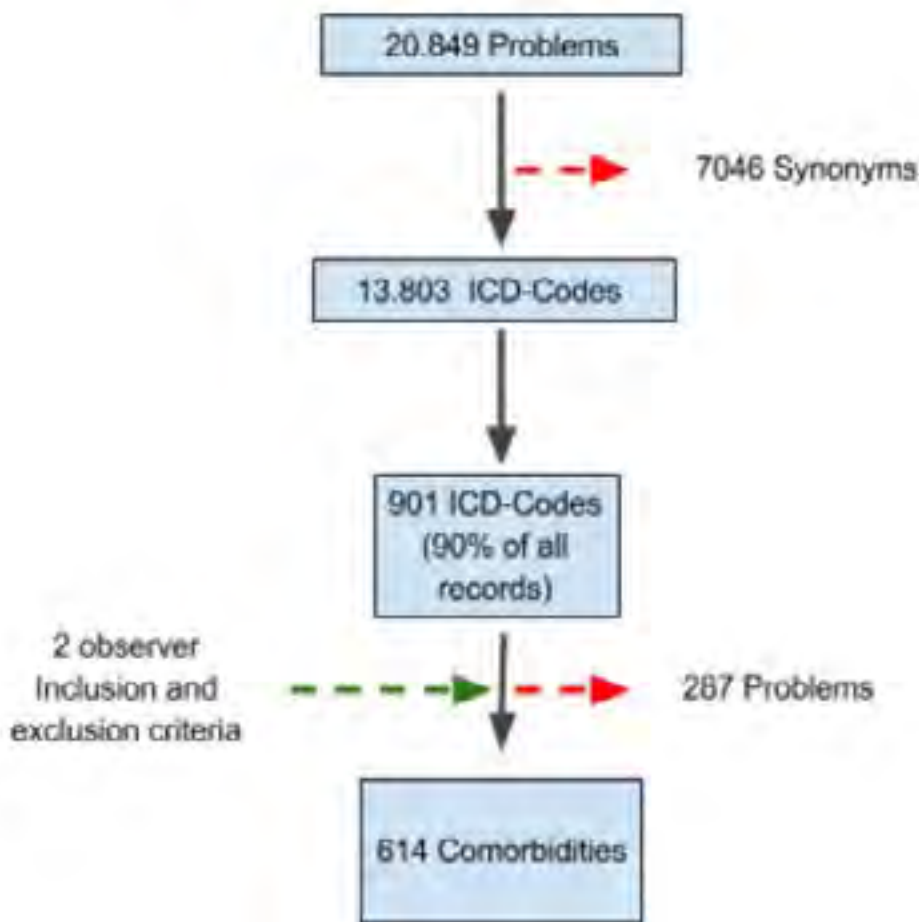


Figure 1. 20,849 problems (Descriptions ID-Codes) recorded as comorbidities in the EHR. 7046 synonyms were dismissed. Evaluating 90% of records, 901 ICD-Codes (Concepts-ID). After selection of inclusion and exclusion criteria 614 Comorbidities were identified.

Table 1. List of the most common comorbidities sorted by the number of times recorded on patient discharge summaries during the study period (1998-2015).

Comorbidities	Recorded
High blood pressure	124.186
Dyslipidemia	60.245
Tobacco abuse	25.206
Diabetes mellitus type 2	23.358
Hypothyroidism	22.871
Obesity	16.412
Chronic renal failure	15.185
Chronic obstructive pulmonary disease (COPD)	9.598
Depression	8.718
Osteoporosis	8.321

Finally the concepts were ordered according to medical specialty, the most common it was Cardiovascular (22.8%) followed by Oncology (17.6%). Figure 2.

Table 2. Percentage of comorbidities according to medical specialty's

Specialties	Percentage
Cardiovascular	22,9 %
Oncology	16,7 %
Gastroenterology	9,2 %
Neurology	7,9 %
Hematology	6,7 %
Endocrinology	6,4 %
Nephrology/Urology	5,6 %
Pneumology	3,5
Psychiatry	3,7
Rheumatology	3,7
Orthopedics and traumatology	2,8
Surgery	1,7
Infectious diseases	1,9
Others	2,7

Discussion

Inaccurate or incomplete patient's problem lists have downstream effects on clinical decision support, research, quality measurement, care management²³. This article aims to characterize the concept of comorbidity, as well as identify and classify the problems that are considered to be comorbidities, to improve the patient information management.

Regarding the concordance analysis (0.67), it was a good concordance among observers¹⁸. It might have been better, probably due to discrepancies by the specialties of the physicians who performed the selection according to the inclusion and exclusion criteria. But the different points of view added additional value to the problems selection.

It is noteworthy that the comorbidity definition used is not previously validated. However, the burden of illness concept are used and accepted by World Health Organization, which measures the Global Burden of Disease using disability-adjusted life year (DALY) (15-17), enabling the possibility of quantifying the degree of burden of disease for each comorbidity¹⁴.

The findings may have relevance as a scientific contribution to validate (or improve) the concept of morbidity, helping to prioritize further problems in the lists.

The results of this article are not generalizable to other institutions globally but provide a basis for the comorbidity definition and can be taken for future studies.

Conclusion

The criteria found according to literature were used to characterize and identify comorbidities with substantial inter-observer agreement, making a list of the most frequent comorbidities. As a future line, the list of comorbidities obtained from this article could be implemented in order to select them from EHRs giving a hierarchical display in the patient's problems list, regardless of where the patient is, for example, hospitalization, emergency, operating rooms or home care.

References

- [1] Adam Wright. (2015). Clinical Problem Lists in the Electronic Health Record. 2015.
- [2] Blumenthal D, Tavenner M. The “Meaningful Use” Regulation for Electronic Health Records. *N Engl J Med* [Internet]. Massachusetts Medical Society; 2010 Jul 13;363(6):501–4. Available from: <http://dx.doi.org/10.1056/NEJMp1006114>
- [3] Shabestari, O., & Roudsari, A. (2013). Challenges in data quality assurance for electronic health records. *Studies in Health Technology and Informatics*, 183, 37–41. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23388250>
- [4] Starfield, Barbara. “Threads and Yarns: Weaving the Tapestry of Comorbidity.” *Annals of Family Medicine* 4.2 (2006): 101–103. PMC. Web. 2 July 2016.
- [5] JL, W., Starfield, B., & Anderson, G. (2002). Prevalence, expenditures, and complications of multiple chronic conditions in the elderly. *Archives of Internal Medicine*, 162(20), 2269–2276.
- [6] Fortin, Martin et al. “Multimorbidity’s Many Challenges.” *BMJ : British Medical Journal* 334.7602 (2007): 1016–1017. PMC. Web. 2 July 2016.
- [7] Ritchie, C. (2007, June). Health care quality and multimorbidity: the jury is still out. *Medical Care. United States*. doi:10.1097/MLR.0b013e318074d3c1
- [8] Valderas, J. M., Starfield, B., Sibbald, B., Salisbury, C., & Roland, M. (2009). Defining comorbidity: implications for understanding health and health services. *Annals of Family Medicine*, 7(4), 357–363. doi:10.1370/afm.983
- [9] Luna D, Plazzotta F, Otero C, González Bernaldo de Quirós F, Baum A, Benítez S. Incorporación de tecnologías de la información y de las comunicaciones en el Hospital Italiano de Buenos Aires. 2012
- [10] Lee D, de Keizer N, Lau F, Cornet R. Literature review of SNOMED CT use. *J Am Med Inform Assoc* [Internet]. 2014;21(e1):e11–9. Available from:
- [11] Abhyankar, Swapna et al. “An Update on the Use of Health Information Technology in Newborn Screening.” *Seminars in perinatology* 39.3 (2015): 188–193. PMC. Web. 30 June 2016.
- [12] Feinstein, A. R. (1970). The pre-therapeutic classification of comorbidity in chronic disease.. *Journal of Chronic Diseases*, 23(7), 455–468.
- [13] Altman DG (1991) *Practical statistics for medical research*. London: Chapman and Hall.

- [14] Wright, A., McCoy, A. B., Hickman, T.-T. T., Hilaire, D. S., Borbolla, D., Bowes, W. A. 3rd, Sittig, D. F. (2015). Problem list completeness in electronic health records: A multi-site study and assessment of success factors. *International Journal of Medical Informatics*, 84(10), 784–790. doi:10.1016/j.ijmedinf.2015.06.011
- [15] World Health Organization. The Global Burden of Disease concept. Available from: http://www.who.int/quantifying_ehimpacts/publications/en/9241546204chap3.pdf
- [16] Murray, C. J., & Lopez, a D. (1996). Evidence-based health policy--lessons from the Global Burden of Disease Study. *Science (New York, N.Y.)*, 274(November), 740–743. doi:10.1126/science.274.5288.740
- [17] Reidpath, D. D., Allotey, P. A., Kouame, A., & Cummins, R. A. (2003). Measuring health in a vacuum: examining the disability weight of the DALY. *Health Policy and Planning*, 18(4), 351–356.
- [18] Altman DG. *Practical statistics for medical research*. New York: Chapman and Hall; 1991.

Contato

Santiago Márquez Fosser,
Department of Health Informatics.
Buenos Aires, Juan D. Perón 4190, C1181ACH
Buenos Aires, Argentina.
santiago.marquez@hospitalitaliano.org.ar

GERAÇÃO AUTOMÁTICA DE APLICATIVOS MÓVEIS A PARTIR DE PROTOCOLOS CLÍNICOS

Karine Nóra Dias¹ e Daniel Welfer²

¹Mestrado em Engenharia Elétrica/Universidade Federal do Pampa, Alegrete, Brasil

² Departamento de Computação Aplicada (DCOM), Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Brasil

Resumo: Atualmente, com a popularização de *smartphones*, profissionais da saúde podem contar com aplicativos de auxílio ao atendimento clínico. Este trabalho objetiva apresentar uma ferramenta *web* para geração automática de aplicativos móveis. Seu propósito é permitir que os profissionais da saúde desenvolvam esses aplicativos a partir da descrição dos seus próprios protocolos clínicos. Para isso, primeiramente verificou-se na literatura trabalhos relacionados com geração de aplicativos automáticos e a área de saúde. Após, foi estudado os protocolos clínicos e então foi desenvolvido a arquitetura e lógica de uma ferramenta de geração automática de aplicativos móveis a partir da descrição gráfica de protocolos clínicos. Como resultado, foi desenvolvido um sistema *web* que automatiza protocolos clínicos para a plataforma Android. A arquitetura desenvolvida proporcionou resultados preliminares que aprovam a viabilidade deste estudo.

Palavras-chave: Protocolos clínicos; Aplicativos Móveis; Fluxo de Trabalho.

Abstract: Currently, with the popularization of *smartphones*, healthcare professionals can take advantage of mobile applications to support clinical care. This paper introduces a software tool for automatic generation of mobile applications. The central idea is to allow health professionals to develop these applications from the description of their own clinical protocols. Thus, the automatic generation of applications in healthcare have been properly investigated in the existing literature. Afterwards, the clinical protocols were studied and then the architecture and logic of the proposed tool was developed from the graphic description of clinical protocols. Consequently, a web system that automates clinical protocols for the Android platform was developed. Preliminary results of the developed architecture demonstrate the feasibility of this study.

Keywords: Clinical Protocols; Mobile Applications; Workflow.

Introdução

Prezando a otimização e eficácia dos processos de diagnóstico, tratamento, monitorização clínica e laboratorial de doenças, instituições de saúde regem seus atendimentos embasados em protocolos clínicos e diretrizes terapêuticas. No Brasil, a utilização desses documentos em procedimentos por gestores do Sistema Único de Saúde (SUS) é estabelecida por lei federal¹.

O protocolo clínico é um instrumento de gestão da clínica que, sob a forma de uma documentação sistematizada ou de algoritmos, normaliza o padrão de atendimento à saúde em um ponto de atenção². Todo conteúdo que constitui os protocolos clínicos e diretrizes terapêuticas é baseado em revisões sistemáticas e avaliações dos benefícios e danos das opções alternativas de cuidados³. Além disso, tais documentos têm como objetivo melhorar a qualidade do atendimento, limitar as variações de prática injustificadas e reduzir os custos de saúde. Para representar as informações contidas nos protocolos

clínicos, há três principais categorias: modelos de documentos; árvores de decisão e modelos probabilísticos; e através de modelos de rede hierárquica de tarefas³.

Atualmente os dispositivos móveis se popularizam através de *smartphones* e *tablets* devido aos seus recursos de alto poder de processamento, armazenamento, múltiplos sensores, telas sensíveis e capacidade de diferentes conexões de rede, aliados de custos mais baixos e melhor portabilidade. E conseqüentemente, um dos principais setores atingidos pelo uso crescente dessas tecnologias da informação e comunicação é o da saúde⁴.

Classificados como *mHealth* (*mobile + health*), as aplicações para dispositivos móveis também possuem diversos segmentos: um dos tipos desses *softwares* são os Sistemas de Apoio à Decisão Clínica (SADC)⁴. Os SADC possuem o objetivo de automatizar diretrizes de cuidados complexos para facilitar o acesso, dos profissionais de saúde, no conhecimento em suas decisões clínicas diárias. Além disso, os SADC têm intenção de trazer benefícios como: aplicativo educacional para novos profissionais; evitar erros humanos nos diagnósticos ou prescrição terapêutica; otimização de tempo no acesso ao conhecimento de diretrizes; e confiabilidade ao conteúdo.

Na literatura científica são encontrados diversos trabalhos que tiveram intenção de desenvolver aplicativos SADC, como Palazuelos et al.⁵ (2013), Welfer et al.⁶ (2014), Dias et al.⁷ (2016), entre outros citados em Martínez-Perez et al.⁴ (2014). A partir desses trabalhos, apesar das divergentes propostas, pode-se notar um padrão na lógica de desenvolvimento, que vai de encontro a algumas representações dos protocolos clínicos.

A utilização de dispositivos móveis na prática clínica é cada vez mais recorrente, tendo como principais funcionalidades aquelas aplicações que provem educação médica e auxílio na prática⁸. No entanto, a criação de aplicativos *mHealth* requer recursos essenciais do desenvolvimento de *software*, que um profissional da saúde pode ser leigo, como a projeção da arquitetura do sistema e sua codificação na linguagem de programação específica ao sistema operacional móvel. Dessa forma, dificulta-se iniciativas de profissionais da saúde na criação de aplicativos focados em situações de seus cotidianos. Além disso, é importante ressaltar que em muitos hospitais brasileiros, os diretores destacam que o uso da tecnologia da informação (TI) agrega valor aos serviços prestados, porém, existem dificuldades financeiras para investimentos em TI, na alocação de recursos e definição de prioridades⁹. Dessa forma, documentos como os protocolos clínicos não são prioridade para automatização.

Visando a estrutura de confecção de protocolos padronizadas, este trabalho possui o objetivo de apresentar uma ferramenta *web* genérica para transformar os elementos de um protocolo clínico em aplicações SADC para plataforma Android. O objetivo dessa proposta é facilitar o processo de desenvolvimento de aplicativos a partir de iniciativas diretas de profissionais da saúde.

Métodos

A partir da hipótese que alguns aplicativos *mHealth* possuem sua estrutura lógica semelhante, os autores deste trabalho investigaram documentos científicos de cunho médico que possuem esta característica de ser padronizado. Sendo assim, constatou-se que os protocolos clínicos correspondem aos requisitos mencionados. Dessa forma, iniciou-se uma investigação sobre a existência, na literatura científica, de ferramentas que propõe a criação dinâmica/automática de aplicativos, ou seja, sem necessidade de programação de código-fonte, para profissionais da saúde.

A pesquisa sobre criação dinâmica/automática foi realizada nos periódicos da CAPES e através do Google Scholar. Objetivou-se nos termos: *app-builder*, *code-generator*, *clinical protocol*, *mHealth* e *health*. Os resultados desta pesquisa apresenta-se na Seção Trabalhos Relacionados.

Após a realização da pesquisa em bases científicas, estudou-se a estrutura dos protocolos clínicos, na qual pode-se perceber que é possível, e em muitas vezes já é estabelecido, organizar as informações de forma gráfica utilizando fluxogramas. A partir destas características definiu-se a lógica para

construir aplicativos sem a necessidade de programação. Estas fundamentações serão apresentadas na Seção Definição da ferramenta.

Para apresentar a ferramenta, realizou-se uma construção experimental de aplicativo utilizando um fluxograma de protocolo clínico publicado em Dias et al.⁷ (2016).

Trabalhos Relacionados

Nesta Seção serão descritos os trabalhos encontrados na literatura, relacionados ao tema “Geração automática de aplicativos móveis”, ou seja, sistemas que gerem aplicativos móveis, sem a necessidade de código-fonte. O foco da pesquisa foi a utilização desses sistemas em contexto de prática médica e saúde pública, conforme mencionado na seção anterior.

Verificou-se que na literatura há poucas publicações acerca de plataformas de geração de aplicativos, sem necessidade de programação. Foram excluídos desta pesquisa, todos os trabalhos que não relacionavam-se com a área da saúde. Portanto, obteve-se 4 trabalhos, sendo: uma proposta de plataforma geradora de aplicativo *mHealth*; dois relatos de desenvolvimento de aplicativos móveis, para estudantes da área da saúde, através de sistemas *web* que propõe-se o desenvolvimento de aplicativos móveis genéricos; um relato da utilização de um projeto de coleta de dados em nuvem para construção de formulários úteis no dia-a-dia de profissionais da saúde. A Tabela 1 sumariza esses trabalhos previamente pesquisados.

Tabela 1: Descrição dos trabalhos relacionados.

Autor	Descrição
Paschou et al. ¹⁰ (2013)	<p>Objetivo: Denominada <i>easyHealthApps</i>, esta plataforma tem a intenção de oferecer um sistema de criação dinâmica de aplicativos <i>m-Health</i>, ou seja, é uma ferramenta que não necessita a criação do código fonte. O público-alvo deste sistema são profissionais da saúde e pesquisadores na área. Além disso, o foco dos aplicativos a serem criados é independente do domínio de saúde e grupo de pessoas desejado (que pode-se incluir pacientes). A ferramenta gera aplicativos para os sistemas operacionais móveis Android, iOS ou Windows Phone.</p> <p>Metodologia: Para avaliar a eficiência e eficácia dessa proposta, os autores realizaram testes experimentais de comparação de aplicativos já publicados e aplicativos reproduzidos a partir da <i>easyHealthApps</i>. Os critérios de avaliação foram parâmetros qualitativos de engenharia de <i>software</i>, interface de usuário e validação da especificação funcional do domínio da saúde específico.</p> <p>Resultados: os autores demonstram que os aplicativos reproduzidos através da plataforma atendem todas exigências e recursos que o aplicativo publicado possui. Dessa maneira, também relatam <i>feedback</i> encorajador e eficácia no fornecimento do aplicativo ao usuário final, visto que tal é criado com pouco esforço de desenvolvimento.</p> <p>Limitações: É mencionado que tal proposta poderá gerar aplicativos para Android, iOS ou Windows Phone. Entretanto, a avaliação apresentada restringe-se à aplicativos para o sistema operacional móvel Android versão 2.2 ou posterior. Além disso, até a presente data não foram encontradas demais referências sobre a plataforma e/ou disponibilidade na <i>web</i>.</p>
Zhang et al. ⁸ (2014)	<p>Objetivo: Apresentar ferramentas para o desenvolvimento de aplicações voltadas para saúde, ou seja, formas viáveis para médicos psiquiatras, sem quaisquer formação tecnológica, criarem seu próprios aplicativos com fins de pesquisa e ensino acadêmico. As ferramentas utilizadas foram WordPress e IBuildApp.</p> <p>Metodologia: Para avaliar essas ferramentas, desenvolveu-se em ambas, um projeto denominado <i>Mastering Psychiatry App</i>, na qual consiste na reprodução de um livro que integra as diretrizes clínicas locais para Cingapura, além de vídeos demonstrando como avaliar um transtorno psiquiátrico específico, informações sobre psicopatologias básicas e questionário de múltipla escolha para revisão rápida de conteúdo. Após a disponibilização do projeto para comunidade acadêmica, realizou-se um levantamento sobre a perspectiva dos alunos sobre o uso de aplicativos em geral.</p> <p>Resultados: Os autores concluem que ambas metodologias estudadas permitem que os médicos desenvolvam seus próprios aplicativos, como demonstrado nesse estudo, na qual foram médicos psiquiatras que criaram os aplicativos. Não obstante, tais soluções podem ser usadas para atividades acadêmicas de educação e pesquisa. Ademais, que um grupo significativo de estudantes foi passível de experimentar modalidades mais recentes de tecnologias para auxiliar em suas necessidades educacionais.</p> <p>Limitações: Aponta-se como limitações das ferramentas genéricas: os recursos interativos restringem-se às bibliotecas disponíveis nas ferramentas; os usuários não seriam capazes de localizar o aplicativo criado na App Store convencional.</p>

Zhang
et al.¹¹
(2014)

Objetivo: complementa a investigação anterior. Nesse estudo, os autores abordam das ferramentas tópicos como: distribuição e difusão dos aplicativos e custos de desenvolvimento. As ferramentas estudadas foram construtores de aplicativos baseados na *web*: Conduit-mobile e IBuildApp, devido a facilidade de prover, através da interface gráfica, integração imediata do conteúdo baseado em texto, vídeos, questionário e demais recursos multimídia, como câmera. Além do custo viável.

Metodologia: A fim de validar a proposta e motivação do trabalho, desenvolveu-se dois aplicativos educacionais: aprimorou-se o projeto *Mastering Psychiatry App*, e implementou-se um projeto denominado *Déjà vu*, na qual reproduz questionários preparatórios da Avaliação Clínica de Habilidades e Competências, um exame de qualificação para médicos pós-graduando. E estes foram distribuídos para comunidade acadêmica.

Resultados: Os resultados de validação sobre o tema foram qualitativos, e coletados através de uma pesquisa com estudantes. Na pesquisa participaram 185 estudantes universitários. A maioria deles usou um aparelho da Apple IOS (121/227, 53,3%), enquanto 21,6% (49/227) utilizou Android. A idade média da amostra foi de 22 (141/178, 79,2%). Um total acumulado de 51,7% perceberam que o aplicativo móvel para aumentar ensino de graduação é útil. Aproximadamente 71 dos estudantes concordaram que os aplicativos móveis são bons complementos para o estudo convencional, através de livros.

da Conceição
et al.¹²
(2012)

Objetivo: Apresentar o projeto Maritaca como ferramenta de desenvolvimento de aplicativos móveis que contenham formulários para utilização na coleta de dados de saúde. O projeto Maritaca é um sistema *web* que cria aplicativos móveis para coleta de dados na nuvem sem necessidade de programação.

Metodologia: Com a finalidade de realizar a construção experimental de aplicativos móveis para uso focado na saúde, os autores criaram um aplicativo para coleta de dados em programas de atenção básica domiciliar.

Resultados: relatos de que o uso da plataforma permitiu que aplicações móveis em saúde fossem criadas em minutos.

Limitações: reforça-se que o projeto Maritaca é uma plataforma de criação de aplicativos móveis com questionário genérico, ou seja, pode-se criar questionários com diversas finalidades.

Como apresentado na Tabela 1, verifica-se a carência de sistemas que atendam diretamente profissionais da saúde que não possuam conhecimento tecnológico. Além disso, como descritos para cada trabalho, há limitações. Visto isso, estes fatores apresentados corroboram com o caráter inédito deste trabalho, utilizando a notação de fluxograma de protocolos clínicos como forma de interação com o usuário.

Definição da Ferramenta

A elaboração das diretrizes de um protocolo clínico, para atender enfermidades ou procedimentos específicos, envolve o acompanhamento da evolução do conhecimento técnico e científico atualizados². Posteriormente, os profissionais das equipes responsáveis pelos protocolos, com base nas diretrizes, irão elaborar os fluxogramas de ação, as fichas terapêuticas e os guias de orientação aos pacientes.

Uma forma de representação gráfica das especificações de um protocolo clínico é a utilização de fluxograma, com algoritmos, em que podemos qualificar a representação e facilitar sua compreensão por parte dos profissionais². Baseado nessas informações, foi idealizado a geração de aplicativos *mHealth*, a partir de fluxogramas desenhados na ferramenta proposta.

Para uma versão inicial da ferramenta proposta, foram definidos a utilização dos símbolos descritos na Tabela 2. A partir dos elementos do fluxograma será permitido a entrada dos dados. Salienta-se que esta estrutura permite que organiza-se os conteúdos de forma padronizada no dispositivo móvel. Todos os argumentos inseridos em cada elemento serão dispostos de forma a facilitar a acessibilidade do usuário ao conteúdo, exceto o elemento de decisão clínica que requer mais configurações, nas quais poderão ser utilizadas para criar demais campos de entrada de valores e constituir a lógica dos algoritmos do aplicativo.

Tabela 2: Descrição dos elementos de fluxograma, adaptado de Werneck et al.² (2009).

Elemento	Descrição
Oval	Cada algoritmo começa com um desenho oval, representando uma população de pacientes com uma característica definida, sintomas e queixas. Esses desenhos ovais também são chamados de “quadro clínico”.
Losango	As decisões clínicas mais importantes são representadas pelos hexágonos ou losangos, os quais têm somente dois possíveis desfechos: sim ou não (pontos dicotômicos). São decisivos para os próximos passos e, por isso, são denominados pontos de decisão.
Retângulo	Grupos específicos do processo do atendimento nos quais as intervenções diagnósticas ou terapêuticas devem ser realizadas; são representadas pelos retângulos.
Círculo	Usado como “saída”, ou seja, a cada vez que um processo chega a uma etapa conclusiva. Desse elemento gráfico não partem flechas, é figura de encerramento.

Esta ferramenta foi desenvolvida em plataforma *web*, com intenção de facilitar o acesso ao público-alvo, e objetivou-se a criação de aplicativos para sistema operacional Android, devido a ser um sistema com caráter de *software* livre. Para o desenvolvimento necessitou-se de: sistema Operacional Linux - Ubuntu; servidor *web* Apache; PHP, JQuery e Mysql; Android SDK. A arquitetura dos componentes do sistema organiza-se conforme ilustra a Figura 1.

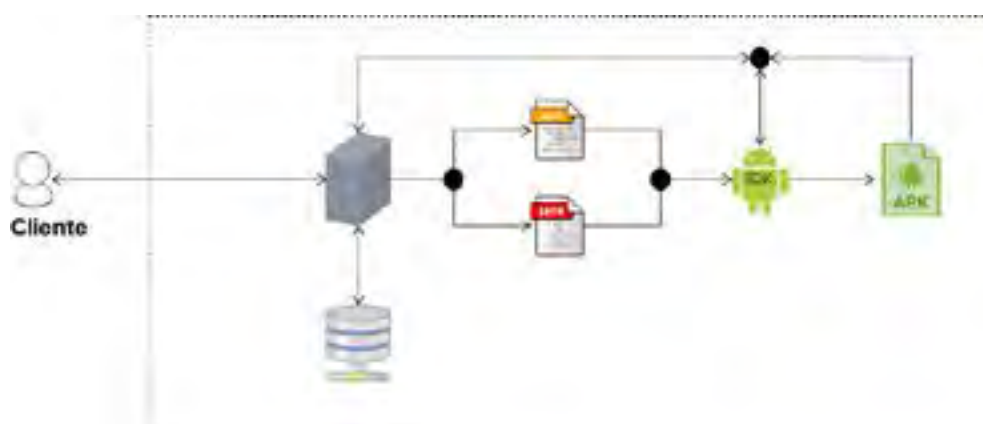


Figura 1: Arquitetura dos componentes do sistema.

Como ilustrado, o cliente da plataforma cria e emite para o servidor informações sobre os componentes do fluxograma, configurações e respectivas associações. O servidor do sistema recebe todos esses dados e os processa. Para a geração do aplicativo é criado, no servidor os códigos em arquivos XML (interfaces Android) e arquivos Java (para Android), respectivos aos elementos e configurações criadas no fluxograma. O SDK Android instalado no servidor é responsável pela compilação dos códigos gerados e a criação do executável do aplicativo. Dessa maneira, o SDK Android gera o executável e aloca-o no servidor. Assim que esse processo é finalizado, o servidor disponibiliza para o usuário o aplicativo Android.

Resultados e Discussão

Para apresentar a ferramenta, realizou-se uma construção experimental de um aplicativo utilizando um fluxograma de protocolo clínico publicado em Dias et al.⁷ (2016). Na Figura 2 é demonstrado o processo que é desenhado na ferramenta, do referido protocolo clínico. Além disso, pode-se perceber os menus laterais contendo as formas dos elementos, e abaixo as opções de uso, como: apagar, editar, redimensionar e associar com outros elementos. A seguir descreve-se detalhadamente as etapas da construção deste fluxograma.

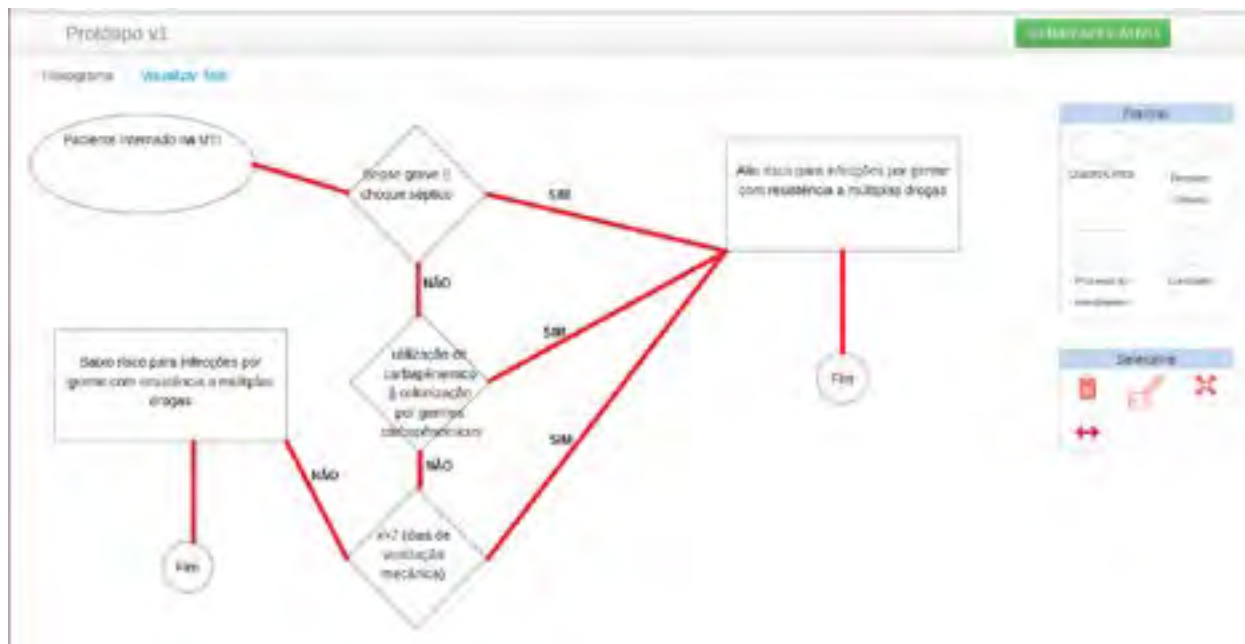


Figura 2: Fluxograma de protocolo clínico na ferramenta. Adaptado de Dias et al.⁷ (2016).

Os quadros clínicos, representados pelo elemento oval, possuem a simples função de identificar o estado do paciente, como ilustrado no exemplo de “Paciente internado na Unidade de Tratamento Intensivo (UTI)”, na Figura 2. Esses elementos não necessitam de nenhum tipo de lógica no fluxograma pois servirão de referência para o ponto de partida. Logo, é fundamental indicar sua respectiva associação, na qual é limitada a apenas uma.

As decisões clínicas, representadas pelo elemento losango, têm a finalidade de estabelecer apenas um fluxo a partir de determinados critérios. Esses critérios podem ser de diversas naturezas, no entanto todas são definidos pela lógica. Conforme ilustrado pela Figura 3, as decisões clínicas possuem diversas opções para caracterizar o aplicativo e estas configurações são indicadas pelo usuário. A ferramenta permitirá realizar decisões através de: comparações numéricas, comparações através de cálculos, verificar a existência de fatores, apresentar questionamentos para o usuário ou utilizar um

sistema de decisão através de pontuação. Importante reiterar que o elemento decisão possui apenas dois tipos de saída: para resultados que demonstram valor positivo (sim) ou negativo (não).

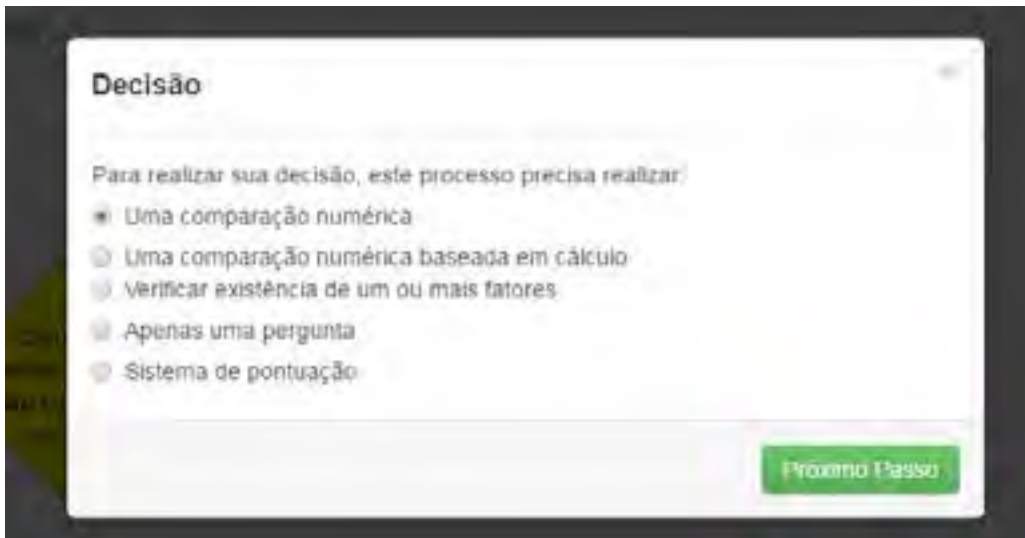


Figura 3: Configuração do elemento decisão.

Na Figura 4 ilustra um exemplo de configuração do elemento decisão - a existência de fatores. Nota-se que para descrever são utilizados operadores lógicos.

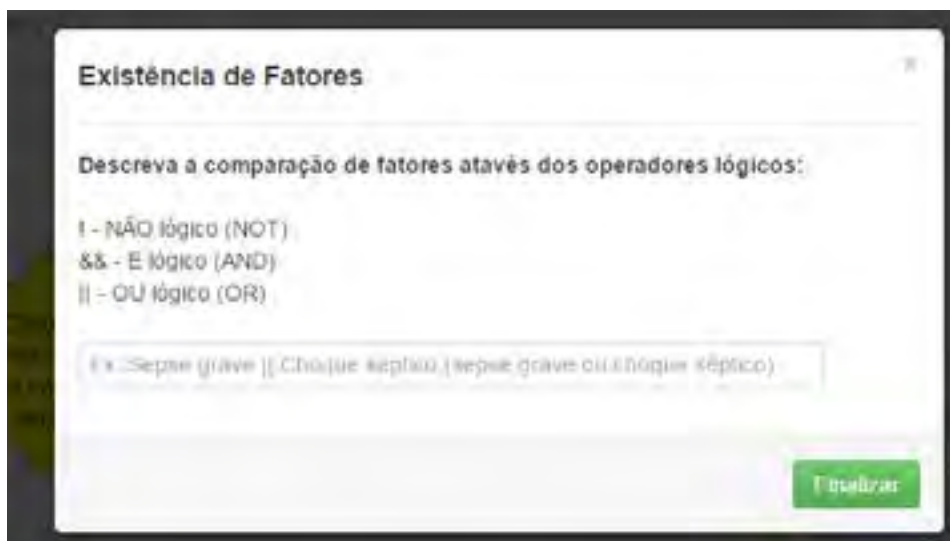


Figura 4: Configuração do elemento decisão - existência de fatores.

Na Figura 5 observa-se como é realizado a associação de uma decisão. Esta configuração é acionada quando o usuário clica no botão de associação. Para esse elemento há apenas duas possibilidades de fluxo: o positivo, quando atende os critérios descritos na lógica, e negativo, quando os valores de entrada não correspondem a lógica.

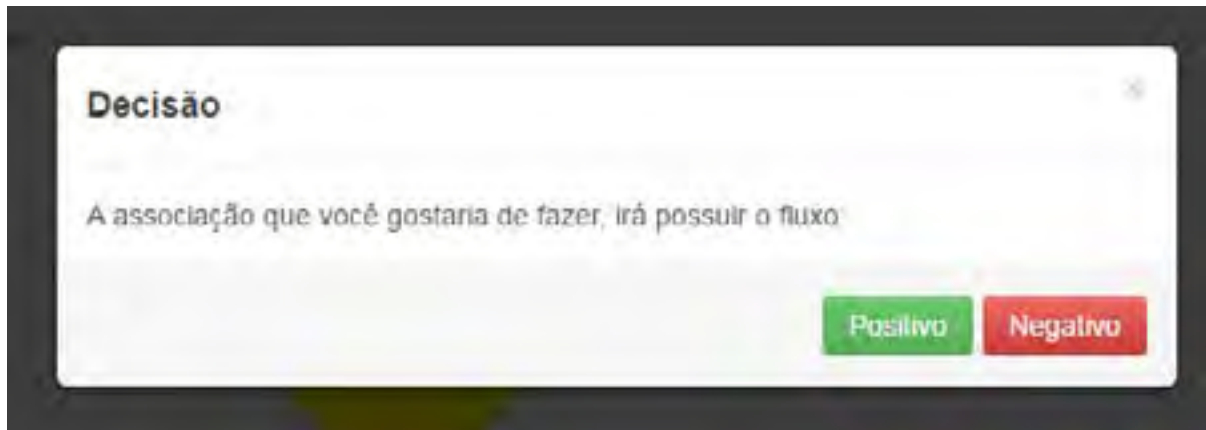


Figura 5: Configuração do elemento decisão - escolha do fluxo.

A figura 6 ilustra a entrada de dados do processo de atendimento. Representado pelo retângulo, o processo de atendimento é responsável por armazenar o conteúdo informativo de diagnósticos, tratamentos e/ou processos. Esse elemento também não necessita de lógica, apenas estrutura a informação. Podem receber diversas associações com outros elementos. No entanto, indicam apenas uma. Para estabelecer um processo de atendimento na ferramenta, deve-se preencher o título do processo ou diagnóstico, diretrizes e informações úteis para os procedimentos, e se necessário imagens para melhor ilustrar as recomendações.

Figura 6: Entrada de valores no elemento processo de atendimento.

Após representar o fluxograma no sistema, o usuário tem a possibilidade de conferir a lógica do aplicativo, através de uma simulação. Este recurso é possível acessando a aba superior “Visualizar Telas”. Na Figura 7, exemplifica-se esta função.



Figura 7: Simulador do aplicativo gerado a partir do fluxograma desenhado.

Para finalizar o processo de criação, o usuário solicita a geração do aplicativo. Com a finalidade de criar a *keystore* do aplicativo é requerido dados sobre: nome do autor, profissão, instituição, nome do aplicativo e uma senha. A *keystore* é uma chave-privada gerada pelos desenvolvedores do aplicativo, utilizada para assinar o certificado da aplicação. O certificado, intrínseco no executável, é utilizado no ato da publicação nas lojas de aplicativo para estabelecer relações de confiança entre as aplicações. Por tanto, em atualizações do mesmo aplicativo é necessário assinar com a mesma *keystore*. Dessa maneira, o sistema apresentado gera os códigos fontes, compila e fornece o executável para o usuário.

Na Figura 8, são exibidas as interfaces gráficas do aplicativo gerado pelo sistema representando o fluxograma.



Figura 8: Interface gráfica do aplicativo gerado pelo sistema.

A Figura 8.a apresenta a interface gráfica do aplicativo gerado. Percebe-se na Figura 8.b que o início do fluxo, na qual é um quadro clínico, transformou-se em um botão. Dessa maneira, ressalta-se que na existência de mais quadros clínicos, estes estariam organizados como botões em sequência, para que o profissional da saúde tenha acesso rápido no assunto de seu interesse. Posteriormente, na Figura 8.c, nota-se que todos os elementos de decisão agruparam-se em uma só tela. Desta maneira a lógica de decisão fica implícita nas opções apresentadas, no entanto, salienta-se que a disponibilidade

dos botões varia de acordo com a opção que o usuário marca, ou seja, em determinadas situações, algumas opções serão desativadas. Já na Figura 8.d, apresenta-se o processo de atendimento.

Conforme apresentado através do exemplo, obteve-se um aplicativo Android sem a necessidade da programação direta do mesmo. Apesar, da utilização de tecnologias de informação e comunicação na saúde, incluindo as aplicações *mHealth*, ainda acontecerem de modo relativamente moderado, sua utilização na realização de ações médicas a distância é um instrumento fundamental no acompanhamento de saúde para populações distantes¹³. E além disso, os sistemas de apoio à tomada de decisão contribuem favoravelmente para a segurança (evita o esquecimento de questões importante), suporte à tomada de decisão na prática clínica e melhoria da qualidade dos cuidados¹⁴.

Embasado na utilidade prática dos sistemas de apoio a decisão em aplicativos móveis, percebe-se que cada aplicativo existente contempla um propósito que muitas vezes não atende um público abrangente, por ser específica e/ou limitada para certos casos e instituições de saúde. Dessa forma, inviabiliza-se o uso dessas ferramentas auxiliares por diversas organizações e profissionais de saúde.

Para desenvolver aplicativos específicos a um propósito de saúde é necessário esforços e recursos que muitas vezes profissionais da área não possuem. No entanto, ferramentas específicas que possibilitem aos profissionais da saúde gerarem seus próprios aplicativos *mHealth* são limitadas¹¹.

Conclusão

Este trabalho apresentou uma ferramenta para criação de aplicativos móveis Android, sem necessidade de código, através do desenho de fluxogramas. A estruturação em fluxograma é baseada nos documentos de referência médicos, conhecidos como protocolos clínicos de decisão e tratamento.

De acordo com a revisão de literatura realizada, foram encontrados poucos trabalhos que abordam o assunto de criação dinâmica/automática de aplicativos para saúde. Nesse âmbito, a proposta de uma ferramenta para transformação de protocolos clínicos em aplicativos *mHealth* mostra-se como inovadora. A partir da ferramenta, profissionais de saúde, independentemente de sua especialidade, poderão gerar aplicativos SADC para auxiliar em processos clínicos que se adequam as particularidades dos protocolos de suas instituições.

A ferramenta genérica pra criação de aplicativos SADC, baseado em protocolos clínicos, foi desenvolvida para ambiente *web* para facilitar sua utilização pelos profissionais. No entanto, ainda não foi disponibilizada para o público. Porém, os resultados apresentados demonstram sua viabilidade de implantação, e a facilidade de criar os aplicativos, para Android, através dos fluxogramas.

Como trabalhos futuros pretende-se incentivar o uso da plataforma em hospitais universitários, bem como, realizar um estudo de caso das contribuições da criação de aplicativos e dos aplicativos criados. Além disso, almeja-se avaliar e aperfeiçoar as interfaces gráficas dos aplicativos gerados, conforme metodologias de interação humano computador para dispositivos móveis.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio financeiro da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes).

Referências

- [1] Brasil. Lei nº. 12.401, de 28 de abril de 2011, altera a lei nº.8.080, de 19 de setembro de 1990, para dispor sobre a assistência terapêutica e a incorporação de tecnologia em saúde no âmbito do sistema único de saúde-sus. Diário Oficial da União.

- [2] Werneck MAF, Faria HP, Campos KFC. Protocolos de cuidados à saúde e de organização do serviço. Belo Horizonte: Nescon/UFGM, Coopmed, 2009.
- [3] Peleg M. Computer-interpretable clinical guidelines: a methodological review. *J Biomed Inform.* 2013; 46 (4): 744-763.
- [4] Martinez-Perez B, de la Torre-Díez I, López-Coronado M, Sainz-de-Abaio B, Robles M, García-Gómez JM. Mobile clinical decision support systems and applications: a literature and commercial review. *J MED SYST.* 2014; 1: 1-10.
- [5] Palazuelos D, Diallo AB, Palazuelos L, Carlile N, Payne JD, Franke MF. User perceptions of na mHealth medicine dosing tool for community health workers. *JMIR Mhealth Uhealth.* 2013; 1.1: e2.
- [6] Welfer D, da Silva CF, Kazienko JF. A mobile application system for diagnosis and management of Community-Acquired Pneumonia. *e-Health Networking, Applications and Services, IEEE 16th International Conference; 2014; Brasil.*
- [7] Dias, KN, W D, Kazienko JF, da Silva CF. A Novel iOS m-Health Application to Assist the Hospital-Acquired Pneumonia Diagnosis and Treatment. (*IEEE LAT AM T*). 2016; 14.3: p. 1335-1342.
- [8] Zhang MW, Tsang T, Cheow E, Ho CS, Yeong NB, Ho RC. Enabling psychiatrists to be mobile phone app developers: insights into app development methodologies. *JMIR Mhealth Uhealth.* 2014; 2.4: e53;
- [9] Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Gestão Estratégica e Participativa Departamento de Informática do SUS. Por que GESITI?: Gestão de Sistemas e Tecnologias da Informação em Hospitais : panorama, tendências e perspectivas em saúde / Ministério da Saúde. Brasília (DF) : Ministério da Saúde; 2014.
- [10] Paschou M, Sakkopoulos E, Tsakalidis A. easyHealthApps: e-Health Apps dynamic generation for smartphones & tablets. *J Med Syst.* 2013; 37.3: p. 1-12.
- [11] Zhang M, Cheow E, Ho CS, Ng BY, Ho R. Application of low-cost methodologies for mobile phone app development. *JMIR Mhealth and Uhealth.* 2014; 2.4
- [12] da Conceição A, Barabasz T, Aliaga AHM, Sánchez JKMV. Projeto Maritaca: crie sua aplicação móvel para coleta de dados em saúde na nuvem. Congresso Brasileiro em informática em saúde. XIII CBIS; 2012.
- [13] Lopes JE, Heimann C. Uso das tecnologias da informação e comunicação nas ações médicas a distância: um caminho promissor a ser investido na saúde pública. *Health Informatics J.* 2016 Janeiro; 8(1): p.26-30.
- [14] Teixeira MJC, Soares T, Ferreira A, Pinto J. Contributions of the support systems decision making for nursing practice. *Health Informatics J.* 2012 Abril; 4(2): p.59-63.

Contato

Karine Nóra Dias – Bacharel em Engenharia de Software e mestranda em Engenharia Elétrica.
Endereço: Universidade Federal do Pampa – Rua Tiarajú, nº 180 – Alegrete/ Rio Grande do Sul, Brasil.
E-mail: karinenoradias@gmail.com.

Daniel Welfer – Professor Adjunto, Universidade Federal de Santa Maria – UFSM.
E-mail: daniel.welfer@ufsm.br.

SEGMENTAÇÃO DE MICROCALCIFICAÇÕES EM IMAGENS MAMOGRÁFICAS UTILIZANDO ALGORITMO *FIREFLY*

Yanna Leidy K. F. Cruz¹, Otilio Paulo S. Neto^{1,2}, Aristófanés C. Silva¹ e Anselmo C de Paiva¹

¹Universidade Federal do Maranhão (UFMA), São Luís, Brasil

²Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí (IFPI), Teresina, Brasil

Resumo: Objetivo: propor um método para segmentação de microcalcificações em imagens mamográficas por meio do algoritmo *firefly*. **Materiais e Método:** aplicar as etapas de aquisição das imagens, pré-processamento e segmentação. **Resultados:** foram obtidos para as imagens densas 91% de acerto e para as imagens não densas 95% de acerto na detecção das microcalcificações. **Conclusão:** o método mostrou-se viável como instrumento para auxílio na detecção de microcalcificações em imagens mamográficas densas e não densas.

Palavras-chave: Neoplasia da Mama, Mamografia, Processamento de Imagem Assistido por Computador.

Abstract: Objective: proposing a method for microcalcifications segmentation in mammographic images by means of *firefly* algorithm. **Materials and Methods:** apply the steps of acquisition, preprocessing and segmentation. **Results:** the dense images resulted 91% of accuracy and non-dense images 95% of accuracy in the detection of microcalcifications. **Conclusion:** The method proved to be feasible as a tool to aid in the detection of microcalcifications in both dense and non-dense mammographic images.

Keywords: Breast Neoplasms, Mammography, Image Processing, Computer-Assisted.

Introdução

Câncer de mama é uma neoplasia mais frequente e umas das principais causas de morte entre mulheres no Brasil e no mundo. De acordo com o Instituto Nacional do Câncer de Mama – INCA⁽¹²⁾, no Brasil, estima-se que em 2016 ocorrerão 420.310 casos de câncer, sendo somente nos casos de câncer de mama 57.960 ocorrências, com uma estimativa de 51 casos a cada 100 mil mulheres. Dados estatísticos mostram que mais de 12 milhões de mulheres no mundo são diagnosticadas com câncer de mama e 7 milhões de mulheres morrem vítimas dessa doença⁽¹⁴⁾.

Exame radiológico como é o caso da mamografia é o principal meio para detectar um câncer de mama ainda na fase pré-clínica⁽¹⁶⁾. Por sua vez, microcalcificações mamárias são frequentemente detectadas nas mamografias, sendo considerados importantes sinais de câncer de mama. Estudos relatam que 30-50% do câncer da mama detectados por radiografia demonstra microcalcificações em mamografias e 60-80% de carcinomas da mama revelam microcalcificações sobre exames histológicos⁽¹³⁻¹⁵⁾. A alta correlação entre a presença de microcalcificações e a presença de câncer da mama indica que uma precisa detecção de microcalcificações, sendo necessário, neste caso, um diagnóstico imediato.

Diferentes abordagens têm sido propostas para segmentar microcalcificações, incluindo métodos de limiarização local⁽¹⁰⁾, morfologia matemática⁽¹²⁻²⁰⁾, redes neurais⁽¹²⁾, modelos estocásticos⁽¹⁵⁾,

representação de imagem em multiresolução piramidal⁽⁴⁾ e abordagem baseada em contorno⁽²⁰⁾. Além destes métodos, podemos citar os algoritmos baseados na inteligência do enxame, que embora na literatura⁽¹⁻⁵⁻²¹⁾ sejam utilizados para a segmentação, não abordam, ainda, a segmentação de microcalcificações. Estes algoritmos caracterizam-se, principalmente, pela inspiração no comportamento coletivo de insetos, como formigas, abelhas, cupins e também de animais como peixes e pássaros⁽³⁻⁹⁾. Um exemplo dessa abordagem é o *Firefly Algorithm* (FA), algoritmo inspirado no comportamento de um bando de vaga-lumes (em inglês *fireflies*).

O algoritmo *firefly* é um algoritmo de otimização, que simula o padrão de luminescência e características de um conjunto de *fireflies*⁽²²⁾. O Algoritmo *firefly* baseia-se no comportamento populacional para encontrar um ótimo global por meio de uma função objetivo baseados na inteligência de enxame. A partir destes precedentes, pesquisas têm comprovado a eficiência do algoritmo *firefly* em diferentes formas de segmentação, sendo este, utilizado principalmente na segmentação de imagens cerebrais e pulmonares. Na metodologia proposta por Alomoush⁽²⁾, imagens de ressonância magnética são segmentadas utilizando duas abordagens: o algoritmo *firefly* e Fuzzy c-means (FCM). Além disso, o autor destaca, que para segmentar imagens cerebrais a partir da ressonância magnética é necessário utilizar a capacidade de busca do *firefly*, visando encontrar centros de clusters iniciais ideais. Em seguida esses centros são dados como entrada para a inicialização do FCM, e assim, obter melhores regiões segmentadas.

O trabalho de Shaik Parvenn e Kavitha⁽¹⁷⁾, propõe uma abordagem híbrida contendo agrupamento e inteligência do enxame. No agrupamento é utilizado o algoritmo *fuzzy c-means* para explorar todo o espaço de busca encontrando os clusters, enquanto na inteligência do enxame é aplicado o algoritmo *firefly* para obter as intensidades ideais dos nódulos pulmonares. Além disso, o autor relata que foram utilizadas imagens pulmonares de 15 pacientes obtidas através de tomografia computadorizada.

Neste trabalho, propomos um método para segmentação de microcalcificações em mamas densas e não densas utilizando o algoritmo *firefly*. Este método possibilita a detecção de microcalcificações sem a necessidade de ferramentas complementares para tal tarefa. Sua detecção é um sinal extremamente importante, principalmente porque podem constituir em uma alteração no exame mamográfico possibilitando assim, ser suspeito de malignidade.

Materiais e Métodos

Visando discriminar regiões que possuem microcalcificações a partir de imagens mamográficas, é necessário realizar algumas etapas: aquisição de imagens, pré-processamento e segmentação. A Figura 1, ilustra a sequência das etapas de execução deste trabalho.

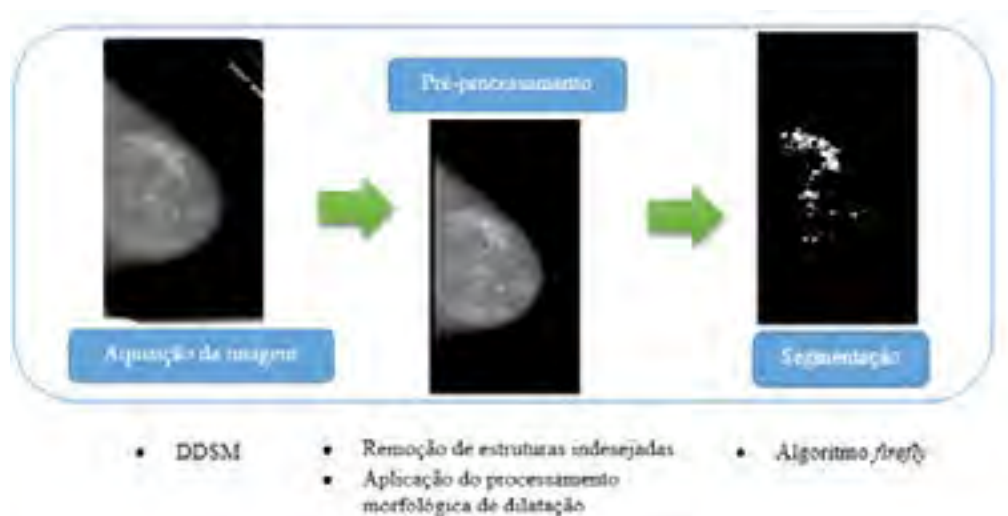


Figura 1: Etapas da metodologia proposta.

Aquisição de Imagens - Neste trabalho, utilizou-se a base de imagens de pacientes da *Digital Database for Screening Mammography – DDSM*⁽¹²⁾. Esta base é formada por cerca de 2.000 imagens, sendo 542 imagens contendo somente calcificações. Estas imagens possuem resoluções variadas de pixels, além de ser uma base pública e gratuita para pesquisa.

Um caso é uma coleção de imagens e informações que correspondam a um exame de mamografia de um paciente. Cada caso possui duas projeções de cada mama (Crânio Caudal – CC e Médio Lateral Oblíquo – MLO). Além disso, informações extras sobre o exame são fornecidas, tais como, data do estudo, tipo da patologia e quantidade de anomalias.

Pré-processamento - Antes de realizar o processo de segmentação é importante que as imagens a serem tratadas passem por um pré-processamento, nesta etapa o objetivo é remover estruturas indesejadas, tais como: bordas, marcações e músculos peitorais. Para esta finalidade foi utilizada a metodologia desenvolvida por Sampaio et al.⁽¹⁶⁾. A Figura 2 demonstra o resultado obtido por meio do pré-processamento.

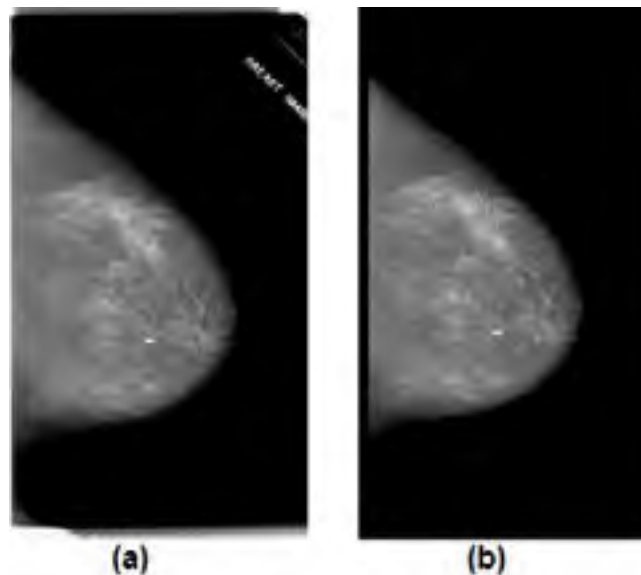


Figura 2: (a) imagem original; (b) imagem resultante.

Ainda na etapa de pré-processamento, o produto resultante da metodologia desenvolvida por Sampaio et al.⁽¹⁶⁾ serve como entrada para etapa de processamento morfológico de dilatação, que visa ampliar os objetos (microcalcificações) contidos na imagem, tornando, assim, o processo de segmentação mais eficiente. A seguir é formalizado explicitamente o processamento morfológico de dilatação.

Processamento Morfológico de Dilatação - Em uma operação de dilatação acontece o chamado “aumento” dos objetos pertencentes a esta imagem, de modo a melhor caracterizá-lo para posteriores manipulações. Além disso, a forma específica da extensão deste “aumento” está inteiramente ligada ao tamanho do elemento estruturante utilizado, ou seja, quanto maior o tamanho deste elemento estruturante, maior será a dilatação do objeto pertencente à imagem⁽⁶⁾. A operação é formalizada pela Equação 1,

$$f \oplus E = \max_{u,v} (f(t-u, j-v) + E(u, v)) \quad (1)$$

onde $f(x)$ corresponde as pequenas áreas da imagem em escala de cinza, $x: x(i, j)$ são os pontos da imagem. $E(y)$ é um elemento estruturante. $y: y(u, v)$ é o tamanho do elemento estruturante.

Esta operação é aplicada a uma imagem a fim de intensificar o tamanho dos objetos, tal que eles possam ser reconhecidos. Desta forma, o elemento estruturante 3x3 foi escolhido devido as microcalcificações possuírem um tamanho pequeno. Para este trabalho, microcalcificações pequenas são todas aquelas que possuem um tamanho até 30x30 pixels. Obtém-se como resultado uma imagem com estruturas de altas intensidades realçadas. Esta operação de dilatação em tons de cinza fornece como saída uma imagem com as mesmas dimensões da imagem de entrada e pixels com valores de 0 a 255.

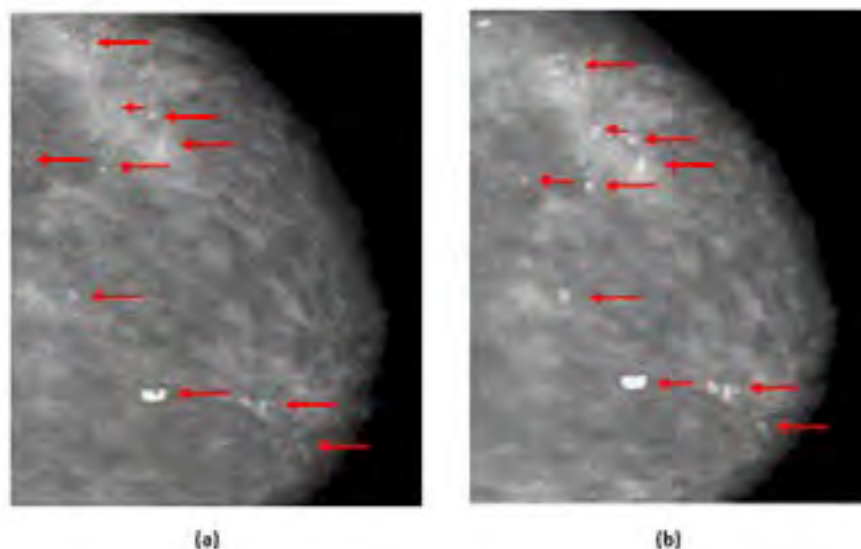


Figura 3: Resultado da aplicação do processamento morfológico de dilatação; (a) Imagem original; (b) Imagem resultante da dilatação.

A fim de demonstrar o comportamento de um procedimento de dilatação a Figura 3(a) ilustra uma imagem original com pequenas microcalcificações identificadas pelas setas em vermelho e a Figura 3(b) ilustra o resultado das microcalcificações após a dilatação. Esta imagem, por sua vez, é utilizada como entrada no processo de segmentação realizado pelo algoritmo *firefly*.

Segmentação - É um processo que tem por objetivo subdividir uma imagem em regiões ou em objetos que a compõe. Para isso, algoritmos computacionais podem ser utilizados para automatizar este processo. É nesta etapa que ocorre a discriminação das estruturas de interesse (microcalcificações) em imagens mamográficas. Estas estruturas, por sua vez, são identificadas através da similaridade caracterizada pelas mais altas intensidades classificadas pelo algoritmo *firefly*.

Algoritmo Firefly - Desenvolvido por Xin-She Yang na Universidade de Cambridge⁽²⁰⁾ o algoritmo *firefly* (*Firefly Algorithm* - FA) é uma abordagem inspirada no comportamento de um vaga-lume (*firefly* em inglês) na natureza. O *firefly* utiliza como característica principal sua luminosidade como meio para atrair parceiros para o acasalamento, alertar do perigo de potenciais predadores e atrair presas. Além disso, o *firefly* tem como papel principal, buscar regiões dentro de um espaço de busca, por soluções promissoras⁽¹⁹⁾. Desta forma, com base nesta característica Yang propôs três regras básicas⁽²²⁾:

1. Todos os *fireflies* são unissexuados, para que um *firefly* seja atraído por outro *fireflies* independente do seu sexo;
2. A atratividade é proporcional ao seu brilho. Assim, para quaisquer dois *fireflies*, o menos brilhante vai avançar para o mais brilhante. Caso não exista um *firefly* mais brilhante em relação aos outros, ele será movido aleatoriamente;
3. O brilho de um *firefly* é afetado ou determinado pela função objetivo.

Com base nessas três regras, os parâmetros do algoritmo *firefly* pode ser demonstrada por:

A intensidade de uma *firefly* é denotada pela medida absoluta de luz. Desta forma, a intensidade I de um *firefly* é calculada pela Equação 2:

$$I = I_0 e^{-\gamma r^2} \quad (2)$$

sendo I_0 a intensidade inicial de luz, γ o coeficiente de absorção e r a distância Euclidiana do *firefly* i para o *firefly* j .

O fator de atratividade β de um *firefly* é definido pela Equação 3:

$$\beta = \beta_0 e^{-\gamma r^2} \quad (3)$$

onde r é a distância entre dois *fireflies*, β_0 é a atratividade em $r = 0$ e γ é o coeficiente de absorção.

Desta forma, a distância r entre dois *fireflies* x_i e x_j pode ser calculada pela distância Euclidiana, calculada pela Equação 4:

$$r_{ij} = \|x_i - x_j\| = \sqrt{\sum_{d=1}^k (x_i - x_j)^2} \quad (4)$$

Por fim, o movimento do *firefly* i é atraído para outro *firefly* j mais atraente (brilhante) é determinado pela Equação 5:

$$x_i = x_{i+1} + \beta(x_j - x_i) + \alpha \left(\text{rand} - \frac{1}{2} \right) \quad (5)$$

A Equação 5 é composta por três termos. O primeiro determina a posição atual do *firefly*. O segundo termo refere-se à atratividade determinada pela Equação 3, enquanto o terceiro termo é relacionado a circulação aleatória dentro do espaço de busca. Esta circulação consiste no parâmetro α e a geração de números randômicos com intervalos de $[0,1]$.

A inicialização da população de *fireflies* é representada por um vetor de valores reais $x_i = (x_1, x_2, \dots, x_n)$, onde $i = 1, \dots, NP$ e NP denota o número de *fireflies*. A população inicial de *fireflies* é inicializada aleatoriamente demonstrada pela Equação 6:

$$x_i = lb + \text{rand}(0,1) * (ub - lb) \quad (6)$$

onde, ub representa o valor máximo e lb representa o valor mínimo de pixel localizado na mamografia.

Neste algoritmo, o valor de intensidade de cada pixel é utilizado como espaço de características com o objetivo de obter o processo de segmentação. A inicialização dos *fireflies* é um passo básico no processo do algoritmo. Além disso, seu tamanho populacional é determinado pela quantidade de soluções que deseja-se obter, demonstrada pela Equação 6. No passo seguinte, cada *firefly* é avaliado com base em seu valor de intensidade I , (Equação 2). A função de distância (Equação 4) é usada para encontrar a menor distância entre dois *fireflies*. A função de atratividade (Equação 3), possui três elementos importantes, a atratividade inicial, o coeficiente de absorção e a distância.

No algoritmo *firefly*, a ideia principal parte da escolha dentre as intensidades disponíveis na imagem, suas altas intensidades, caracterizadas pelas microcalcificações. Além disso, o algoritmo propõe uma estratégia de vizinhança por meio da busca local visando identificar objetos promissores. Entretanto, sua capacidade de obter estes melhores objetos está inteiramente ligada ao fator de inicialização de seus parâmetros e desta forma, aumentar a capacidade dos achados.

Os *fireflies* encontrados são armazenados em um vetor que contém as altas intensidades avaliadas pelo algoritmo. Em seguida, cada valor contido neste vetor é comparado com os valores de intensidade da imagem original. Quando ocorrer a similaridade, o valor 255 é atribuído na imagem resultante, no contrário é atribuído o valor 0. A imagem resultante contém a discriminação da regiões que possuem microcalcificações. A Figura 4 ilustra a comparação do vetor de *fireflies* com a imagem original e a imagem resultante.

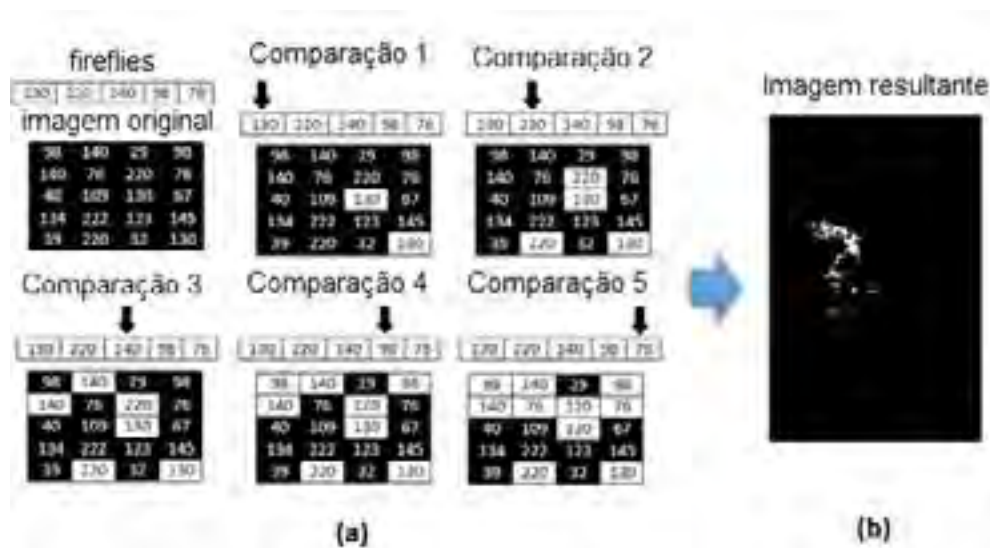


Figura 4: Discriminação das regiões Identificadas pelos *fireflies*. (a) comparação do vetor de *fireflies* com a imagem original; (b) Imagem resultante.

Resultados e Discussão

Os experimentos deste trabalho foram realizados com base em imagens mamográficas, com resoluções variadas em escala de cinza. Para tanto, as imagens utilizadas foram escolhidas aleatoriamente, sendo estas, divididas em dois subconjuntos, 20 imagens do tipo densas e 20 imagens do tipo não densas, totalizando 40 imagens para a detecção das microcalcificações.

O ajuste dos parâmetros possui um papel importante, pois controlam a execução do algoritmo e influenciam no direcionamento da busca por regiões promissoras no espaço de soluções do problema⁽⁶⁾. Sendo assim, de acordo com o ajuste off-line proposto por Eiben⁽⁷⁾ são realizados diversos testes com diferentes configurações de parâmetros, com o propósito de encontrar bons resultados na etapa de segmentação. Porém, tais configurações de parâmetros não devem ser generalizadas para todas as classes de problemas. Em nossa análise, descobrimos que ao utilizar o processamento morfológico de dilatação e a determinação dos parâmetros de inicialização do algoritmo são duas etapas importantes, e que pode afetar a precisão deste método. Desta forma, a Tabela 1 apresenta as configurações dos parâmetros conforme seus cenários que foram utilizados para fim de teste. Estes quatro cenários representam as mais variadas formas de interação do algoritmo *firefly*, outros cenários, contendo valores diversos podem ser usados pelo algoritmo, porém, para este trabalho foram utilizados apenas estes quatro grupos.

Embora o número de cenários utilizado pelo algoritmo possa ser pequeno, para fins desta pesquisa foram escolhidos apenas 4. Assim sendo, cada cenário proposto contém valores distintos para cada atributo, tornando-os mais diversificados. Os seguintes atributos foram definidos: número de *fireflies*(N), número máximo de interações(M), coeficiente de absorção (γ) e fator de atratividade (β). Após a execução, esperava-se uma boa viabilidade na detecção dos objetos de interesse, ou seja, que

fosse encontrada uma alta precisão na identificação das microcalcificações, fato que ocorreu apenas o cenário 4.

Tabela 1: Parâmetros de cada cenário do algoritmo *firefly*.

Parâmetros	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
Número de fireflies (N)	5	10	15	20
Número máximo de interações (M)	100	100	100	100
Coefficiente de absorção (γ)	0.7	0.8	0.9	10
Fator de atratividade (β)	1	0.1	0.01	0.01

De modo a avaliar objetivamente a viabilidade deste método, utilizou-se como taxa de detecção das microcalcificações a correspondência (intersecção) entre as regiões segmentadas pelo algoritmo e a marcação do especialista. A Tabela 2 apresenta a porcentagem proveniente desta correspondência, para cada cenário apresentado na Tabela 1. Como resultado, observa-se que, no cenário 1 alcançou 20% de detecção nas imagens densas e 25% nas imagens não densas, o cenário 2, 3 e 4 obtiveram-se 35%, 50% e 90% de detecção para imagens densas e 45%, 65% e 95% para as imagens não densas, respectivamente. Dentre os resultados obtidos, nós concluímos, que somente o cenário 4 obteve uma maior taxa de correspondência para os dois tipos de imagens.

Tabela 2: Resultados obtidos para cada cenário das imagens densas e não densas.

Tipo de Imagens	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
Imagens densas	20%	35%	50%	91%
Imagens não densas	25%	45%	65%	95%

Estudo de Casos - Para melhor compreensão do método proposto, nesta seção são apresentados quatro casos, dois relacionados ao sucesso e dois relacionados a falha na detecção das microcalcificações em mamas densas e não densas. Estes casos apresentados representam os testes realizados ao longo da pesquisa.

Caso de Sucesso - No caso de sucesso é apresentado o resultado eficaz do uso do método para detectar microcalcificações. Como efeito, podemos observar na Figura 5 os resultados encontrados para o caso de sucesso em mamas densas (primeira linha) e não densas (segunda linha). Nas imagens selecionadas foram geradas novas imagens com base na marcação do especialista contendo a região das microcalcificações. Esta região é ilustrada pela Figura 5(a) e Figura 5(f).

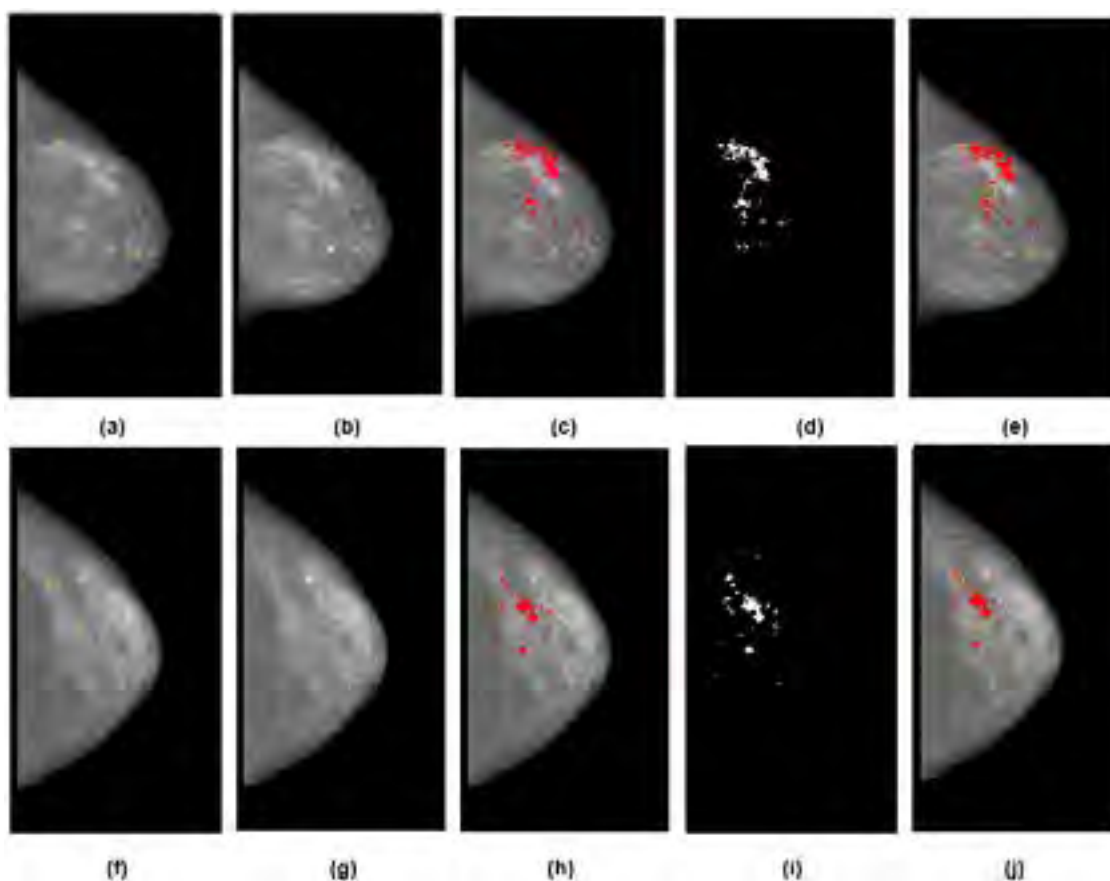
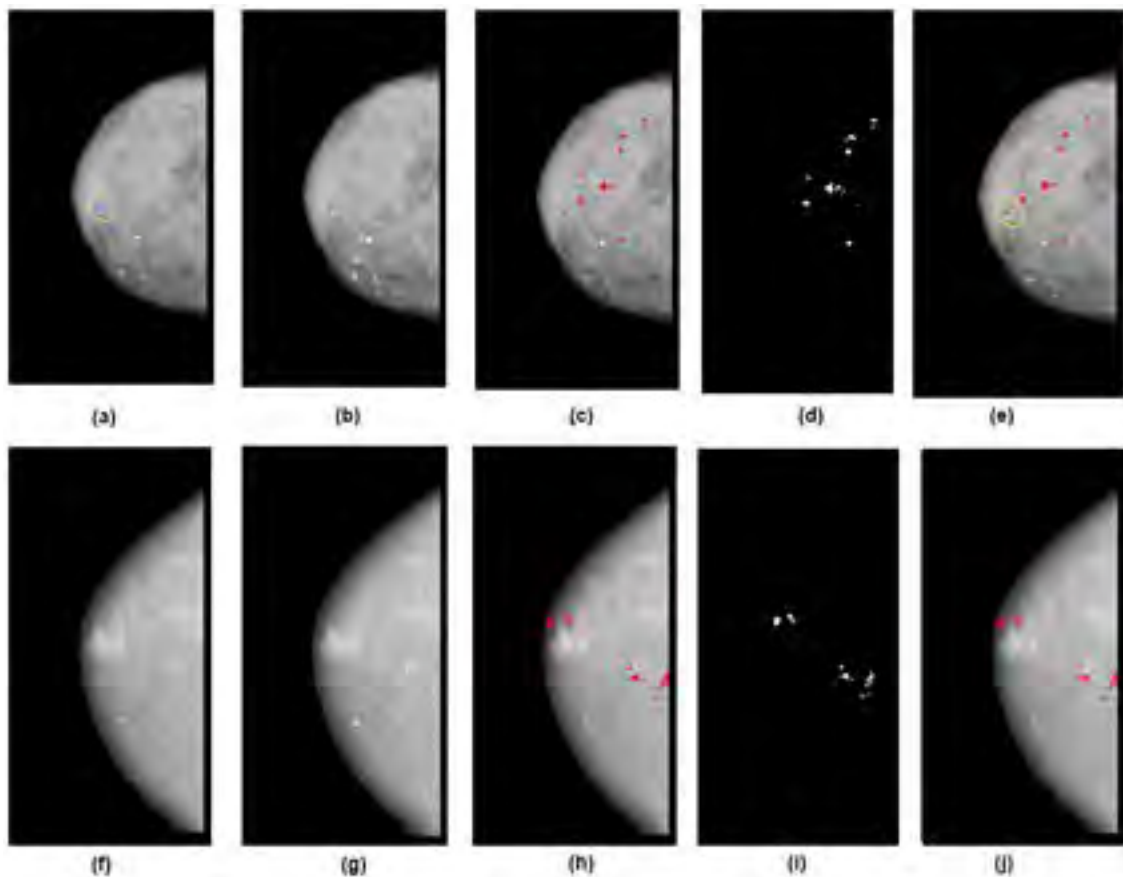


Figura 5: (a) e (f) imagem original com a marcação do especialista em amarelo; (b) e (g) dilatação morfológica; (c) e (h) imagem das microcalcificações segmentadas em vermelho; (d) e (i); segmentação do algoritmo *firefly* e (e) e (j) a imagem da marcação do especialista em amarelo com as microcalcificações segmentadas em vermelho.

Em seguida, o processamento morfológico de dilatação é aplicado com o objetivo de realçar as regiões das microcalcificações apresentadas pelas Figuras 5(b) e Figura 5(g) nas imagens mamográficas densas e não densas, resultantes desta fase. De posse das imagens pré-processadas é empregado o algoritmo *firefly* a fim de obter regiões de interesse. Estas regiões são visualizadas pela Figura 5(c) e Figura 5(h) como resultado da etapa de segmentação. Posteriormente, é realizada a discriminação das regiões em que cada *firefly* foi detectado. Esta discriminação é efetuada pela similaridade encontrada a cada *firefly* que possui valores de intensidade semelhantes às intensidades na imagem original. Esta etapa é demonstrada na Figura 5(d) e Figura 5(i).

Após a discriminação de cada *firefly* é realizada uma comparação entre o objeto especificado pelo especialista Figura 5(a) e Figura 5(f), e os objetos detectados pelo algoritmo *firefly* Figura 5(c) e 5(h). Como resultado desta comparação, a Figura 5(e) e Figura 5(j) apresentam os objetos detectados pelo algoritmo *firefly* em vermelho e os objetos definidos pelo especialista em amarelo. Em geral, as mamas menos densas são mais favoráveis na identificação de microcalcificações. Enquanto as mamas mais densas apresentam uma maior dificuldade nesta identificação.

Caso de Falha - Nos casos de falha, podemos observar, que mesmo com a aplicação do processo morfológico de dilatação, seguido do algoritmo *firefly*, não foi possível detectar as microcalcificações existentes nos casos de mamas densas e não densas, representadas pela Figura 6. Portanto, se observarmos a imagem marcada pelo especialista Figura 6(a) e Figura 6(f) e as encontradas pelo algoritmo *firefly* Figura 6(c) e Figura 6(h), percebe-se que a região detectada pela metodologia encontra-se nas proximidades das microcalcificações, representada pela Figura 6(e) e Figura 6(f).



Após a execução do algoritmo *firefly* foi identificado alguns pontos relevantes que devem ser considerados. O primeiro, existem casos em que o especialista identifica uma região contendo microcalcificação na imagem, enquanto o algoritmos identifica um número relativamente maior. O segundo ponto, existem casos em que o especialista identifica uma região contendo microcalcificação na imagem, enquanto o algoritmo identificou várias microcalcificações, que diferem da marcação feita pelo especialista.

Figura 6: (a) e (f) imagem original com a marcação do especialista em amarelo; (b) e (g) dilatação morfológica; (c) e (h) imagem das microcalcificações segmentadas em vermelho; (d) e (i); segmentação do algoritmo *firefly* e (e) e (j) a imagem da marcação do especialista em amarelo com as microcalcificações segmentadas em vermelho.

Em decorrência da discriminação dos resultados obtidos é possível destacar que, boas taxas de correspondência foram alcançadas para a detecção de microcalcificações pelo algoritmo *firefly*. Vale ressaltar o uso de técnicas de pré-processamento que foram utilizadas de modo a auxiliar na sobreposição das intensidades das microcalcificações. Mesmo assim, pode-se justificar a eficácia do método proposto para a segmentação microcalcificações em imagens mamográficas.

Conclusão

Um algoritmo baseado na inteligência do enxame (*firefly*) foi apresentado neste trabalho como método para a segmentação de microcalcificações em imagens mamográficas. O algoritmo possui a capacidade de agrupar pixels com altas intensidades. Estes pixels, por sua vez, possuem características específicas das microcalcificações, que em alguns casos, podem ser de difícil detecção devido ao seu tamanho. Além disso, o *firefly* tem a capacidade de evitar o agrupamento caso não atinjam

valores de intensidades ideais para a segmentação, descartando assim, pixels não relevantes para o processamento.

Nos experimentos realizados, o método obteve 91% de acerto na detecção das microcalcificações em mamas densas, enquanto nas mamas não densas obteve 95% de precisão na identificação. Sendo assim, a principal contribuição desta pesquisa é a viabilidade do algoritmo *firefly* como proposta para segmentar imagens médicas, visando auxiliar especialistas na detecção de microcalcificações.

A limitação mais importante desta pesquisa foi determinar de fato uma regra específica para encontrar os melhores parâmetros para a segmentação. Outra limitação encontrada foi devido à dificuldade na detecção de microcalcificações que possuem tamanhos muito pequenos, tornando-se assim de difícil achado.

Como proposta para trabalhos futuros, visando melhorar a validação dos resultados obtidos, têm: utilizar as 502 imagens da base contendo microcalcificações; aplicar uma técnica de agrupamento como, *K-means* ou *fuzzy c-means*, capaz de criar grupos de pixels de intensidades semelhantes; aplicar outros filtros, de modo que possam obter somente as áreas da mama de interesse; desenvolver uma hibridização de técnicas baseada na inteligência do enxame, como por exemplo, *Particle swarm optimization*(PSO), algoritmo do morcego (BAT), algoritmo do peixe (FSS), de forma a aumentar o progresso dos resultados obtidos pelo algoritmo *firefly*.

Agradecimentos

Os autores agradecem a CAPES, CNPQ e FAPEMA, pelo apoio.

Referências

- [1] Alsmadi MKA, Mutasem K. A Hybrid *Firefly* Algorithm with Fuzzy-C Mean Algorithm for MRI Brain Segmentation. *Malaysian Journal of Library & Information Science*. 2014; p. 1676-1691.
- [2] Alomoush W, Abdullah SNHS, Sahran S, Hussain RI. Mri brain segmentation via hybrid *firefly* search algorithm. *Journal of Theoretical & Applied Information Technology*, v. 61, n. 1, 2014.
- [3] André, Parpinelli R. Tutorial Sobre o Uso de Técnicas para Controle de Parâmetros em Algoritmos de Inteligência de Enxame e Computação Evolutiva. *evista de Informática Teórica e Aplicada*. 2014; 21(2).
- [4] Bhattacharya M, Das A. Fuzzy logic based segmentation of microcalcification in breast using digital mammograms considering multiresolution. In *International Machine Vision and Image Processing Conference*; 2007. p. 98-105.
- [5] Chen K., Zhou Y, Zhang Z., Dai M, Chao Y, Shi J. Multilevel image segmentation based on an improved *firefly* algorithm. *Mathematical Problems in Engineering*; 2016.
- [6] Chu J, Min H, Liu L, Lu W. A novel computer aided breast mass detection scheme based on morphological enhancement and SLIC superpixel segmentation. *Medical physics* 2015; 42(7): 3859-3869.
- [7] Eiben AE, Selmar KS. Parameter tuning for configuring and analyzing evolutionary algorithms. *Swarm and Evolutionary Computation* 2011; 1(1):19-31.
- [8] Elpidio FGG, Lourdes MB, Janice ML. Aid System to Evaluation of Breast Calcification by Case-Based Reasoning According to BI-RADS Category; 2015.
- [9] Fister I, Yang XS, Brest J, Fister JI. Memetic self-adaptive *firefly* algorithm. *Swarm intelligence and bio-inspired computation: theory and applications*; 2013. p.73-102.
- [10] Guerroudjia MA, Zohra A. New approaches for Contrast enhancement of calcifications in mammography using morphological enhancement. *Proceedings of the International Conference on Intelligent Information Processing, Security and Advanced Communication*. ACM; 2015. p.77.

- [11] Halkiotis S, Taxiarchis B, Maria R. Automatic detection of clustered microcalcifications in digital mammograms using mathematical morphology and neural networks. *Signal Processing* 2007; 87(7): 1559-1568.
- [12] Heath M, Bowyer K., Kopans D, Moore R, Kegelmeyer WP. The digital database for screening mammography. In *Proceedings of the 5th international workshop on digital mammography*. Medical Physics Publishing; 2000. p. 212-218.
- [13] Instituto Nacional de Câncer (Brasil). [<http://www2.inca.gov.br/wps/wcm/connect/inca/portal/home>]. Incidência de Câncer no Brasil. [acesso em 6 maio de 2016]. Disponível em: <http://www.inca.gov.br/wcm/dncc/2015/por-tipos.asp>.
- [14] Karssemeijer, N. Stochastic model for automated detection of calcifications in digital mammograms. *Image and vision computing* 2012; 10(6): 369-375.
- [15] Martins LAL, Barra AA, Lucena CEM. Microcalcificações mamárias suspeitas de malignidade. *Revista Brasileira de Cancerologia* 2010; 56(2):251-258.
- [16] Sampaio WB, Diniz EM, Silva AC, de Paiva AC, Gattass M. Detection of masses in mammogram imagens using cnn, geostatic function and svm. *Computers in biology and medicine* 2011; 41(8):653-664.
- [17] Shaik PS, Kavitha C. Segmentation of CT lung nodules using FCM with *firefly* search algorithm. In *Innovations in Information, Embedded and Communication Systems (ICIIECS), 2015 International Conference on*. IEEE; 2015. p. 1-6.
- [18] Sönmez ÖE, Baray ŞA . Application of *firefly* metaheuristic algorithm for the single row facility layout problem. *Advances in Sustainable and Competitive Manufacturing Systems*. Springer International Publishing; 2013. p.1165-1172.
- [19] Tiedeu A, Daul C, Kentsop A, Graebing, P, Wolf D. Texture-based analysis of clustered microcalcifications detected on mammograms. *Digital Signal Processing* 2012; 22(1): 124-132.
- [20] Vishwakarma AYB, Amit Y. A Meta-Heuristic Approach For Image Segmentation Using *Firefly* Algorithm. *International Journal Of Computer Trends And Technology* 2014; 11(2): 69-73.
- [21] Yang XS. *Firefly* algorithms for multimodal optimization. In *International Symposium on Stochastic Algorithms*. Springer Berlin Heidelberg 2009. p. 169-178.
- [22] Yang XS. *Nature-inspired metaheuristic algorithms*. 2. ed. University of Cambridge: Lutterworth press; 2010.

Contato

Yanna Leidy K. F. Cruz
Mestranda da Universidade Federal do
Maranhão (UFMA), São Luís, Brasil
Fone: (98) 987357987
Email: nanaketllyn@gmail.com

Otilio Paulo. S. Neto
Professor do Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia do Piauí (IFPI), Teresina,
Brasil
Doutorando da Universidade Federal do
Maranhão (UFMA), São Luís, Brasil
Fone: (86) 98882-6242
Email: otilio.paulo@ifpi.edu.br

Aristófanés C. Silva
Doutor da Universidade Federal do Maranhão
(UFMA), São Luís, Brasil
Fone: (98) 3272-9288
Email: ari@dee.ufma.br

Anselmo C. de Paiva
Doutor da Universidade Federal do Maranhão
(UFMA), São Luís, Brasil
Fone:(98)3272-9288
Email: paiva@deinf.br

AMBIENTE WEB PARA CITOMORFOMETRIA USANDO IMAGENS 3D

Eduardo Henrique Silva¹, Marcelo Emílio Beletti², Jefferson Rodrigo de Souza³ e Bruno Augusto Nassif Travençolo³

¹Faculdade de Computação, Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Uberlândia (MG), Brasil e Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM), Patos de Minas (MG), Brasil

²Instituto de Ciências Biomédicas, Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Uberlândia (MG), Brasil

³Faculdade de Computação, Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Uberlândia (MG), Brasil

Resumo: Softwares de *bioimage* são utilizados para a análise de imagens microscópicas e auxiliam os usuários em suas tomadas de decisões, a usabilidade pode limitar o seu uso. **Objetivos:** Desenvolver um software de *bioimage* que pode ser acessado em um navegador web. Auxiliar patologistas e outros usuários na tomada de decisão, minimizando a subjetividade de suas avaliações. **Métodos:** Foram realizados estudos nos softwares de *bioimage open sources*, o qual foram identificadas as características positivas e negativas, permitindo a escolha das tecnologias apropriadas para desenvolver o ambiente. **Resultados:** O trabalho proveu um software de *bioimage* para análise citomorfométrica usando imagens tridimensionais que pode ser acessado por meio de um navegador web. **Conclusão:** O ambiente proposto é capaz de subsidiar os usuários com informações sobre as estruturas das células para tomada de decisão, fornecendo dados quantitativos e permitindo a exploração por meio de uma cena tridimensional.

Palavras-chave: Biologia Computacional; Imagem Tridimensional; Patologia.

Abstract: *Bioimage softwares are used for the analysis of microscopic images and assist users in their decision making, usability can limit its use. Purposes:* Develop a *bioimage* software that can be accessed through a web browser. Assist pathologists and other users in decision making, minimizing the subjectivity of its evaluations. **Methods:** Studies were carried out in the *bioimage open sources* softwares, which have been identified the positive and negative characteristics, allowing the choice of the appropriate technologies to developing the environment. **Results:** The work provided a *bioimage* software for histomorphometric analysis using three-dimensional images that can be accessed through a web browser. **Conclusion:** The proposed environment can subsidize the users with information on the structures of cells to decision making, providing quantitative data and allowing the exploration of a three-dimensional scene.

Keywords: Computational Biology; Three-dimensional image; Pathology.

Introdução

O termo “*software de bioimage*” surgiu para categorizar as aplicações que manipulam imagens microscópicas. Os métodos computacionais disponibilizados pelos softwares de *bioimage* se tornam uma importante ferramenta para diminuir a subjetividade, e auxiliar por exemplo, na avaliação de gradações de tumores por meio da análise de células cancerígenas¹.

O profissional da área da saúde deve ser capaz de manusear sem muitos esforços um software para auxiliá-lo em suas tarefas cotidianas, atualmente a maioria dos softwares de *bioimage* são aplicações

locais, que requerem a instalação e configuração no sistema operacional do usuário. Com os avanços da internet as Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) estão sendo utilizadas de forma crescente na área da saúde para auxiliar a tomada de decisões².

Um estudo publicado por Cardona e Tomancak³ apresentou que a usabilidade nos softwares de *bioimage* tem sido um desafio e também pode ser um fator limitante para o seu uso, pois os usuários com conhecimento básico em computação devem ser capazes de realizarem os seus experimentos no software disponibilizado. Características como a facilidade na instalação, suporte a várias plataformas, atualização automática e integração com outros softwares podem contribuir com a usabilidade. Além disso, o estudo ainda ressalta que a disponibilização do software na nuvem evita muitos problemas de instalação e possibilita sua utilização remota, além de permitir o compartilhamento dos resultados com outros usuários espalhados pelo mundo, quebrando assim barreiras geográficas.

Segundo Eliceiri et al.⁴, disponibilizar um software em uma arquitetura na nuvem permite aproveitar a escalabilidade, ou seja, o aumento do poder computacional de forma simplificada, fornecida por esse estilo arquitetural.

Desta forma, o trabalho proposto tem como objetivo o desenvolvimento de um ambiente para análise citomorfométrica em imagens extraídas de microscópicos por meio da reconstrução tridimensional (3D), possibilitando a exploração das informações no navegador web. O ambiente proposto fornece técnicas de visualização científica, como algoritmos de renderização de volume e reconstrução por isosuperfícies, algoritmos para segmentação e por fim a extração de informações quantitativas baseadas em citomorfometria.

Trabalhos Relacionados

Visualização Científica (ViSC) - ViSC é uma disciplina da visualização da informação a fim de aplicar técnicas para permitir a transformação de dados abstratos de observações em modelos que podem ser facilmente compreensíveis para a exploração científica⁵. Os algoritmos de visualização volumétricos são capazes de criar uma projeção tridimensional em um plano de imagens bidimensionais (e.g. Figura 1 (a)) para compreensão e exploração dos dados volumétricos, eles estão divididos nas categorias: renderização volumétrica direta e ajuste de superfície⁶.

Renderização Volumétrica Direta (RVD) é capaz de criar imagens de um conjunto de dados que não apresentam uma forma geométrica definida. Assim, ela desempenha um mapeamento dos elementos diretamente no plano sem utilizar a geometria primitiva para criar a representação (e.g. Figura 1 (b))⁶. Para extrair a representação volumétrica apresentada na Figura 1 (b) foi utilizado o software BioImageXD⁷ com o algoritmo *Volume Ray-casting*.

Ajuste de Superfície (AS) é útil para extrair uma superfície em um volume por meio do ajuste de primitivas geométricas, como polígonos, é criado uma malha de triangulações que representam uma isosuperfície (e.g. Figura 1 (c))⁸. Para extrair a superfície apresentada na Figura 1 (c) foi utilizado o software BioImageXD⁷ com o algoritmo *Marching Cubes*.

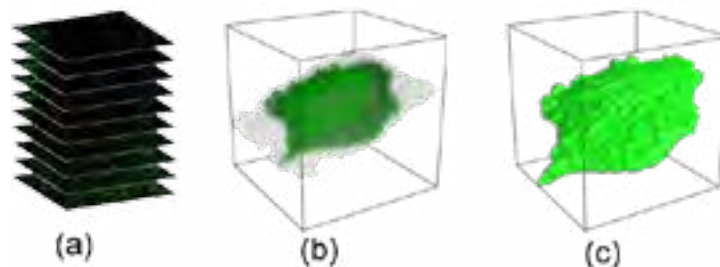


Figura 1: Reconstrução tridimensional utilizando o software BioImageXD. (a) Imagens fatiadas. (b) Visualização de volume. (c) Isosuperfície

O método de *Marching Cubes* possui um desempenho melhor em relação ao método de *Volume Ray-casting*, pois ele não percorre todo o conjunto de dados a cada vez que a imagem é renderizada. Entretanto, o método *Marching Cubes* pode apresentar isosuperfícies não tão representativas de acordo com o modelo real, devido a reconstrução com falsos pedaços negativos e positivos de superfícies⁶.

Análise Citomorfométrica - A morfometria é um conjunto de técnicas que permite quantificar características estruturais por meio da extração das informações, como por exemplo, a área da superfície, volume, circularidade e curvatura⁹. Na área da patologia, alterações morfológicas nas estruturas celulares são importantes no auxílio dos métodos de diagnósticos. A morfometria citológica ou citomorfometria é um conjunto de técnicas de morfometria para descrever características dos componentes celulares¹.

Para a análise citomorfométrica, os atributos de área da superfície, volume, esfericidade, diâmetro esférico equivalente, coeficientes de curvatura e convexidade podem ser extraídos de uma isosuperfície, assim permitindo quantificar os objetos de interesses.

Métodos

Inicialmente, foi realizado uma análise nos ambientes correlatos buscando identificar as principais características no modelo de visualização e na extração de informações quantitativas. Nessa fase, foram analisados softwares de *bioimage open sources* disponibilizados como sistemas locais e também na web, com o objetivo de extrair características satisfatórias e insatisfatórias.

Em seguida, um estudo foi desempenhado para definir as tecnologias para apoiar o desenvolvimento do ambiente. A Tabela 1 apresenta as tecnologias utilizadas no desenvolvimento do ambiente proposto.

Tabela 1: Tecnologias utilizadas no desenvolvimento do ambiente.

NOME	DESCRIÇÃO
Python	Linguagem de programação do lado do servidor.
VTK	Biblioteca para processamento e visualização 3D.
SimpleITK	Biblioteca para processamento das imagens.
WebGL	Tecnologia que permite apresentação de objetos 3D no navegador web.
JavaScript	Linguagem de programação do lado do cliente.

Algumas aplicações de visualização na web fazem a renderização dos objetos no lado do cliente e se tornam ineficientes quando grandes conjuntos de dados são renderizados¹⁰.

A arquitetura do ambiente é composta por três aplicações: Cliente, *VTKServer* e *APPServer*, conforme apresenta a Figura 2. O cliente é qualquer dispositivo com acesso ao navegador web. O *APPServer* é uma aplicação que gerencia os conjuntos de dados e os usuários do ambiente.

O *VTKServer* é a aplicação responsável por realizar a análise citomorfométrica, a segmentação e a reconstrução 3D, ou seja, todos os algoritmos são executados no servidor. A comunicação entre o Cliente e o *VTKServer* é realizada por meio do protocolo *WebSocket*. O *WebSocket* é um protocolo para a comunicação bidirecional, em que as mensagens podem ser trocadas entre clientes e servidores reduzindo a complexidade sobre a comunicação em tempo real¹¹.



Figura 2: Arquitetura do ambiente proposto.

Com o *WebSocket* é utilizada a estratégia de carregamento progressivo, ou seja, quando um cliente solicita um objeto tridimensional, o *VTKServer* envia as primitivas em pequenos blocos, então o cliente recebe os blocos e apresenta para o usuário. Isso evita que a biblioteca *JavaScript* no lado do cliente possa sobrecarregar e não apresentar corretamente ao usuário o modelo 3D.

Por fim, foi definido o fluxo de processamento para a obtenção das informações quantitativas de uma amostra, conforme apresenta a Figura 3.

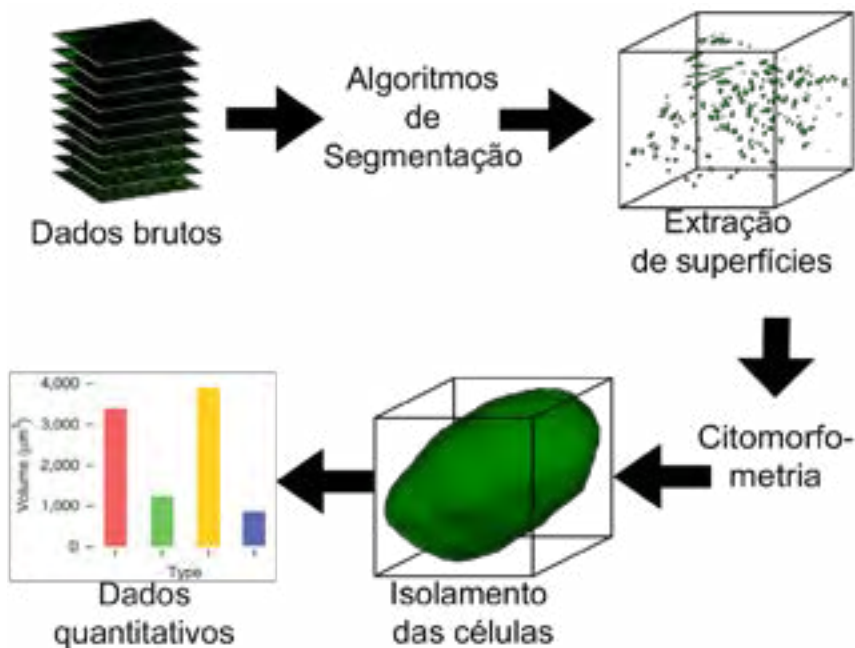


Figura 3: Fluxo de atividades para obter os dados quantitativos.

Primeiramente, o usuário realiza o *upload* dos dados brutos, que são amostras digitalizadas em um microscópio confocal. O ambiente utiliza o *BioFormats* proposto por Allan et.al.¹², que permite o suporte a diversos formatos de arquivos.

Em seguida, o usuário poderá aplicar filtros para segmentação, a fim de separar os objetos de interesse do restante da imagem. Na reconstrução tridimensional é possível utilizar os algoritmos

Marching Cubes e *Volume Ray-casting*. O *Volume Ray-casting* fornece um modelo mais representativo com o mundo real, porém, para extrair dados quantitativos é necessária a extração da superfície da amostra, assim o algoritmo *Marching Cubes* cria uma malha de triangulações que possibilita a realização de cálculos sobre a estrutura em análise.

Ao solicitar a análise citomorfométrica em uma superfície é realizado o isolamento das células, pois uma amostra pode conter várias células. Para a separação é usado o filtro de conectividade, em que os voxels apenas pertencem a uma célula se todos estiverem conectados. Um voxel é a representação de um valor em um espaço tridimensional, seria equivalente a um pixel em um espaço bidimensional⁶. Assim sendo, cada célula é submetida à extração de atributos, sendo eles: área da superfície, volume, esfericidade, coeficientes de circularidade, convexidade e diâmetro esférico equivalente.

Ao final do fluxo são gerados os dados quantitativos de cada célula e a média dos atributos da amostra. Os usuários podem exportar os dados obtidos para alguma ferramenta de análise estatística com o objetivo de interpretar o comportamento das amostras.

Resultados e Discussão

O ambiente proposto pode ser executado em qualquer dispositivo que possui um navegador atualizado, seja um computador de mesa, um *tablet* ou um *smartphone*. O maior espaço da página principal é destinado a visualização, permitindo uma maior liberdade ao usuário para interagir com a amostra em análise. As páginas são adaptáveis a diferentes tamanhos de tela. A Figura 4 apresenta a página de visualização 3D, e os menus de interação, análise e segmentação.



Figura 4: Visão geral do ambiente proposto

O ambiente reconhece mais de 100 formatos de imagem. Após realizar o upload, as imagens ficam disponíveis para visualização ou exclusão (Figura 5(d)). Ao selecionar uma amostra para visualização é desempenhado uma solicitação de reconstrução tridimensional ao servidor. Na reconstrução tridimensional podem-se utilizar os algoritmos *Volume Ray-casting* e *Marching Cubes* (e.g. Figura 5(a)).

Alguns microscópicos fornecem imagens com múltiplos canais, o ambiente permite a visualização de cada canal separadamente e também permite ao usuário selecionar os canais desejados para gerar a visualização 3D (e.g. Figura 5(e)). A segmentação e análise citomorfométrica é realizada em cada canal separadamente.

O *smoothing* é um filtro Gaussiano utilizado para suavizar as imagens, reduzindo os possíveis ruídos (e.g. Figura 5(a)). Esses ruídos podem interferir nos resultados, pois pequenas triangulações serão consideradas como objetos e suas medidas serão extraídas. Para segmentação é fornecido três

métodos: Limiar fixo, *Otsu* e *Watershed*, o usuário pode escolher quais e a ordem de execução desses algoritmos (e.g. Figura 5(f)). O ambiente proposto realiza a extração de dados quantitativos utilizando a superfície obtida com o algoritmo *Marching Cubes* (e.g. Figura 5(b)). Os resultados obtidos podem ser armazenados, exportados para um arquivo do tipo *Comma-separated values* (CSV) ou visualizados no próprio ambiente (Figura 5(c)).



Figura 5: Funcionalidades para ViSC e Citomorfometria. (a) Seleção e configuração dos algoritmos de ViSC. (b) Extração das medidas utilizando métodos de citomorfometria. (c) Medidas extraídas. (d) Seleção do conjunto de dados. (e) Escolha dos canais. (f) Segmentação

As interações com a cena são realizadas por meio da barra de ferramentas superior ou por meio do mouse. Na barra de ferramentas é possível aumentar e diminuir o *zoom* e também reiniciar a câmera da cena em seu estado original. O visualizador 3D também permite por meio do mouse visualizar a cena em diferentes perspectivas, aumentar e diminuir o *zoom* e selecionar um objeto.

Ao visualizar uma superfície é possível selecionar um objeto de interesse de duas formas: pelas coordenadas x e y obtidas por um clique duplo ou pela extração das medidas de citomorfometria. Ao realizar um clique duplo na cena as coordenadas x e y referente a localização do clique são enviadas para o *VTKServer*, de acordo com o posicionamento da câmera o servidor encontra o ponto S referente as coordenadas x , y , e z . Todas as superfícies conectadas a partir do ponto S são consideradas partes do objeto de interesse. O algoritmo de extração de medidas baseia-se na conectividade para a separação dos objetos, cada objeto extraído recebe um identificador que pode ser utilizado para visualizar o objeto de interesse posteriormente.

Após encontrar o objeto de interesse, o ambiente proposto redireciona o usuário para uma nova página, conforme a Figura 6.

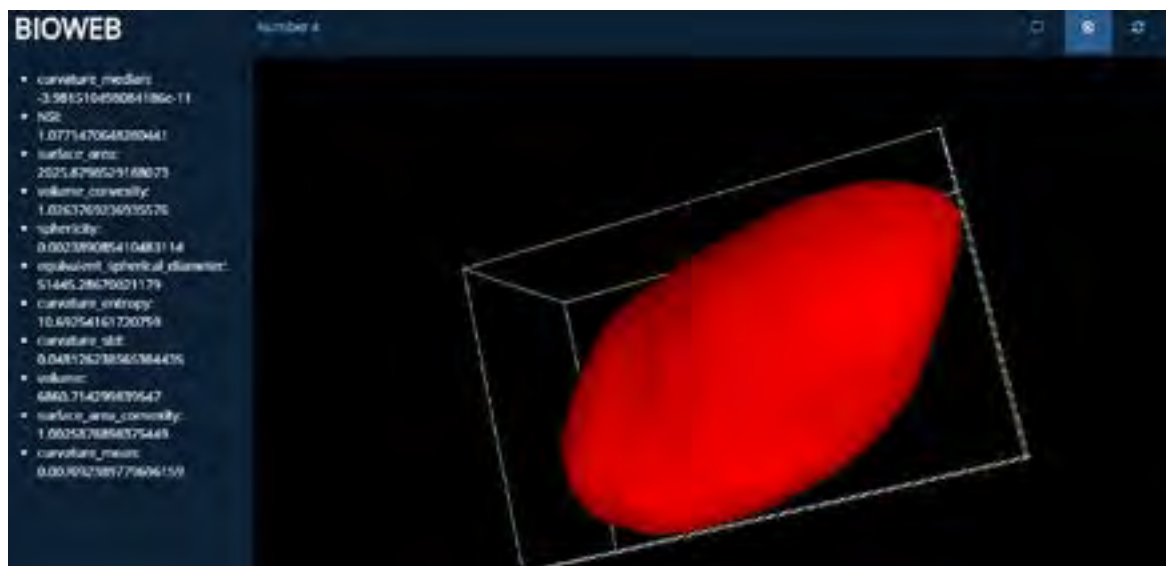


Figura 6: Visualização de um objeto de interesse

Na visualização do objeto de interesse todas as medidas são apresentadas na barra lateral, além das interações com o objeto é possível adicionar um delimitador de fronteira e um indicador do centro de massa. Uma amostra geralmente é composta por diversas células, a visualização de um objeto de interesse permite ao usuário explorar a estrutura de uma célula, possibilitando analisar as deformações e as medidas fornecidas pelo ambiente.

O ambiente proposto pode ser comparado com os trabalhos relacionados: Bisque¹³, Omero¹², BioIMAX¹⁴ e Slicer Drop¹⁵.

O Bisque é um ambiente web para gestão, compartilhamento, análise e extração de dados quantitativos em imagens multidimensionais. Ele fornece algoritmos para segmentação e detecção de centroides em imagens 3D. No ambiente web ele permite a visualização tridimensional utilizando fatias ortogonais, para fornecer uma visualização volumétrica mais detalhada o objeto em análise deve ser exportado para uma aplicação externa denominada BioView3D, executada como um sistema local.

O Omero é uma plataforma para gerenciar experimentos biológicos, ele disponibiliza um cliente web para visualização das imagens no servidor, permitindo que o cientista visualize imagens tridimensionais utilizando fatias ortogonais. O objetivo do Omero não é fornecer métodos de análise e visualização, uma vez que possui outras ferramentas com esse propósito.

O BioIMAX é um ambiente web desenvolvido em Adobe Flex voltado para exploração e mineração de dados, necessitando do *plug-in* do Adobe Flash instalado no navegador. Ele permite visualizar imagens em planos bidimensionais e gráficos de histograma.

O Slicer Drop é um software web com foco para as imagens médicas, e possui algoritmos de visualização 3D que podem ser aplicados em imagens biológicas.

A Tabela 2 apresenta uma comparação das características do o trabalho proposto com os trabalhos relacionados citados anteriormente.

Tabela 2: Comparação do ambiente proposto com outros trabalhos.

Função	Ambiente Proposto	Bisque	Omero	BioIMAX	Slicer Drop
Tecnologia web de visualização	WebGL	WebGL	JavaScript	Adobe Flex	WebGL
Formatos de imagens suportadas	+ de 100	+ de 100	+ de 100	3	+ de 10
Integração com outros ambientes	Não	Sim	Sim	Não	Não
Segmentação 3D	Sim	Sim	Não	Não	Sim
Separação de objetos 3D	Sim	Não	Não	Não	Não
Redução de ruídos	Sim	Não	Não	Não	Não
Renderização volumétrica	Sim,	Sim*	Não	Não	Sim*
Extração de isosuperfície	Sim	Não	Não	Não	Não
Multicanais	Sim	Sim	Não	Não	Não
Interação com o usuário	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Suporte a <i>tablet</i> e <i>smartphone</i>	Sim	Sim	Sim	Não	Sim
Métodos de análise citomorfometria	14	2	0	0	0

Atualmente, a tecnologia *WebGL* para visualização 3D no navegador é mais aconselhável, pois essa tecnologia é nativa no navegador com suporte ao HTML 5, não necessitando de instalação de *plug-ins*. As aplicações Bisque e SlicerDrop emitem erros ao realizar a renderização volumétrica de grandes conjuntos de dados, devido ao processamento dos algoritmos serem executados no lado do cliente.

O ambiente proposto está bem posicionado em relação aos trabalhos relacionados comparados na Tabela 2. Os métodos fornecidos permitem os usuários explorarem as amostras, executarem algoritmos para segmentar uma região de interesse e extraírem dados quantitativos para a análise de uma amostra. A visualização volumétrica e extração de atributos em um objeto 3D possibilitam ao usuário identificar fenômenos que diversas vezes não é possível em um modelo 2D.

Conclusão

Na maioria dos *softwares de bioimage* é disponibilizada como aplicação local, com a evolução das tecnologias da internet foi possível desenvolver um *software de bioimage* na web com características presentes nesses softwares locais, e ainda acrescentar recursos que não estão presentes nos trabalhos relacionados disponibilizados na web, tal como, a renderização de grandes conjuntos de dados.

A usabilidade foi um fator relevante ao propor o ambiente, a disponibilização dos dados na nuvem contribuirá com a usabilidade do software proposto, evitando a instalação e configuração. Além disso, o ambiente fornece um repositório para o usuário armazenar seus resultados e amostras. O ambiente suporta vários formatos, pois fornecedores de microscópicos disponibilizam as imagens

digitalizadas em formatos abertos, porém outras já disponibilizam em formatos proprietários. A restrição de formatos pode ser um fator que limite o uso do ambiente proposto.

O trabalho proposto contribui com avanços nos softwares de *bioimage* baseados na web, pois a arquitetura cliente/servidor ressaltada nesse artigo possui características singulares em relação aos softwares de *bioimage* na web.

Por meio das medidas extraídas de objetos 3D, os usuários podem caracterizar deformações nas amostras analisadas, podendo auxiliar um patologista na análise de tumores. O ambiente proposto é capaz de fornecer informações relevantes ao usuário na tomada de decisões, ele não substitui um profissional da saúde.

Para trabalhos futuros, pretende-se analisar um conjunto de amostras de células cancerígenas e utilizar o ambiente proposto para inferir a graduação dos tumores nas células analisadas. Para isso, os atributos extraídos pela análise citomorfométrica serão submetidos a medidas estatísticas e classificadores.

Agradecimentos

Os autores agradecem à FAPEMIG pelo auxílio financeiro (REONCO - Processo 52-11).

Referências

- [1] Waldemarin KCA, Beletti ME, Costa LF. Nuclear morphometry of neoplastic cells as a method for diagnosis of histiocytoma, mastocytoma and transmissible venereal tumor in dogs. *Real-Time Imaging*. 2004; 10(4): 197-204.
- [2] Camargo AL, Ito M. Utilização das tecnologias de informação e comunicação na área da saúde: uso das redes sociais pelos médicos. *J Health Inform*. 2012; 4(4): 164-9.
- [3] Cardona A, Tomancak P. Current challenges in open-source bioimage informatics. *Nat Methods*. 2012; 9(7): 661-665.
- [4] Eliceiri KW, Berthold MR, Goldberg IG, Ibanez L, Manjunath BS, Martone ME, et al. Biological imaging software tools. *Nat Methods*. 2012; 9(7): 697-710.
- [5] Hansen CD, Chen M, Johnson CR, Kaufman AE, Hagen H. *Scientific visualization: uncertainty, multifield, biomedical, and scalable visualization*: Springer London; 2014.
- [6] Elvins TT. A survey of algorithms for volume visualization. *Comput Graph (ACM)*. 1992; 26(3): 194-201.
- [7] Kankaanpää, Pasi, et al. BioImageXD: an open, general-purpose and high-throughput image-processing platform. *Nat methods*. 2012. 9(7): 683-689.
- [8] Lorensen WE, Cline HE. Marching cubes: A high resolution 3D surface construction algorithm. *Comput Graph (ACM)*. 1987; 21(4): 163-169.
- [9] Weibel ER. Stereological principles for morphometry in electron microscopic cytology. *International review of cytology*. 1969; 26: 235-302.
- [10] Jourdain S, Ayachit U, Geveci B. ParaViewWeb: A web framework for 3D visualization and data processing. *International Journal of Computer Information Systems and Industrial Management Applications*. 2011; 3: 870-877.
- [11] Fette I, Melnikov A. The WebSocket Protocol. 2011. [citado em 22 de Junho de 2016]. Disponível em: <https://tools.ietf.org/html/rfc6455>.

- [12] Allan C, Burel JM, Moore J, Blackburn C, Linkert M, Loynton S, et al. OMERO: flexible, model-driven data management for experimental biology. *Nat Methods*. 2012; 9(3):. 245-253. [13] Weibel ER. Stereological principles for morphometry in electron microscopic cytology. *International review of cytology*. 1969; 26: 235-302.
- [14] Loyek C, Rajpoot NM, Khan M, Nattkemper TW. BioIMAX: A Web 2.0 approach for easy exploratory and collaborative access to multivariate bioimage data. *BMC Bioinformatics*. 2011; 12(1): 297-309.
- [15] Haehn D, Rannou N, Ahtam B, Grant E, Pienaar R. Neuroimaging in the browser using the X Toolkit. In 5th INCF Congress of Neuroinformatics. 2014 Oct; Munich.

Contato

Bruno Augusto Nassif Travençolo
E-mail: travencolo@gmail.com
Telefone: (34) 3239-4576
Endereço: Universidade Federal de Uberlândia
- Campus Santa Mônica - Bloco 1B - Sala
1B131 - Av. João Naves de Ávila, 2.121 Bairro
Santa Mônica

ANÁLISE DE SENTIMENTOS APLICADA À REALIDADE DA DOAÇÃO DE SANGUE NO BRASIL USANDO DADOS DO TWITTER

Diego Henrique Ferreira¹ e Evandro Eduardo Seron Ruiz¹

¹Departamento de Computação e Matemática, FFCLRP - Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, Brasil

Resumo: Objetivo: Analisar os sentimentos e opiniões dos usuários do Twitter a respeito da doação de sangue no Brasil. Foram coletados mais de 19 mil tweets relacionados à doação de sangue, publicados entre 1º de janeiro de 2015 e 31 de dezembro de 2015. Deste total de tweets, uma amostra de 1364 tweets foi selecionada para compor dois conjuntos de dados: um para treinar e outro para avaliar. **Métodos:** Os 4 algoritmos de classificação adotados neste trabalho, são eles: Multinomial Naïve Bayes, Bernoulli Naïve Bayes, Gaussian Naïve Bayes e Maximum Entropy. **Resultado:** A classificação dos tweets em três possíveis classes (positiva, negativa e neutra) foi realizada. Os classificadores Multinomial Naïve Bayes e Maximum Entropy obtiveram os melhores resultados. **Conclusão:** Pudemos observar que o algoritmo Multinomial Naïve Bayes obteve o melhor desempenho na classificação do conjunto total de mensagens.

Palavras-chave: L01.313.500.750.280.199, G17.035.250.500.500, L01.224.230.110.500.750

Abstract: Objective: Analyze the sentiments and opinions from Twitter users about blood donation in Brazil. We collected 19 thousand tweets related to blood donation between January 1st and December 31st, 2015. From those, 1364 tweets were randomly select to compose the training and the evaluation test set. **Methods:** Four classifiers were applied: Multinomial Naïve Bayes, Bernoulli Naïve Bayes, Gaussian Naïve Bayes e Maximum Entropy. **Results:** The tweets have been classified as positive, negative and neutral. The classifiers Multinomial Naïve Bayes e Maximum Entropy achieved better results. **Conclusion:** We have observed that the Multinomial Naïve Bayes classifier achieved the best performance in the overall set of messages.

Keywords: D057225, D000069553, D061108

Introdução

Estudos envolvendo dados coletados em plataformas de *microblogs* vêm mostrando resultados bastante expressivos para o monitoramento de diversos eventos e tópicos relacionados à saúde pública como, por exemplo, o monitoramento de epidemias¹ e de campanhas de vacinação².

Com mais de 310 milhões de usuários ativos, o *Twitter*, é a principal plataforma atual de *microblogs* e tem sido cada vez mais adotado por pesquisadores de diversas áreas do conhecimento como uma excelente fonte de dados para suas análises e estudos envolvendo análises de opiniões públicas, difusão de informação, monitoramento de atividades e acontecimentos ao longo do tempo, entre outros. Usuários do *Twitter* fazem suas publicações de status através de mensagens de texto livre de no máximo 140 caracteres chamados *tweets*.

Recentemente, o fenômeno do *Health self-reporting* (“auto-relato de saúde”, em tradução livre) tem se mostrado cada vez mais presente nos *tweets* publicados. Este fenômeno ocorre quando um usuário publica informações sobre sua própria saúde, destacando doenças, diagnósticos e tratamentos

que está realizando ou realizou. Este fenômeno também permite que uma enorme quantidade de informação a respeito da saúde da população seja disponibilizada publicamente em tempo real³.

Outra aplicação importante dos dados obtidos em mídias sociais é a análise dos sentimentos presentes e demonstrados nas postagens que os usuários fazem. Usuários do *Twitter*, muitas vezes, demonstram suas opiniões sobre determinados assuntos em seus *tweets*, as quais são rapidamente propagadas entre vários outros usuários. Essas opiniões podem ser sobre os mais variados assuntos, como por exemplo eventos, serviços e produtos, campanhas, organizações e podem conter teores positivos e negativos, como duras críticas. Tendo em vista a grande quantidade de opiniões publicadas pelos usuários em seus perfis e a rapidez com essas opiniões são propagadas, percebeu-se que a análise dessas informações poderia contribuir para que empresas e organizações conhecessem melhor as opiniões dos usuários sobre seus produtos e serviços oferecidos a partir do que era publicado na web⁴.

Neste contexto destaca-se uma importante área de estudo em Processamento de Linguagem Natural (PLN), que juntamente com a Mineração de Textos, tem como objetivo a extração e identificação de sentimentos e opiniões expressados em mensagens de texto livre: a Análise de Sentimentos (AS). A AS tem sido amplamente usada no desenvolvimento de sistemas inteligentes e de recomendações, além de sistemas de suporte à decisão. Consumidores podem usar sistemas baseados na AS para ajudar na decisão de compra de algum produto ou uso de algum serviço antes de tomar a decisão final, ou também empresas podem ter uma visão geral sobre a satisfação pública sobre seus produtos, serviços e campanhas publicitárias⁵.

No contexto de tópicos relacionados à saúde, a AS pode ser considerada uma ferramenta adequada para a percepção dos sentimentos e opiniões da população sobre os serviços prestados por hospitais, clínicas e órgãos de saúde, campanhas realizadas por órgãos governamentais, tratamentos e medicações oferecidos por empresas e prestadores de serviços.

O objetivo deste trabalho foi classificar os *tweets* relacionados à doação de sangue no Brasil de acordo com os sentimentos contidos neles. Devido à grande variedade de tópicos relacionados à saúde brasileira, e afim de evitar problemas com os diferentes vocabulários que cada tópico possa ter, optamos por utilizar apenas *tweets* relacionados à doação de sangue que foram publicados durante o ano de 2015 para a classificação. Os *tweets* coletados foram pré-processados utilizando técnicas de PLN e foram classificados de acordo com o sentimento expressado: positivo, negativo e neutro.

Trabalhos relacionados

A literatura científica tem mostrado que a ferramenta de microblogs *Twitter* é uma fonte de dados adequada para análises populacionais, especialmente as análises e estudos envolvendo aspectos de saúde pública. Paul e Dredze³ mostraram em seu trabalho que como os tweets podem ser usados como ferramentas para tarefas tais como: monitoramento de doenças ao longo do tempo, medição de fatores de risco, identificação de doenças por localização geográfica, análise de medicações e tratamentos. Estes mesmos autores já haviam, em um trabalho anterior³, apresentado um modelo capaz de, a partir de uma coleção de *tweets*, coletar uma variedade de doenças que são discutidas pelos usuários do *Twitter*, agrupando-as por sintomas e tratamentos. Esta ferramenta se mostrou capaz de identificar descrições significativas das doenças, tornando-se uma ferramenta eficaz para vigilâncias sindrômicas³.

Anteriormente, a equipe de Chew¹ já havia utilizado *tweets* para analisar a dispersão de informação a respeito da epidemia de H1N1 nos EUA em 2009, bem como o potencial informacional desta ferramenta de *microblogs*. Este trabalho também mostrou que os *tweets* são uma importante fonte opiniões e sentimentos públicos. Em estudo recente, Almans e colaboradores² realizaram um monitoramento do conteúdo publicado no *Twitter* durante a campanha de vacinação de gripe no Brasil

em 2014. Apesar de o *Twitter* ter sido muito utilizado nesta campanha, neste trabalho foi constatado um baixo número de mensagens com conteúdo realmente relevante sobre a campanha e sobre a gripe.

Estudos em AS ganharam destaque quando Pang e colaboradores⁶ decidiram classificar textos pelos sentimentos expressos neles e não, como usualmente, uma classificação por tópicos. Utilizando *reviews* de filmes como conjunto de dados, aplicaram técnicas de aprendizado de máquina para classificar esses *reviews* como positivos (uma análise positiva do filme) e negativos (uma análise negativa do filme). Os pesquisadores obtiveram resultados satisfatórios na classificação destes *reviews* embora parte dos termos usados nestes são comuns a ambas as classes o que prejudica a categorização.

Dada a grande quantidade de trabalhos dedicados a identificar e analisar as opiniões, também não demorou para o *Twitter* ser adotado com fonte de dados em trabalhos envolvendo AS. Alec Go⁵ e co-autores, pioneiros na área, mostraram a viabilidade de se usar *tweets* para construir sistemas baseados na análise de sentimentos, afim de identificar opiniões públicas a respeito de produtos e serviços. Neste trabalho também foi mostrado que três dos principais algoritmos usados para problemas de classificação de texto (*Naïve Bayes*, *Maximum Entropy* e *SVM*) obtiveram um desempenho de pelo menos 80% de classificações corretas quando treinados usando *tweets* que continham *emoticons*.

Métodos

Coleta de dados, os *tweets*

Os dados foram obtidos a partir de um sistema de coleta automático de *tweets* do Laboratório de Sistemas Computacionais Complexos. O Laboratório monitora continuamente tópicos tais como: ‘zica’, ‘microcefalia’, ‘gripe’, ‘vacina’, ‘vacinação’, ‘febre’, ‘dor’, ‘alergia’, ‘dengue’, ‘chikungunya’, ‘diarreia’, ‘aids’, ‘hiv’, ‘doação de sangue’, entre outros. Hoje, o sistema possui uma coleção de mais de 41 milhões de *tweets*. A partir deste conjunto de dados, recuperamos os *tweets* publicados no período entre 1º de janeiro de 2015 e 31 de dezembro de 2015 que continham em sua mensagem palavras iniciadas em ‘doa’ ou ‘doe’ e a palavra ‘sangue’. Através desta combinação de palavras pudemos abordar os termos mais significativos para esta temática, como por exemplo ‘doe sangue’, ‘doei sangue’ ‘doação de sangue’, ‘doador de sangue’, ‘doar sangue’, ‘doamos sangue’, entre outros.

Etapas de processamento

A Figura 1 a seguir ilustra as etapas de processamento deste trabalho, que são elas: Coleta, filtragem e classificação manual dos *tweets*, obtenção e análise dos modelos de classificação, e Análise de Sentimentos. Cada etapa é descrita a seguir:

Filtragem dos *Tweets*

Dada a possibilidade do uso das APIs do *Twitter* para a publicação de *microblogs*, muitos aproveitadores usam esta facilidade para a geração de *spams* e divulgação massiva de informações. Afim de obtermos uma amostra de *tweets* pessoais, ou seja, publicados diretamente por usuários comuns em suas contas pessoais, coletamos *tweets* publicados por softwares clientes conhecidos tais como: dispositivos *Android*, dispositivos *IOs* (*iPhone* e *iPad*), dispositivos *Windows Phone* e *Web Client* (página do *Twitter*).

Após esta etapa, os *tweets* coletados foram processados por uma aplicação em *Python* que removia *retweets* (*tweets* de terceiros que são reencaminhados) ou que haviam sido compartilhados via outro perfil (e.g. “via @estado”). Notamos que grande parte dos *tweets* compartilhados via outro perfil eram reportagens de grandes mídias (e.g. jornais, empresas de TV, rádio), as quais, em sua grande parte, não apresentam opiniões ou sentimentos e têm apenas a função de informar o leitor. Para a fase de geração dos modelos de classificação, os *retweets* não são interessantes também, por serem apenas cópias de *tweets* já presentes no conjunto de dados.

Também foram removidos *tweets* muito similares entre si, mantendo apenas uma cópia do *tweet*. Para avaliação da similaridade entre *tweets* calculamos a similaridade através do cosseno entre os *tweets* que é uma medida bastante utilizada em PLN para a análise de similaridade entre dois textos. Nesta medida, dois *tweets*, A e B, são representados pela frequência dos seus termos no conjunto. A similaridade do cosseno é calculada pela razão entre do produto escalar destes dois vetores e a multiplicação de suas magnitudes, seus módulos. O valor de similaridade é dado numa escala entre 0 e 1, em que 0 significa que os dois *tweets* são totalmente diferentes e 1 significa que eles são iguais. Definimos que todo *tweet* que possuísse similaridade maior que 0.7 fosse removido do nosso conjunto de dados por sua alta similaridade com outros *tweets* presentes neste conjunto.

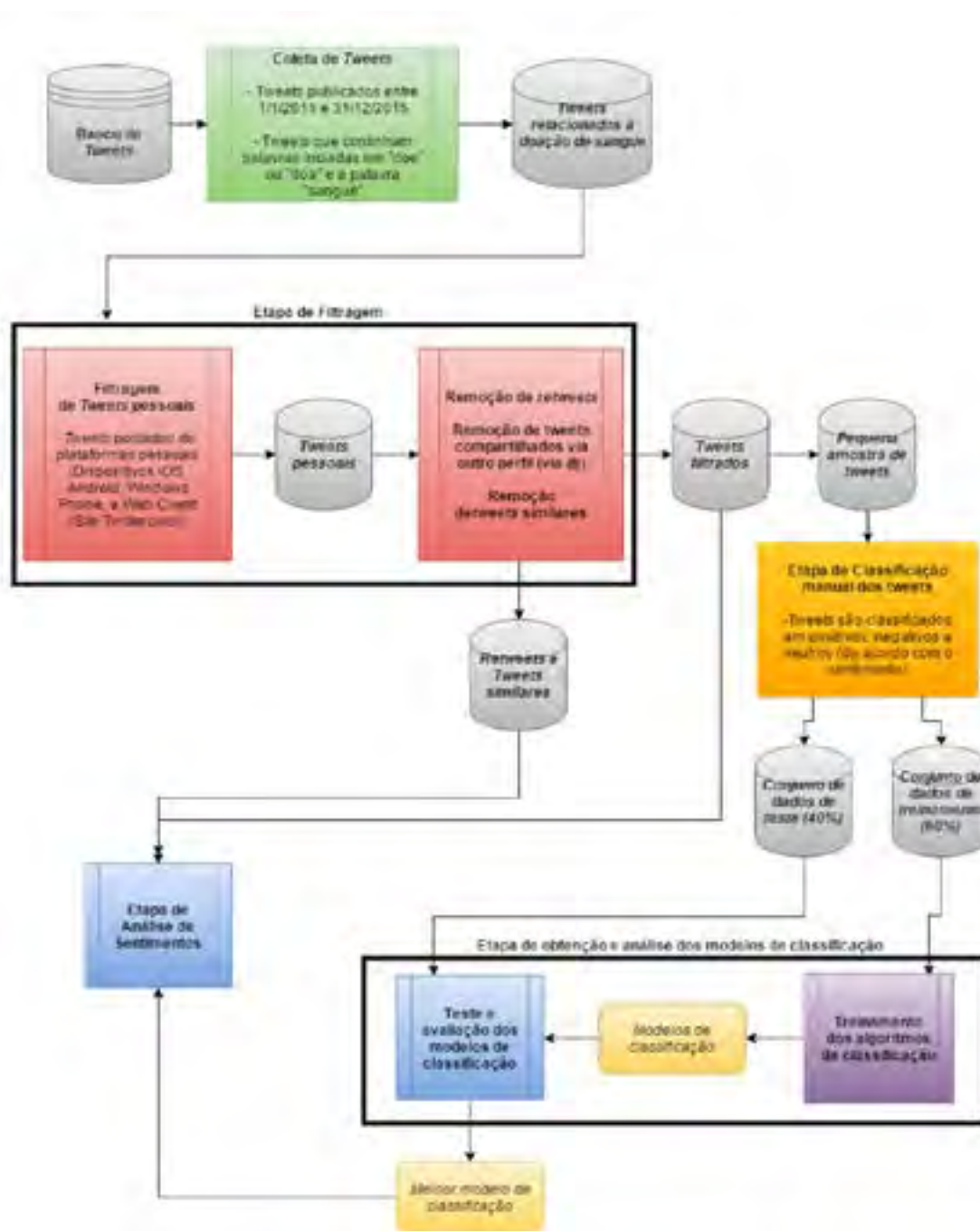


Figura 1. Etapas de processamento

Figura 1: Etapas de Processamento

Algoritmos de Classificação

Neste trabalho adotamos os quatro dos algoritmos de classificação mais utilizados nos estudos envolvendo AS: *Naive Bayes*, nas versões *Multinomial*, *Gaussian* e *Bernoulli*, e o *Maximum Entropy*. Para todos estes algoritmos utilizamos suas implementações presentes no *framework Scikit Learn*.

Conjunto de dados para treinamento e testes

A partir dos *tweets* filtrados e pré-processados selecionamos uma pequena amostra aleatória destes *tweets* para compor esta amostra. Neste trabalho, definimos o tamanho da amostra de acordo com a viabilidade da classificação manual. Os *tweets* desta amostra foram classificados manualmente e depois divididos em dois outros conjuntos de dados: 60% dos *tweets* compõem o conjunto de treinamento e o restante, ou seja 40%, compõem o conjunto de teste. Não foi considerado o balanceamento do número de exemplos para cada classe.

Classificação manual do conjunto de dados

Nesta fase, os *tweets* foram classificados manualmente de acordo com os sentimentos que eles apresentavam. Os *tweets* foram classificados em três diferentes polaridades: positivos, negativos e neutros. Primeiro foi analisado o texto dos *tweets* afim de encontrar a polaridade mais adequada para ele, caso o *tweet* tivesse emojis e amoticons, estes eram usados também na definição da polaridade do *tweet*. Definimos que *tweets* que apresentassem emoções positivas (e.g. alegria, felicidade, gratidão, entusiasmo, humor) fossem classificados como positivos; que demonstrassem emoções negativas (e.g. raiva, rancor, preocupação, medo) fossem classificados como negativos; e aqueles que apresentassem emoções indefinida ou que apenas eram informativos (e.g. “Doação de Sangue”, “Pedido de Doação de Sangue para Patrícia Fontes”) fossem classificados como neutros.

Extração de atributos

Neste trabalho consideramos como atributos de um *tweet* os unigramas extraídos dele obtidos através de tokenização dos *tweets*. Removemos unigramas que continham menções, tais como: *links* url, *emojis*, *emoticons*, *números*, *caracteres especiais* e *pontuações*. Convertemos os unigramas que continham *hashtags* para palavras comuns, removendo o símbolo (#). Optamos por manter as *stopwords*. A matriz de atributos tem como linhas os *tweets* e como colunas os unigramas. A matriz é composta por 0s e 1s, ou seja, ausência ou presença do *unigram* no *tweet*, respectivamente.

Análise de Sentimentos

A Análise de Sentimentos pode ser considerada um problema de classificação. Na AS o problema é identificar a polaridade ou sentimento de um texto e classificá-lo de acordo com este sentimento. Classificamos manualmente uma amostra (conjunto de dados de treinamento e teste) escolhida aleatoriamente dentre todos os *tweets* coletados neste trabalho em três possíveis polaridades: positivo, negativo e neutro. Após termos nossa matriz de atributos e a classificação manual dos nossos conjuntos de dados, iniciamos a fase de treinamento. Para o treinamento utilizamos 60% da amostra de *tweets* e para a fase de teste e análise, os demais 40%. A análise dos modelos foi mensurada pelas seguintes métricas: taxa de erro na classificação do conjunto de dados de teste, cálculos da Precisão e Revocação, F-score (ou média harmônica) e Validação Cruzada K-fold. Todas essas métricas foram calculadas usando implementações presentes no *framework Scikit-learn*. Após calculadas as métricas descritas acima, utilizamos o algoritmo que obteve um maior desempenho na classificação do nosso conjunto de dados para classificar todos os *tweets* relacionados a doação de sangue que foram coletados e filtrados neste trabalho.

Resultados e Discussão

Dados demográficos sobre os *tweets* coletados

Foram coletados ao todo 33.490 *tweets* relacionados à doação de sangue no âmbito brasileiro postados entre 1º de janeiro de 2015 e 31 de dezembro de 2015 de fontes (softwares clientes) consideradas “pessoais” (e.g. Android, iPhone, iPad, Windows Phone, site do Twitter). Após a filtragem para remoção de *retweets* (‘RT’), *tweets* postados via outras plataformas e perfis (‘via @’) e *tweets* similares, mantivemos 15.087 *tweets* para as fases de amostragem, treinamento e teste dos classificadores. Para a análise de sentimentos, reconsideramos os *tweets* removidos por serem similares ou *retweets*, obtendo 19.376 *tweets* para a fase de Análise de Sentimentos. Podemos observar que os três primeiros meses do ano (janeiro, fevereiro e março) tiveram menos de 1.000 publicações. Isso ocorreu devido a problemas no sistema de monitoramento de *tweets*. Podemos observar, também, que nos meses de pico, junho e novembro, um aumento em torno de 50% de *tweets* publicados comparado ao mês de maio do mesmo ano; este súbito aumento pode ter sido estimulado em decorrência do Dia mundial do doador de Sangue (14 de junho), Campanha Junho Vermelho (promovida em várias cidades do país) e Dia nacional do doador de Sangue (25 de novembro).

Conjunto de Dados, classificação manual e matriz de atributos

Para a classificação manual, selecionamos aleatoriamente uma amostra contendo 1364 *tweets* já filtrados. Classificamos manualmente estes 1364 *tweets* nas três classes: positiva, negativa e neutra. Dentro desta amostra, 351 *tweets* (26% da amostra) foram classificados como positivos, 417 *tweets* como negativos (31% da amostra) e 596 *tweets* como neutros (43% da amostra). Dividimos esta amostra em conjunto de treinamento, 818 *tweets* (60% da amostra), e teste 546 *tweets* (40% da amostra). Na etapa de construção da matriz de atributos, obtivemos 3623 unigramas, formando uma matriz de atributos de dimensões 1364 linhas X 3623.

Desempenho dos algoritmos de classificação

Neste trabalho adotamos quatro algoritmos de classificação para realizarmos nossa Análise de Sentimentos: *Naïve Bayes* nas versões *Multinomial*, *Gaussian* e *Bernoulli* e *Maximum Entropy*. Apresentamos os resultados obtidos a partir da aplicação das métricas na Tabela 1.

O algoritmo que apresentou uma melhor acurácia foi o *Multinomial Naïve Bayes* com uma taxa de 72% de exemplos classificados corretamente. Entretanto, podemos observar que ele tem uma taxa de Revocação muito baixo para a classe positiva (0.38), ou seja, classificou corretamente poucos exemplos que realmente pertenciam a classe positiva, o que pode ter sido ocasionado pelo baixo número de exemplos classificados como positivo presente em nosso conjunto de dados (25% de amostra). Entretanto, o algoritmo *Gaussian Naïve Bayes*, o qual foi o melhor ao classificar os exemplos pertencentes à classe positiva com uma Revocação de 0.6, obteve o segundo menor valor de acurácia (0.58).

Ao analisarmos o F-score, que é uma média geométrica entre as métricas Precisão e Revocação, podemos observar que, mesmo o algoritmo *Multinomial Naïve Bayes* tendo obtido uma classificação pobre para exemplos da classe positiva, ele teve o maior valor da média dos F-scores (0.66) juntamente com o algoritmo *Maximum Entropy*.

A Tabela 2 nos apresenta os resultados da Validação Cruzada, utilizando 5 *folds*, aplicada à cada algoritmo. Podemos observar, que por esta métrica, o algoritmo *Maximum Entropy* demonstrou o maior desempenho geral.

Tabela 1: Resultados das métricas: Taxa de Erro, Acurácia, Precisão, Recall e F-score de cada algoritmo. As métricas Precisão, Recall e F-score foram calculadas individualmente para cada uma das três classes. Para taxa de Erro: melhor valor é 0.28 e o pior 0.42.

	Taxa de Erro	Acurácia	Precisão				Revocação (Sensitividade)				F-score			
			Pos.	Neg.	Neut	Mé-dia	Pos.	Neg.	Neut	Mé-dia	Pos.	Neg.	Neut	Mé-dia
<i>Multinomial Naïve Bayes</i>	0,28	0,72	0,52	0,72	0,77	0,67	0,38	0,84	0,79	0,67	0,44	0,77	0,78	0,66
<i>Gaussian Naïve Bayes</i>	0,42	0,58	0,37	0,66	0,75	0,59	0,60	0,66	0,51	0,59	0,46	0,66	0,61	0,58
<i>Bernoulli Naïve Bayes</i>	0,35	0,65	0,75	0,73	0,61	0,7	0,11	0,66	0,93	0,57	0,19	0,69	0,73	0,54
<i>Maximum Entropy</i>	0,30	0,70	0,62	0,75	0,69	0,69	0,38	0,73	0,84	0,65	0,48	0,74	0,76	0,66

Tabela 2: Resultados da avaliação cruzada do método Maximum Entropy para todos os tweets coletados.

Validação Cruzada (5 folds)	
	Média
Multinomial Naive Bayes	0,71
Gaussian Naive Bayes	0,59
Bernoulli Naive Bayes	0,57
Maximum Entropy	0,72

Ambos algoritmos, *Multinomial Naïve Bayes* e *Maximum Entropy*, obtiveram valores aproximados nas métricas calculadas neste trabalho, sendo o primeiro escolhido para realizarmos a Análise de Sentimentos de todos *tweets* remanescentes da coleta. Apesar de apresentarem bons desempenhos neste trabalho, estes algoritmos baseiam-se somente na probabilidade de uma ou mais palavras definirem a classe à qual o *tweet* pertence, sem considerar a ordem relativa destas palavras.

Análise de Sentimentos

Para esta fase consideramos todos os 19.376 *tweets* filtrados. Utilizamos o modelo de classificação *Multinomial Naïve Bayes*. Entre todos os *tweets* analisados, 77% (15.034 *tweets*) foram considerados neutros, ou seja, como não apresentando sentimentos perceptíveis ou apresentando ausência deles, muitas vezes podendo ser apenas divulgações de pedidos de doação de sangue e campanhas de doação, ou simplesmente informativos. Outros 14% (2.763 *tweets*) foram classificados como contendo sentimentos negativos (*e.g.* raiva, medo, insegurança, tristeza, entre outros) e apenas 9% (1.579 *tweets*) apresentaram sentimentos positivos (*e.g.* alegria, esperança, humor, entre outros).

Conclusão

Neste trabalho fomos capazes de realizar uma análise dos sentimentos expressados pelos usuários do Twitter em seus tweets relacionados à doação de sangue na realidade da saúde brasileira no ano de 2015. Das quatro abordagens de classificação aplicadas (*Naïve Bayes — Multinomial, Gaussian e Bernoulli e Maximum Entropy*) e após a comparação entre estes algoritmos através de cinco diferentes métricas: Taxa de erro, Precisão, *Recall*, *F-score* e validação cruzada usando 5 *folds*, notamos que os melhores desempenhos foram obtidos por *Multinomial Naïve Bayes* e *Maximum Entropy*. Aplicando o *Multinomial Naïve Bayes* para todos os 19.376 *tweets* coletados 77% (15.034 *tweets*) foram considerados neutros, 14% (2.763 *tweets*) foram classificados como contendo sentimentos negativos e apenas 9% (1.579 *tweets*) apresentaram sentimentos positivos. Embora estes classificadores sejam baseados apenas na probabilidade de ocorrência de palavras chaves, os resultados indicam uma presença expressiva de sentimentos negativos no tema de doação de sangue. Os aspectos relativos a estes qualificadores negativos justificam estudos mais avançados.

Agradecimentos

Agradecemos ao Analista de Sistemas do Departamento de Computação e Matemática da FF-CLRP - USP, Mateus Tarcinalli Machado pela organização e manutenção do sistema de coleta de dados em saúde a partir do Twitter.

Referências

- [1] Chew C, Eysenbach G. Pandemics in the age of Twitter: content analysis of Tweets during the 2009 H1N1 outbreak. *PloS one*. 2010 Nov 29;5(11):e14118.
- [2] Almansa LF, Machado MT, Bosco GG, Merlo EM, Ruiz EE. Information Learned from Monitoring Microblogs during the 2014 Seasonal Flu Vaccination in Brazil. In 2014 IEEE 10th International Conference on e-Science 2014 Oct 20.
- [3] Paul MJ, Dredze M. A model for mining public health topics from Twitter. *Health*. 2012;11:16-6.
- [4] Gomes HJ. Text Mining: análise de sentimentos na classificação de notícias. *Information Systems and Technologies (CISTI)*, 2013 8th Iberian Conference on. Lisboa.
- [5] Go A, Bhayani R, Huang L. Twitter sentiment classification using distant supervision. *CS224N Project Report*, Stanford. 2009 Dec;1:12.
- [6] Pang B, Lee L, Vaithyanathan S. Thumbs up?: sentiment classification using machine learning techniques. In *Proceedings of the ACL-02 conference on Empirical methods in natural language processing — Volume 10* 2002 Jul 6 (pp. 79-86). Association for Computational Linguistics.

Contato

Diego H. Ferreira, dhferreira.ibm@gmail.com
Evandro E. S. Ruiz, evandro@usp.br

ALERTAS PARA USO DE ANTIMICROBIANOS TERAPÊUTICOS

Paula de Brito Gonçalves¹, Mírian de Freitas Dal Ben Corradi², Mirna Namie Okamura³, Mauricio Shigueyoshi Hemmi⁴, Vladimir Ribeiro Pinto Pizzo⁵

^{1,3,5} Informática Clínica /Hospital Sírio Libanês, São Paulo, Brasil

² C.C.I.H /Hospital Sírio Libanês, São Paulo, Brasil

⁴ Tecnologia da Informação/ Hospital Sírio Libanês, São Paulo, Brasil

Resumo: O objetivo deste trabalho é descrever o processo de funcionamento dos alertas para dias de utilização de antimicrobianos terapêuticos e analisar o impacto da implantação destes alertas nas suspensões dos itens. Métodos: O estudo foi conduzido na Sociedade Beneficente de Senhoras Hospital Sírio Libanês em Março de 2015, onde se implementou um programa de controle de antimicrobianos terapêuticos que consistiu nas seguintes intervenções: Apresentação de alertas e análise dos dados de DDD (Dose Diária Definida) nas UTIs. Conclusão: Pode se dizer que o uso de alertas para dias de utilização de antimicrobianos terapêuticos na prescrição eletrônica associado à intervenção educativa por um infectologista, preservando a autonomia do médico prescritor foram eficazes na redução do consumo de antimicrobianos em um hospital privado de corpo clínico aberto.

Palavras- Chave: Anti-Infeciosos, Prescrição Eletrônica, Sistemas Computadorizados de Registros Médicos, Técnicas de Apoio para a Decisão.

Abstract: Objective: The objective of this study is to describe the operating procedure for alerts to day use of therapeutic antimicrobials and analyze the impact of the implementation of these alerts in the suspensions of the items. Methods: The study was conducted in the Sociedade Beneficente de Senhoras Hospital Sírio Libanês in March 2015, which implemented a therapeutic antimicrobial control program that consisted of the following interventions: Presentation alerts and analysis of DDD data (Defined Daily Dose) ICUs. Conclusion: It can be said that the use of alerts for days of use of therapeutic antimicrobials in CPOE associated with educational intervention for infectious disease, preserving the autonomy of the prescribing physician were effective in reducing antimicrobial consumption in a private hospital to open medical staff.

Keywords: Anti-Infective Agents, Prescriptions, Electronic Prescribing, Medical Records Systems, Computerized, Decision Support Techniques.

Resumen: Objetivo: El objetivo de este estudio es describir el procedimiento de funcionamiento de los alertas de día de uso de los antimicrobianos terapéuticos y analizar el impacto de la aplicación de estas alertas en las suspensiones de los mismos. Métodos: El estudio se realizó en la Sociedade Beneficente de Senhoras Hospital Sírio Libanês en 2015 de marzo, lo que puso en práctica un programa de control antimicrobiano terapéutico que constaba de las siguientes intervenciones: alertas de presentación y análisis de los datos DDD (dosis diaria definida) en las UCIs. Conclusión: Se puede decir que el uso de alertas para los días de uso de antimicrobianos terapéuticos en CPOE asociado con la intervención educativa para las enfermedades infecciosas, la preservación de la autonomía del médico que prescribe fueron efectivos para reducir el consumo de antimicrobianos en un hospital privado de cuerpo clínico abierto.

Palabras- Clave: Antiinfecciosos, Prescripciones, Prescripción Electrónica, Sistemas de Registros Médicos Computarizados, Técnicas de Apoyo para la Decisión.

Introdução

Nos últimos anos temos testemunhado o surgimento de microrganismos resistentes a antimicrobianos potentes. Siglas como MRSA (*Methicillin-Resistant Staphylococcus aureus*), VRE (*Vancomycin-Resistant Enterococci*), KPC (*Klebsiella Pneumoniae Carbapenemase*), NDM (*Non-Dermatophyte Moulds*), tem permeado o cenário clínico.^{1,2}

O uso de antimicrobianos, de forma adequada ou não, é o principal fator de risco para a colonização ou infecção por patógenos multi-resistentes (multi- R), tais como o *Clostridium difficile* e *Candida sp.*, obrigando o uso de drogas de menor eficácia e segurança na tentativa de “resgatar” o paciente acometido. Cabe, ainda, lembrar a escassez de novos antimicrobianos e o efeito ecológico coletivo que seu uso acarreta¹.

A taxa de resistência depende do uso de antimicrobianos na instituição, da taxa de transmissão cruzada de microrganismos resistentes e da entrada de microrganismos resistentes provenientes da comunidade. A importância de cada uma destas variáveis é desconhecida e provavelmente varia entre os diferentes patógenos³.

A avaliação de alguns estudos permite a associação do aumento da resistência antimicrobiana pelo uso indiscriminado de medicação. Esta resistência é observada em maior número em ambiente hospitalar que na comunidade, avalia-se que durante epidemias de infecções hospitalares os pacientes com cepas mais resistentes foram os que mais frequentemente receberam previamente antibióticos. Outro fator importante analisado é que em algumas áreas dentro do hospital, que apresentaram maiores taxas de resistência também apresentam maior consumo de antimicrobianos. Sendo assim, foi possível avaliar que quanto maior a duração da exposição ao uso de antimicrobianos maior o risco de colonização com microrganismos resistentes⁴.

O uso de antimicrobianos em hospitais é frequente, eles são a segunda classe de drogas mais utilizadas e responsáveis por 20 a 50% das despesas hospitalares com medicamentos. Dados de hospitais norte americanos mostram que 25 a 40% dos pacientes recebem algum antimicrobiano durante sua hospitalização^{5,6,7,8}.

A utilização de antimicrobianos em hospitais está longe do ideal, muitos pacientes recebem antimicrobianos desnecessariamente. Em unidades cirúrgicas de 38 a 48% dos pacientes com antimicrobianos não tinham evidência de infecção, 30 a 70% dos tratamentos com antimicrobianos são inadequados^{9,10,11}.

Em um estudo realizado no Hospital Johns Hopkins em Baltimore, foi aplicado um questionário com 75 perguntas, 88% dos médicos que responderam à pesquisa acreditam que a resistência antimicrobiana é um problema mundial, 72% entendem que este é um problema em seu hospital, 97% concordaram que o uso adequado de antimicrobianos reduz resistência, 32% não haviam realizado nenhuma educação formal em antimicrobianos no último ano e 90% queriam mais treinamentos para a utilização de antimicrobianos. Em um hospital de São Paulo foi feito um estudo parecido que consistiu também na aplicação de um questionário baseado nas estratégias apresentadas na Campanha para Prevenção da Resistência Bacteriana, dos 310 médicos participantes: 99.9% afirmaram que resistência antimicrobiana é um problema; 97.7% concordaram que médicos usam mais antimicrobianos que o necessário; 86.1% acreditam que falta de conhecimento técnico acarreta numa dificuldade para adequação dos antimicrobianos e todos consideraram campanhas são medidas pouco efetivas^{12,13}.

No Brasil o Ministério da Saúde estabeleceu a portaria 930, de 27 de agosto de 1992, que determina a obrigatoriedade do Programa de Racionalização de Antimicrobianos dentro das Comissões de Controle de Infecção Hospitalar.

O controle de antimicrobianos é sempre um desafio para o controlador de infecção, nos hospitais privados de corpo clínico aberto com a necessidade de se preservar a autonomia do prescritor. Este fato torna o uso racional dos antimicrobianos ainda mais difícil, pois estratégias baseadas no impedimento na prescrição de antimicrobianos são de difícil implantação.

Uma das formas atuais para prevenir e ou controlar o aparecimento dos patógenos multirresistentes é usar os medicamentos anti-infecciosos pelo menor tempo possível. Para auxiliar o corpo clínico a controlar o tempo de tratamento e estimular a revisão de sua real necessidade foram criados alertas no sistema de prescrição eletrônica do hospital Sírio Libanês, sinalizando a possibilidade de suspensão dos itens, após um certo número de dias de uso^{14,15, 16,17}.

O processo de informatização na Sociedade Beneficente de Senhoras Hospital Sírio Libanês começou em 2007, em parceria com os sistemas Whew usando o ERP (Enterprise Resource Planning) Tasy. A solução para as prescrições eletrônicas foi implantada em meados de 2008^{14,15}.

Dando sequência ao processo de evolução da prescrição e considerando a necessidade de sua utilização em todos os setores do hospital, foi desenvolvida a interface chamado Prontuário Eletrônico do Paciente – Hospital Sírio Libanês (PEP – HSL), que teve como premissas a ergonomia, pouca necessidade de treinamento e segurança. Atualmente, a prescrição eletrônica é utilizada pelos médicos em 100% dos leitos hospitalares^{14,15}.

Em março de 2015 foi implantada uma melhoria que consistia na emissão de alertas automáticos lembrando periodicamente a equipe médica da oportunidade de reavaliar a continuidade do uso destes medicamentos. Para os antimicrobianos prescritos há mais de 14 dias, um infectologista da CCIH avalia e, sempre que considerar desnecessária a manutenção do antimicrobiano, é realizado um contato com o médico responsável pela prescrição, sugerindo a suspensão do antimicrobiano.

O objetivo deste trabalho é descrever o processo de funcionamento dos alertas para dias de utilização dos antimicrobianos terapêuticos e analisar o impacto da implantação destes nas suspensões dos itens.

Métodos

Trata-se de um estudo observacional, transversal, retrospectivo, realizado na Sociedade Beneficente de Senhoras Hospital Sírio Libanês, com aproximadamente 600 leitos, de corpo clínico aberto. Para elicitación de requisitos foram utilizadas as melhores práticas baseadas no guia BABOK (*Business Analysis Body of Knowledge*) e utilizada metodologia própria de especificação sistêmica adaptada dos modelos do RUP (*Rational Unified Process*)¹⁶.

A fonte foi o prontuário eletrônico, com as informações coletadas dos alertas de dias de utilização dos Antimicrobianos Terapêuticos.

Foram analisados os antimicrobianos suspensos após a implantação da ferramenta de alerta e os 452 casos de antimicrobianos prescritos há mais de 15 dias. A amostra foi constituída por pacientes internados em Unidades de Terapia Intensiva, nos períodos de março a novembro de 2014 e 2015.

O desfecho avaliado foi o consumo dos antimicrobianos através do cálculo da Dose Diária Definida (DDD) / paciente-dia, que é uma unidade de medida de consumo de medicamentos, criada para superar as dificuldades derivadas da utilização de mais de um tipo de unidade em estudos de utilização de medicamentos. Esta é a unidade utilizada pelo Conselho Nórdico sobre Medicamentos, pioneiro nos estudos de utilização de medicamentos, e é a unidade recomendada pelo Grupo de Estudos de Utilização de Medicamentos da OMS (*WHO Drug Utilization Research Group*)^{17,18}.

Portanto, a DDD não é mais que uma unidade técnica internacional de medida do consumo de medicamentos e é estabelecida de maneira arbitrária, segundo as recomendações da literatura, do laboratório fabricante e a experiência acumulada com cada produto^{17,18}.

O DDD é realizado no hospital de forma sistemática com dados desde 2012. Para avaliar a implantação e impacto da nova ferramenta foi utilizada uma planilha de acompanhamento da CCIH (Comissão de Controle de Infecção Hospitalar). Para comparação foram selecionados os períodos de março a novembro de cada ano, que são o período DDD pós-intervenção (ano 2015) com o DDD pré-intervenção (ano 2014) nas unidades de terapia intensiva (UTIs: Gerais e Cardiológicas).

Resultados

O sistema de controle de antimicrobianos terapêuticos consistiu nas seguintes intervenções:

Emissão de alerta automático no sistema de prescrição eletrônica no 8º, 11º, e 15º dia de prescrição, informando ao médico sobre a necessidade de avaliar a continuidade dos antimicrobianos classificados como terapêuticos. Para que o sistema disparasse os alertas na prescrição de origem o médico teria que classificar a finalidade de utilização do antimicrobiano conforme as definições abaixo:

- Antimicrobiano Profilático Cirúrgico – prescrito para prevenir infecção em cirurgia;
- Antimicrobiano Profilático Clínico – prescrito para prevenir infecções em circunstâncias clínicas especiais como TMO e outras imunodeficiências, p. ex.
- Antimicrobiano Terapêutico – prescrito para tratamento de uma infecção comprovada ou presumida.

Avaliação diária de todos os antimicrobianos prescritos há mais de 15 dias por infectologista da CCIH, com intervenção junto ao médico responsável pela prescrição do item. A suspensão do antimicrobiano foi sugerida todas as vezes que fosse considerada desnecessária a sua manutenção pelo infectologista avaliador. A suspensão ou manutenção era deixada a critério do médico responsável.

O processo tem início quando o medicamento é inserido na prescrição, por meio do cadastro do item o sistema reconhece que trata-se de um antimicrobiano e consiste a necessidade que o campo ‘Objetivo de Uso’ seja informado, após o preenchimento com a classificação ‘Antimicrobiano Terapêutico’ e liberação da prescrição, o sistema calcula os dias de utilização do medicamento. Esta quantidade fica registrada no campo ‘Dia’.

The screenshot displays the HSL Electronic Prescription System interface. At the top, there is a header with patient information and the hospital name 'HOSPITAL SÍRIO-LIBANÊS'. Below this, the 'Medicamento' section is active, showing 'Cubicin 500mg Inj' with a dose of 500 mg. The administration route is set to 'IV' and the frequency is 'Uma vez ao dia'. A red alert box is present, stating: 'O objetivo de uso deve ser informado para a prescrição de antimicrobianos'. To the right, a list of medications is shown, including 'Nutrison Energia 1.5 1000 ml (Sistema Fechado)', 'Água via enteral', 'Água com thalidyl 4 suspensão', 'Probiótico (antes Lado Pre)', 'Soro Clorado 5%', and 'MORFOTRANSILICA Ampóles. 1mls Vigilancia alta Vigilancia'. The interface also shows a 'MEDICAMENTO' section at the bottom.

Figura 01- Prescrição Eletrônica HSL: Prescrição de Antimicrobiano

No oitavo dia de utilização o sistema emite um alerta sugerindo que o médico avalie a possibilidade de suspensão do item, o médico tem a possibilidade de suspendê-lo ou permitir que o mesmo continue prescrito, conforme Figura 02 abaixo.



Figura 02- Prescrição Eletrônica HSL: Alerta para Dias de Utilização Antimicrobiano

Após o décimo quinto dia de uso o sistema envia um e-mail automaticamente para a CCIH sinalizando aos profissionais do setor quais são os antimicrobianos terapêuticos que continuam prescritos, quem são os pacientes, o nome e o contato dos médicos responsáveis, conforme Figura 3 abaixo.

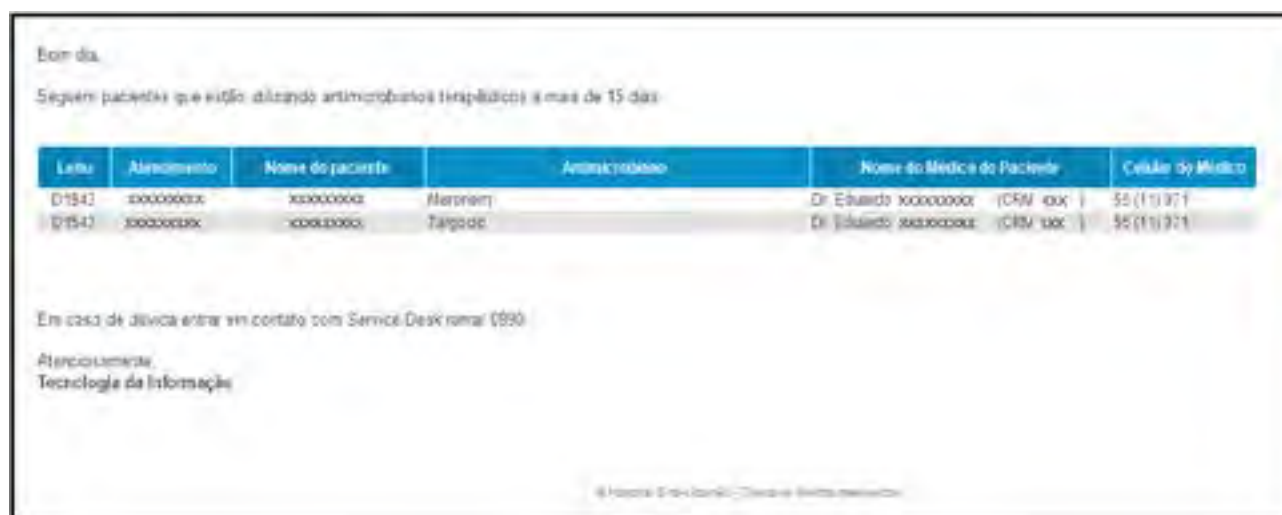


Figura 03- E-mail: Aviso para Suspensão de Antimicrobianos

Os infectologistas avaliam a possibilidade de suspender o item junto ao médico responsável pela prescrição, é sugerida a suspensão do antimicrobiano todas as vezes que for considerada desnecessária a sua manutenção pelo infectologista avaliador. A suspensão ou manutenção fica a critério do médico responsável.

Para análise do impacto dos resultados pós-implantação, foram selecionados os períodos de março a novembro de 2014 e 2015 nas unidades de terapia intensiva (UTIs: Gerais e Cardiológicas) e os casos com antimicrobianos prescritos há mais de 14 dias.

Foram avaliados 452 casos de antimicrobianos prescritos há mais de 14 dias. Destes, 255 (56%) tiveram a continuidade da prescrição considerada adequada, 99 (22%) tiveram o antimicrobiano suspenso após a intervenção e 44 (10%) tiveram o antimicrobiano mantido pelo prescritor apesar de considerada inadequada a manutenção e realizada a intervenção pelo infectologista. Em 38 (8%) casos, não foi possível a intervenção (alta ou impossibilidade de contato com o prescritor). Em quatro casos, optou-se por não classificar a indicação por se tratar de caso complexo, de indicação duvidosa.

O DDD foi o indicador geral comparativo entre os anos, no período de março a novembro de 2014 foram dispensados 33.103,6 g enquanto que no mesmo período de 2015 foram 26.157,8 g, demonstrando uma redução de 21% do total.

Comparando o mês de abril/2015 com o ano anterior, esse foi o único mês em que houve mais prescrição do que o ano anterior, podemos inferir que o tempo médio de adaptação a nova ferramenta foi de três meses, pois a partir de junho não houve mais nenhum mês que tenha superado o ano anterior, como mostra o Gráfico 01.

Houve de redução de 30% no consumo de antimicrobianos nas UTIs gerais e de 12% nas UTIs cardiológicas no período pós-intervenção, conforme Gráfico 01.

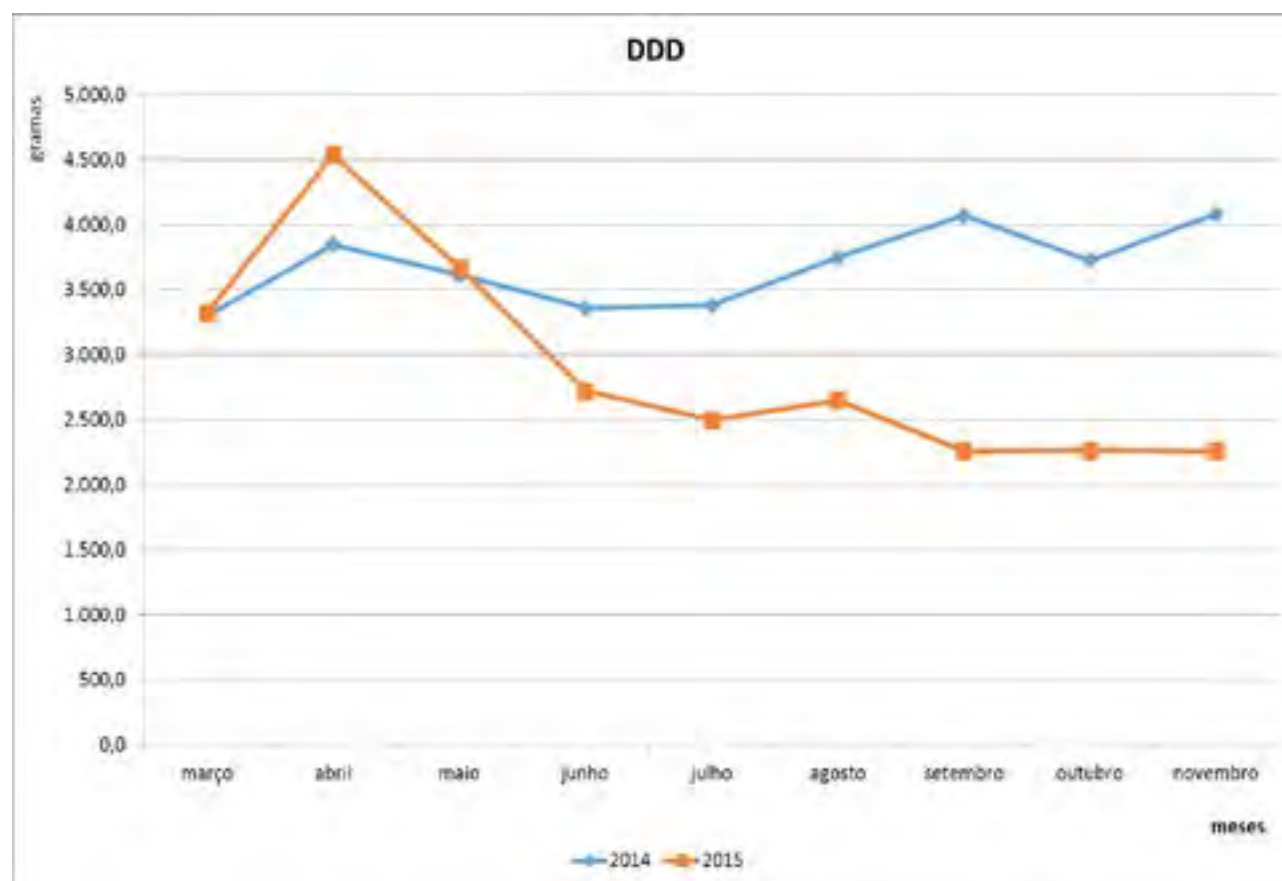


Gráfico 01- de Distribuição de DDD nas UTI do Hospital, de março a novembro de 2014-2015

Conclusão

O uso de alertas para dias de utilização de antimicrobianos terapêuticos na prescrição eletrônica associado à intervenção educativa por um infectologista, preservando a autonomia do médico prescritor foram eficazes na redução do consumo de antimicrobianos em um hospital privado de corpo clínico aberto.

Agradecimentos

Aos membros da CCIH pela contribuição e paciência e as professoras Heimar de Fátima Marin e Beatriz Faria Leão por terem dispensado o seu tempo para nos direcionar nessa pesquisa.

Referências

- [1] Johnson AP. *Surveillance of antibiotic resistance*. Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci. 2015. DOI: 10.1098/rstb.2014.0080.
- [2] WHO – World Health Organization. Antimicrobial resistance Global Report on Surveillance. disponível em: http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/112642/1/9789241564748_eng.pdf?ua=1. Acessado em junho de 2016.
- [3] Wenzel. *Managing antibiotic resistance*. N Engl J Med. 2000;343:1961-3. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11136269>. Acessado em junho de 2016.
- [4] Shlaes D.M et.all. *Society for Healthcare Epidemiology of America and Infectious Diseases Society of America Joint Committee on the Prevention of Antimicrobial Resistance*:
- [5] *Guidelines for the Prevention of Antimicrobial Resistance in Hospitals*. SHEA. Infect Control Hosp Epidemiol 1997;18:275. Disponível em <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11136269>. Acessado em junho de 2016.
- [6] Sáez- Llorens X. et.all. *Impact of an antibiotic restriction policy on hospital expenditures and bacterial susceptibilities: a lesson from a pediatric institution in a developing country*. Pediatric Infect Dis 2000; 19:200-6. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Pediatric+Infect+Dis+2000%3B19%3A200-6>. Acessado em junho de 2016.
- [7] Wolff M.J. *Use and misuse of antibiotics in Latin America*. Clin Infect Dis 1993;17(suppl 2):S 346-51. Disponível em [http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Clin+Infect+Dis+1993%3B17\(suppl+2\)%3AS+346-51\(6\)](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Clin+Infect+Dis+1993%3B17(suppl+2)%3AS+346-51(6)). Acessado em junho de 2016.
- [8] Paladino J.A. *Economic justification of antimicrobial management programs: implications of antimicrobial resistance*. Am J Health Syst Pharm 2000;57(suppl 2):S10-2. Disponível em: [http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Am+J+Health+Syst+Pharm+2000%3B57\(suppl+2\)%3AS10-2](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Am+J+Health+Syst+Pharm+2000%3B57(suppl+2)%3AS10-2). Acessado em junho de 2016.
- [9] Howard D. *Measuring the Economic Costs of Antimicrobial Resistance in Hospital Settings: Summary of the Centers for Disease Control and Prevention- Emory Workshop*. Clin Infect Dis 2001;33(9):1573-8. Acessado em junho de 2016.
- [10] Kunin C.M, Tupasi T., Craig W.A. *Use of antibiotics. A brief exposition of the problem and some tentative solutions*. Ann Intern Med 1973;79:555-60. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Ann+Intern+Med+1973%3B79%3A555-60>. Acessado em junho de 2016.
- [11] Kunin C.M. *Social, behavioral, and practical factors affecting antibiotic use worldwide: report of Task Force 4*. Rev Infect Dis 1987;9(suppl 3):S270-85. Disponível em: [http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Rev+Infect+Dis+1987%3B9\(suppl+3\)%3AS270-85](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Rev+Infect+Dis+1987%3B9(suppl+3)%3AS270-85). Acessado em junho de 2016.
- [12] Nyquist A.C. *Antibiotic use and abuse in clinical practice*. Pediatr Ann 1999; 28:453-9. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Pediatr+Ann+1999%3B28%3A453-9>. Acessado em junho de 2016.

- [13] Srinivasan A. *A survey of knowledge, attitudes, and beliefs of house staff physicians from various specialties concerning antimicrobial use and resistance*. *Ann Intern Med* 2004; 164:1451-6. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Ann+Intern+Med+2004%3B164%3A1451-6>. Acessado em junho de 2016.
- [14] Guerra C.M. Avaliação da percepção, crença, atitude e conhecimento médico em relação à resistência bacteriana aos antimicrobianos. Tese mestrado, UNIFESP, 2006. Disponível em: <https://oatd.org/oatd/record?record=oai%5C%3Abdtd.unifesp.br%5C%3A88>. Acessado em junho de 2016.
- [15] Pizzo VRP, Gonçalves PB, Barbosa LMG, Carvalho DCMF, Camargo MO, Lira CO. *The impact of implementing a new computerized physician order entry (CPOE) system on pharmaceutical interventions in a tertiary brazilian hospital*. *Medinfo*; 2015, 940.
- [16] Melo CR, Oliveira GE, Almeida GR, Gonçalves PB. Administração de medicamentos utilizando a mobilidade do Personal Digital Assistant. In: XIII Congresso Brasileiro de Informática em Saúde; 2012 out. Paraná, BR. Curitiba: CBIS; 2012.
- [17] BABOK-A *Guide to the business analysis body of knowledge V3* (2013-2014), disponível em <http://www.babokonline.org>, Acesso em 04 jul.2016.
- [18]
- [19] Holmes AH, Moore LS, Sundsfjord A, Steinbakk M, Regmi S, Karkey A, Guerin PJ, Piddock LJ. Understanding the mechanisms and drivers of antimicrobial resistance.. *Lancet*. 2016 Jan 9;387(10014):176-87. doi: 10.1016/S0140-6736(15)00473-0. Epub 2015 Nov 18. Review. PMID: 26603922 [PubMed - indexed for MEDLINE]. Acessado em junho de 2016.
- [20]
- [21] ANVISA. Implantação de Um Programa de Uso Racional de Antimicrobianos. Brasil. Disponível em: http://www.anvisa.gov.br/servicos/saude/controle/rede_rm/cursos/rm_controle/opas_web/modulo4/imp_estrategia6.htm. Acessado em junho de 2016.

Contatos

Paula de Brito Gonçalves
Enfermeira/ Analista de Negócios
Informática Clínica
Especialista em Informática em Saúde IEP-
Hospital Sírio Libanês
paula.goncalves@hsl.org.br

Mírian de Freitas Dal Ben Corradi
Infectologista - CCIH
mirian.fdbcorradi@hsl.org.br

Mirna Namie Okamura
Enfermeira e Administradora
Doutoranda em Epidemiologia – FSP-USP
mirna.okamura@hsl.org.br

Mauricio Shigueyoshi Hemmi
Arquiteto de Sistemas
Pós Graduando Informática em Saúde Instituto
de Ensino e Pesquisa IEP- Hospital Sírio

Libanês

mauricio.shemmi@hsl.org.br

Vladimir Ribeiro Pinto Pizzo

Médico e Gerente de Informática Clínica do

Hospital Sírio Libanês

vladimir.pizzo@hsl.org.br

STRABISMUS MOBILE: UM APLICATIVO PARA DIAGNÓSTICO DE ESTRABISMO

Thales L. A. Valente¹, João D. S. de Almeida², Aristófanés C. Silva³, Jorge A. M. Teixeira⁴, Marcelo Gattass⁵

¹Universidade Federal do Maranhão (UFMA), São Luís, Brasil

²Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio), Rio de Janeiro, Brasil

Resumo: O processamento de imagens médicas vem contribuindo na redução de incertezas no diagnóstico de anomalias no corpo humano. No entanto, não é uma realidade a utilização de ferramentas computacionais de baixo custo no diagnóstico de estrabismo, uma patologia que afeta aproximadamente 4% da população provocando problemas estéticos e visuais. **Objetivo:** apresentar um aplicativo para diagnóstico automático do estrabismo através do Teste de Hirschberg. **Métodos:** executado em 8 etapas: Aquisição de Imagens (1), Segmentação da Face (2), Detecção da Região dos Olhos (3), Localização dos Olhos (4), do Limbo (5) e do Brilho (6), Detecção (7) e Diagnóstico (8) do Estrabismo. **Resultados:** foram obtidos 100% de especificidade, 96,96% de sensibilidade e 97,36% de acerto na detecção do estrabismo e demonstrou 93,75% de precisão na identificação de esotropias, 100% em exotropias, 71,43% em hipertropias e 62,67% em hipotropias. **Conclusão:** o aplicativo mostrou-se promissor como uma ferramenta de auxílio ao diagnóstico de estrabismo.

Palavras Chave: Processamento de Imagem Assistida por Computador, Estrabismo

Abstract: The medical image processing has been contributing in the reduction of uncertainty in the diagnosis of abnormalities in the human body. However, there is still a need for low-cost computational tools in the diagnosis of strabismus a problem which affects approximately 4% of the population resulting aesthetic and visual problems. **Purpose:** An application for automatic diagnosis of strabismus through Hirschberg test. **Methods:** run 8 steps: Image Acquisition (1), Face Segmentation (2) Detection of Eye Region (3) Location of Eye (4), Limbus (5) and Brightness (6), Detection (7) and Diagnosis (8) of Strabismus. **Results:** we obtained 100% specificity, sensitivity of 96.96 % and 97.36 % accuracy and was demonstrated to be 93,75% accurate in esotropias identification, 100% for exotropias, 71,43% for hypertropias and 62,67% for hypotropias. **Conclusion:** The application has shown promise as a tool to aid the diagnosis of strabismus.

Keywords: Image Processing, Computer-Assisted, Strabismus

Introdução

O Estrabismo é uma condição na qual a linha de visão de um olho não fixa no objeto de interesse que ambos os olhos estão visualizando⁽¹⁾. Estudos indicam que o estrabismo pode ter um impacto negativo sobre a qualidade de vida de crianças e adultos no que concerne a desconfortos psicológicos ou incapacidade de realizar atividades normais causada pela diplopia binocular¹ referente ao estrabismo⁽¹⁻²⁾. Um dos exames utilizados pelos especialistas para diagnosticar o estrabismo é o Teste de Hirschberg⁽³⁾, que consiste em incidir um foco de luz nos olhos do paciente, a fim de verificar o alinhamento do reflexo gerado em ambos os olhos com seus respectivos centros.

Existem muitas regiões, distantes dos centros urbanos, que não possuem serviço oftalmológico especializado, o que dificulta o acesso ao diagnóstico e tratamento do estrabismo. Mesmo nas

1 Diplopia ou visão dupla é a percepção de duas imagens a partir de um único objeto.

regiões que não possuem este problema, durante o procedimento cirúrgico de correção de estrabismo, o médico não dispõe de quase nenhum recurso para avaliação do estrabismo. Por isso, nas avaliações pré, durante e pós cirurgia do estrabismo acabam sendo feitas apenas pelo método de Hirschberg de forma empírica, o que torna suas medidas menos confiáveis. Consequentemente, em ambos os casos, têm-se a necessidade de uma ferramenta computacional móvel e portátil para realização do diagnóstico. No primeiro caso, seria útil como uma ferramenta de triagem de pacientes. Já no segundo caso, uma ferramenta assim seria muito útil para melhorar a confiabilidade das medidas e a praticidade do exame.

Sistemas de detecção e diagnóstico auxiliado por computador (respectivamente CAD – Computer-Aided e CADx – Computer-Aided Diagnosis) são ferramentas computacionais que têm sido propostas com o objetivo de auxiliar o especialista, indicando áreas suspeitas ou até mesmo fornecendo diagnósticos. Na literatura, existem alguns trabalhos voltados ao diagnóstico em imagens de estrabismo utilizando o Teste de Hirschberg. Lorenzi⁽⁴⁾ desenvolveu um aplicativo para dispositivos móveis baseados em Android para detecção de estrabismo, utilizando a câmera deste para a aquisição das imagens. Foram utilizadas 52 imagens de 21 pessoas, sendo que destas, apenas 3 possuíam estrabismo. O autor obteve de taxa de acerto de 85,71% ou 18 pacientes na realização do exame.

Almeida et al.⁽⁵⁾ propuseram um método para detecção e diagnóstico de estrabismo baseado no Teste de Hirschberg. Restringindo-se à posição primária do olhar (PPO), posição de interesse para este trabalho, Almeida *et al.*⁽¹²⁾ obteve 96,97% de taxa de acerto na detecção de estrabismo, em 33 imagens de pacientes. Para o diagnóstico, obteve as taxas de acerto de 92,85% em ET (esotropia – desvio para dentro), 100% em XT (exotropia – desvio para fora), 66,67% em hipertropia (HT – desvio para cima) e hipotropia (HoT – desvio para baixo) e 6,66% para os que não apresentavam desvios (ORTO – sem desvio).

Seo et al.⁽⁶⁾ propuseram um método para diagnóstico de estrabismo em vídeos digitais através de uma combinação do Cover Test Alternado com o Teste de Hirschberg, utilizando um óculos com obturador de cristal líquido e uma câmera infravermelho. Quando o obturador fecha, este bloqueia a luz visível e deixa passar a luz infravermelha. Em seguida, o grau e direção de desvio são calculados a partir da diferença entre o centro da pupila e o reflexo presente no olho gerado pela luz.

O objetivo e a principal contribuição deste trabalho é o desenvolvimento de um sistema CADx *mobile*, isto é, um aplicativo para dispositivos móveis para auxílio ao diagnóstico médico de estrabismo. O nosso aplicativo foi desenvolvido para o ambiente Android e utiliza um método, adaptado do trabalho de Almeida et al.⁽⁵⁾, baseado no Teste de Hirschberg, capaz de detectar e diagnosticar automaticamente o estrabismo sem a necessidade de instrumentos adicionais para tal tarefa. Nas próximas seções, serão apresentados os métodos e os materiais utilizados neste trabalho, os resultados obtidos e discussões sobre o mesmo e a conclusão.

Métodos

O processo de desenvolvimento do aplicativo foi organizado em 8 etapas, sendo a primeira manual, as etapas (4) e (6) com a possibilidade de serem realizadas de forma automática ou semiautomática e, as demais, automáticas. A metodologia utilizada neste trabalho é baseada no trabalho de Almeida et al.⁽⁵⁾, com adaptações ao ambiente Android. A Figura 1 ilustra a sequência das etapas de execução do aplicativo.

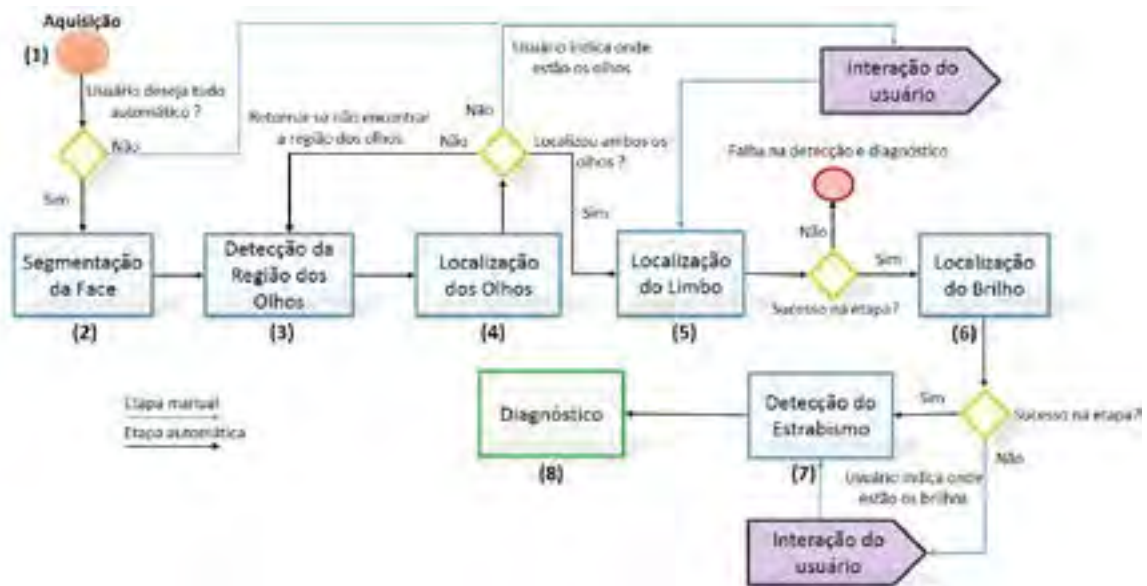


Figura 1: Sequência das etapas de execução do aplicativo.

Uma vez realizada a aquisição das imagens (1), primeiramente são realizadas a Segmentação da Face (1), a Detecção da Região dos Olhos (2) e a Localização dos Olhos (4) com o objetivo de reduzir o espaço de busca. Caso o aplicativo não consiga localizar adequadamente os olhos, o usuário pode optar por indicar a localização dos olhos, não executando, assim, as 3 etapas iniciais. As próximas etapas são a Localização do Limbo (5) e Localização do Brilho (6), necessárias para a verificação do alinhamento de ambos os olhos. A etapa (6) também pode ser executada de forma manual, caso haja falha por parte da execução automática desta etapa. As últimas etapas são a Detecção (7) e Diagnóstico (8) de Estrabismo, onde a primeira consiste em quantificar o desvio e inferir a presença ou ausência de estrabismo e a segunda consiste em classificar o tipo do estrabismo. As subseções seguintes apresentam o protocolo de aquisição a ser seguido na utilização do aplicativo, a metodologia utilizada e as funcionalidades do aplicativo.

Protocolo de Aquisição - Neste trabalho, utilizamos a base de imagens de pacientes em PPO elaborada por Almeida et al.⁽⁵⁾ para realização de testes do aplicativo. Esta base é privada. Todos os pacientes que concordaram em participar do estudo assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Além deste, obteve-se aprovação do comitê de ética em pesquisa do Hospital Universitário Federal do Maranhão, através do parecer N° 331/09, para realização de estudos utilizando imagens de seres humanos. Ao total, a base possui 45 imagens adquiridas na resolução de 2048 x 1536 *pixels*.

O protocolo estabelece que a aquisição das imagens deve ser realizada a uma distância de aproximadamente 40-50cm do paciente e com a câmera configurada com *zoom* óptico 3x. Além disso, a câmera deve estar posicionada à frente do paciente que, por sua vez, deve permanecer com o rosto centralizado e olhando para a objetiva da câmera. O ambiente deve estar com a luz ligada, sem foco de luz complementar que não seja o *flash* da câmera. Caso o paciente utilize lentes corretivas, a foto deve ser adquirida com as mesmas.

Funcionamento do Aplicativo - A arquitetura do aplicativo está dividida em 3 camadas: a camada de hardware, a camada de infraestrutura e a camada de aplicação. A camada de aplicação corresponde à aplicação em si. A camada de hardware contém os dispositivos físicos que a aplicação acessa. Porém, esta camada é acessada diretamente apenas pela camada de infraestrutura, que gerencia toda a comunicação e funcionamento das outras camadas. A Figura 2 ilustra, através de um diagrama de blocos de arquitetura, a arquitetura do aplicativo.



Figura 2: Diagrama de blocos da arquitetura do Aplicativo

O sistema Android permite que aplicativos iniciem outros aplicativos através de mensagens enviadas ao sistema. O sistema os inicia, para que estes executem alguma tarefa e retorne dados ao aplicativo que o invocou. Aproveitando-se disto, o aplicativo fornece a opção para que o usuário inicie um aplicativo de galeria, para que seja selecionada uma imagem dentre as armazenadas no dispositivo. Há ainda a opção de iniciar um aplicativo de câmera, para que o usuário faça a captura da imagem.

Com o objetivo de facilitar o uso do aplicativo ao carregar a imagem, este acessa os metadados da imagem² após a aquisição ser realizada, verifica a informação de orientação do dispositivo móvel no momento da captura, e rotaciona a imagem para que fique a 0 graus, caso necessário. A resolução da imagem deve ser igual ou superior a 2048 x 1536 *pixels*. Caso seja superior, é realizado o redimensionamento da imagem de forma automática. No entanto, é necessário que, independente da resolução, ela esteja na proporção 4:3. As etapas posteriores à etapa de aquisição (segmentação da face, detecção da região dos olhos, localização automática dos olhos e localização automática do limbo e do brilho) seguiram o método proposto por Almeida et al.⁽⁵⁾ para imagens em PPO.

Em caso de falha na etapa de localização automática dos olhos, o usuário pode interagir com o aplicativo para indicar qual o lado da face irá trabalhar e, através de toque simples (toque com um único dedo) na imagem, indicar a localização do olho correspondente. Feito isso, é desenhada uma janela de dimensões 241x241 *pixels*. Esta dimensão da janela foi estipulada empiricamente, seguindo o protocolo de aquisição estabelecido. O usuário pode, também, optar por esta abordagem quando desejar uma resposta mais rápida do aplicativo, visto que não serão executadas as etapas de detecção da face, detecção da região dos olhos e localização automática dos olhos.

Outra funcionalidade é que, em caso de falha na detecção automática do brilho após o sucesso na localização do limbo (região limítrofe entre a esclera, região esbranquiçada, e a íris, região pigmentada), o usuário pode interagir com a imagem para indicar as localizações dos brilhos. Neste caso, ele seleciona com qual dos olhos ele irá trabalhar e, através de um pressionamento longo (tempo de no mínimo 2 segundos) sobre a imagem, indica a localização do brilho, que será marcado. Ainda, o aplicativo permite ao usuário realizar ajustes de *zoom* na imagem através de multitoque (toque realizado utilizando mais de um dedo), onde o usuário aplica o *zoom in* (ampliar) afastando os dedos entre si e o *zoom out* (reduzir) aproximando-os. O *zoom* máximo da janela foi ajustado para 128x, facilitando a seleção do local, visto que o tamanho do brilho é muito pequeno. Feito isto, o usuário solicita o diagnóstico ao aplicativo. A Figura 3 ilustra estes cenários. Em caso de falhas nas seleções manuais, o usuário pode optar por resetá-las tocando no botão “Resetar”.

A Figura 3(a) mostra a localização do olho direito de um paciente sendo localizado de forma manual, com a imagem ampliada para facilitar a localização. Na região inferior da imagem são mostrados os valores x e y da coordenada onde o usuário tocou. Já a Figura 3(b) mostra a localização

² Metadados da imagem são informações sobre a imagem ou dispositivo de aquisição utilizado, como data e hora da aquisição, modelo, lente utilizada e orientação do dispositivo.

do brilho contido no olho do mesmo paciente da imagem anterior, que foi ampliada para facilitar a localização do brilho pelo usuário.

A detecção do estrabismo é realizada utilizando-se a localização do reflexo luminoso gerada pelo *flash* da câmera no olho do paciente e a localização do limbo como parâmetros de verificação do alinhamento de ambos os olhos. Esta etapa tem o objetivo de avaliar a medida do desvio através do cálculo da magnitude do desvio entre o centro do limbo de cada olho e o centro de seus respectivos brilhos. Considerou-se que o diâmetro do limbo real equivale a aproximadamente 11mm e que cada milímetro de desvio equivale a 15Δ , valores em que Almeida et al.⁽⁵⁾ obtiveram os melhores resultados. Um paciente é considerado estrábico se possui desvio maior ou igual a 10Δ .

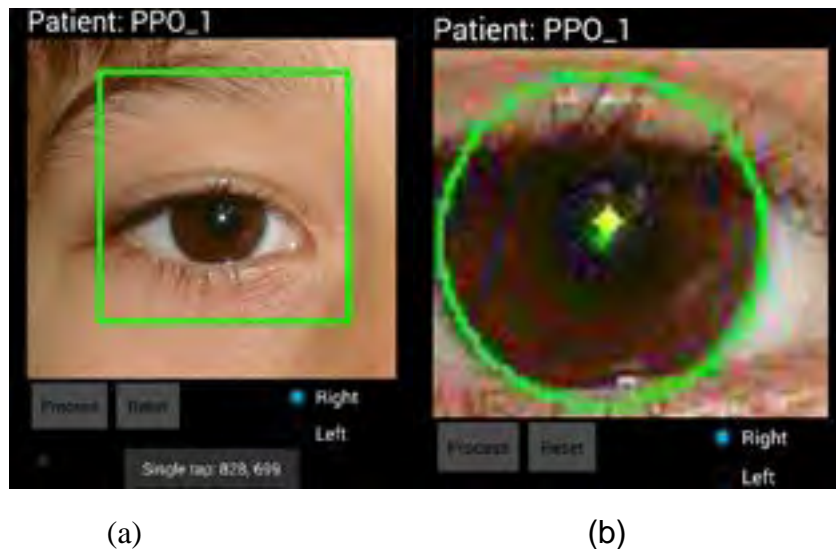


Figura 3: (a) Olho direito do paciente sendo localizado manualmente pelo usuário. (b) Brilho contido no olho direito do paciente sendo localizado manualmente pelo usuário representado pelo ponto amarelo.

O diagnóstico do estrabismo consiste em identificar o olho fixador e o tipo de desvio do olho desviado. O olho que apresentar a menor magnitude é considerado o olho fixador. Feito isto, o próximo passo é identificar o tipo do estrabismo no olho desviado, que pode ser esotropia ou desvio para dentro, exotropia ou desvio para fora, hipertropia ou desvio para cima, hipotropia ou desvio para baixo e ortotropia ou sem desvio (ORTO).

A Figura 4 mostra as telas do aplicativo após a solicitação do diagnóstico. A tela do aplicativo é dividida em duas regiões [A] e [B], delimitadas em laranja. A região [A] possui duas páginas móveis {I} e {II}, delimitadas de azul nas Figuras 4(a) e 4(b), no qual o usuário pode alternar entre elas deslizando o dedo na tela para esquerda ou para a direita. Essa região consiste na apresentação da imagem e diagnóstico obtido e interação do usuário com a imagem.

Referente à página {I}, ao pressionar o botão [1], a imagem é processada, o diagnóstico é realizado e apresentado na página {II} e a imagem resultante do processamento é exibida em [5]. Caso o usuário deseje retornar à imagem original, devido a erros ao realizar a localização manual dos olhos ou brilhos, o botão [2] deve ser pressionado. Os botões de seleção [3] devem ser usados para indicar qual olho o usuário irá interagir, caso deseje executar alguma etapa manualmente. Em [4] é apresentado o nome do arquivo da imagem e em [5] é apresentada a região de visualização de imagens adquiridas ou processadas.

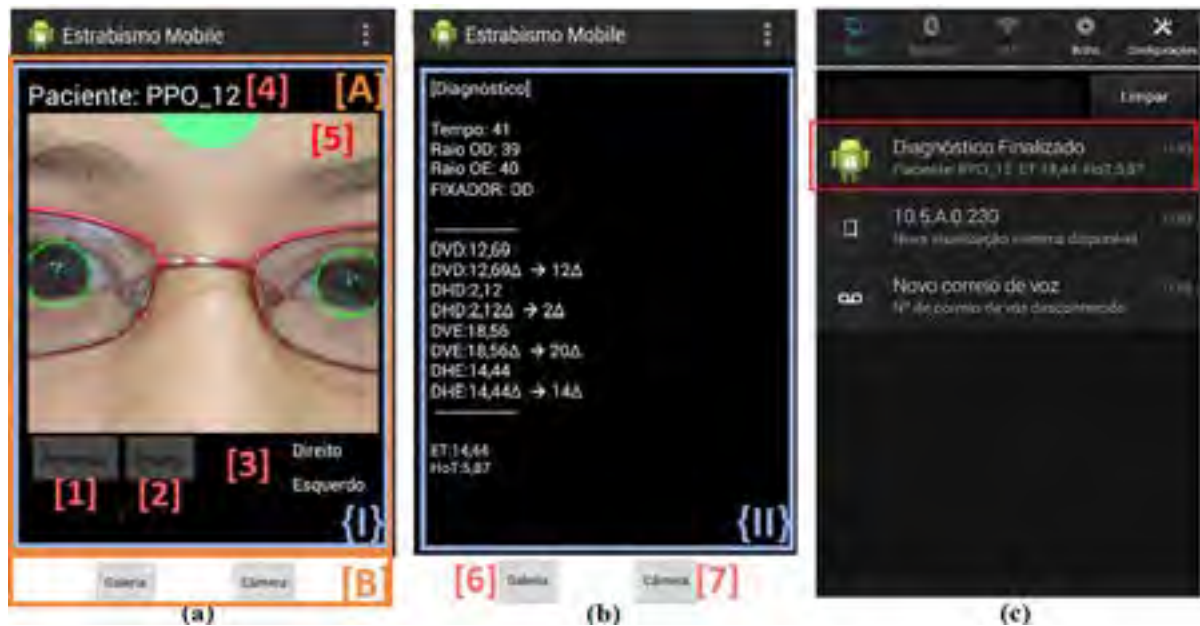


Figura 4: (a) Tela mostrando o resultado do processamento na imagem. (b) Tela de diagnóstico do aplicativo. (c) Notificação do aplicativo com diagnóstico na barra de notificações do sistema (demarcado de vermelho).

Referente à região [B], que é fixa independentemente de qual página está apresentada na tela, os botões [6] e [7] são responsáveis pela aquisição de imagens. Caso elas já estejam no dispositivo, o usuário pressiona o botão [6] para fazer chamada à galeria de imagens. Ao ser selecionada uma imagem da galeria, a imagem é apresentada em [5]. Caso a aquisição deva ser realizada através da câmera do dispositivo, o usuário pressiona o botão [7] e a câmera é iniciada. Ao realizar a captura da imagem, a imagem é apresentada em [5].

Resultados e Discussão

Esta seção apresenta os resultados dos experimentos realizados com o Aplicativo. Os experimentos foram realizados utilizando um *smartphone* Sony Xperia ZQ com processador 1,5 GHz Qualcomm APQ8064 Quad Core, 2GB de memória RAM com sistema operacional Android 4.3.

Foram consideradas 38 das 45 imagens de pacientes, ou seja, 84,44% das imagens, a partir da etapa de detecção do estrabismo. As imagens que foram excluídas desta fase foram as que estavam sem foco, sem diagnóstico do especialista ou ainda que o limbo não foi bem detectado. Tais imagens foram consideradas nas etapas anteriores a fim de que se pudesse avaliar os resultados obtidos nestas. Para analisar a detecção do estrabismo nas imagens consideradas, foram utilizadas as métricas estatísticas sensibilidade, especificidade e acurácia, que são comumente utilizados para analisar o quão bom é um diagnóstico, segundo Zhu *et al.*⁽⁸⁾. Assim, o aplicativo obteve 96,96% de sensibilidade, 100% de especificidade e 97,36% de acerto, sendo obtidos 32 verdadeiros positivos, 0 falsos positivos, 5 verdadeiros negativos e 1 falso negativo.

Segundo os estudos de Choi e Kushner⁽⁸⁾, especialistas experientes estimaram desvios com erro médio de 5 a 10Δ. Assim, considerando tal erro e devido à subjetividade do teste de Hirschberg, utilizou-se a tolerância de erro de 10Δ para avaliar o valor estimado pelo método em relação à medida do especialista. A Tabela 1 mostra os resultados do aplicativo e do especialista nas aferições dos desvios verticais (DV) e horizontais (DH) para as imagens de pacientes. São demarcados, com cores diferenciadas, os pacientes em que se utilizou as abordagens manuais.

Tabela 1: Aferições dos desvios (DV e DH) pelo aplicativo e pelo especialista. Nos pacientes demarcados de vermelho foi utilizada a abordagem manual do brilho, nos de azul a abordagem manual do limbo e, nos de lilás, ambas.

Pacientes	Aplicativo DH	Especialista DH	Erro	Aplicativo DV	Especialista DV	Erro
1	6,11	10	3,89	3,06	0	3,06
2	9,82	0	9,82	1,96	0	1,96
3	27,5	25	2,5	8,42	0	8,42
4	55	50	5	29,98	0	29,98
5	51,56	50	1,56	6,38	0	6,38
6	44	40	4	0,62	0	0,62
7	26,81	30	3,19	5,84	15	9,16
8	39,72	55	15,28	10,08	15	4,92
10	24,44	20	4,44	18,33	15	3,33
11	48,36	55	6,64	20,53	10	10,53
12	14,44	15	0,56	5,87	0	5,87
14	27,5	25	2,5	0,24	0	0,24
15	41,25	45	3,75	3,14	0	3,14
16	30,25	30	0,25	5,67	0	5,67
17	25,21	35	9,79	2,29	0	2,29
18	18,05	30	11,95	0,16	0	0,16
19	33	50	17	7,33	0	7,33
21	24,94	30	5,06	0,09	0	0,09
22	28,99	35	6,01	11,15	10	1,15
23	36,67	45	8,33	11,7	0	11,7
25	11,46	20	8,54	4,58	0	4,58
26	16,99	25	8,01	0,13	0	0,13
27	22,5	20	2,5	2,79	6	3,21
28	44	50	6	1,2	0	1,2
29	12	15	3	0	0	0
30	10,76	20	9,24	5,86	10	4,14
31	20,07	35	14,93	6,69	0	6,69
32	20,12	30	9,88	2,39	5	2,61
33	11,79	20	8,21	1,96	0	1,96
34	16,5	15	1,5	2,17	0	2,17
37	16,04	20	3,96	0	0	0
38	13,75	20	6,25	1,53	4	2,47
39	31,22	35	3,78	0	0	0
40	16,92	20	3,08	6,19	10	3,81
41	6,69	0	6,69	2,23	0	2,23
42	6,69	0	6,69	2,23	0	2,23
43	6,69	0	6,69	2,23	0	2,23
44	7,33	0	7,33	3,67	0	3,67

Em relação a detecção de estrabismo, um dos motivos da alta acurácia é devido ao baixo limiar para

se considerar um paciente estrábico - maior que 10Δ . Tomando por exemplo o paciente 11, o especialista aferiu DH de 55Δ e o aplicativo aferiu $48,36\Delta$. Caso o aplicativo aferisse, por exemplo, 25Δ , este ainda seria contabilizado como acerto em relação ao paciente ser ou não estrábico. Outro motivo configura-se no baixo erro médio para aferição de DHs e DVs na execução de todas as etapas de forma automática por exemplo, que foram de 6,85 e 5,12, respectivamente. Tais valores foram menores do que a tolerância de erro - 10Δ . No entanto, um caso em que poderia ocorrer erro na detecção de estrabismo, por exemplo, seria se o paciente 12, que foi diagnosticado com 15Δ pelo especialista, fosse diagnosticado pelo aplicativo com 9Δ ao invés de $14,44\Delta$. Neste caso fictício, o aplicativo diagnosticaria como não estrábico um paciente estrábico.

O aplicativo obteve baixa acurácia para pacientes sem desvios (ORTO), como mostram os valores da Tabela 2. Segundo Almeida et al.⁽⁵⁾, isto pode ser explicado pelo grau de precisão do método utilizado em relação à avaliação realizada pelo especialista, que normalmente afere desvios em múltiplos de 2 para desvios menores que 10Δ e múltiplos de 5 para os maiores que 10Δ , desconsiderando assim desvios pequenos, diagnosticando o paciente como ORTO. Além disso, há também o erro médio descrito por Choi e Kushner⁽¹⁵⁾ já mencionado. A Tabela 2 mostra as taxas de acerto do aplicativo em relação ao diagnóstico de estrabismo feito pelo especialista.

Tabela 2: Resultado do diagnóstico na identificação dos desvios (ET, XT, HT, HoT, e ORTO) e olho fixador.

Diagnóstico	Nº de Imagens	ET	XT	HT	HoT	ORTO	Fixador
Automático	35	93,33%	100%	71,43%	66,67%	10%	88,57%
Manual	38	93,75%	100%	71,43%	66,67%	8,32%	92,10%

Em relação a diferença no diagnóstico de olho fixador, entre as abordagens adotadas, temos 1 caso particular. O paciente 1, relativo a abordagem automática de localização do brilho, obteve os DV de cada olho igual ao DH do outro, segundo a Tabela 3. Fazendo o cálculo para detecção do olho fixador temos como resultado que ambos os olhos são fixadores, visto que não há diferença na magnitude dos desvios destes (distância euclidiana – Dist - utilizando o desvio vertical e o desvio horizontal). Após a utilização da abordagem manual do brilho, houve diferença de magnitude e, por isto, o erro quanto ao diagnóstico do olho fixador deixou de existir.

Tabela 3: Caso particular em relação a diferença no diagnóstico do olho fixador utilizando a detecção manual e automática do brilho para os olhos esquerdo (E) e direito (D).

	Δ						FIXADOR
	DVD	DHD	DistD	DVE	DHE	DistE	
Automática	6,11	3,06	6,83	3,06	6,11	6,83	AMBOS(erro)
Manual	9,17	3,06	9,66	6,11	6,11	8,64	OE (acerto)

Conclusão

Este trabalho apresentou um aplicativo para diagnóstico automático de estrabismo em imagens digitais através do Teste de Hirschberg. Nos experimentos realizados, o aplicativo obteve 97,36% de acerto na detecção do estrabismo e demonstrou 93,75% de precisão na identificação de esotropias, 100% em exotropias, 71,43% em hipertropias e 62,67% em hipotropias, em comparação com os

diagnósticos fornecidos pelo especialista. Diante dos resultados obtidos, observou-se a viabilidade do aplicativo como uma ferramenta de auxílio ao diagnóstico de estrabismo.

A principal contribuição deste trabalho é a disponibilidade do diagnóstico do estrabismo em um sistema CADx *mobile*, podendo este ser utilizado por especialistas nas avaliações pré, durante e pós cirurgia do estrabismo, melhorando a confiabilidade das medidas fornecendo uma segunda opinião para o mesmo. Além disto, também pode ser utilizado por quaisquer usuários sem conhecimento aprofundado sobre estrabismo ou teste de Hirschberg, com objetivo de triagem em locais com déficit de especialistas. Para utilização do aplicativo, é necessário apenas um dispositivo móvel equipado com câmera e com o sistema operacional Android, não necessitando de quaisquer equipamentos adicionais. O nosso trabalho possui uma melhor validação em comparação com Lorenzi⁽⁴⁾, é mais prático de ser utilizado em comparação com Almeida et al.⁽⁵⁾ e é mais simples e acessível em comparação com Seo et al.⁽⁶⁾.

Como propostas de trabalhos futuros para melhorar a validação do aplicativo, citamos: (1) a realização de testes de usabilidade e (2) a ampliação da base de imagens. Como propostas de trabalhos futuros com o intuito de adicionar funcionalidades ou melhorias ao aplicativo, citamos: (1) o desenvolvimento de um módulo de câmera que se configure automaticamente às necessidades do protocolo de aquisição para evitar que o usuário utilize uma configuração inadequada e (2) o compartilhamento dos resultados, tanto em imagens quanto textual via aplicativo, tais como: Whatsapp, Gmail e Dropbox.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPQ, CAPES, FAPEMA e TECGRAF/PUC-Rio pelo apoio financeiro.

Referências

- [1] Johns HA, Manny RE, Fern KD, Hu YS. The effect of strabismus on a young child's selection of a playmate. *Ophthalmic and Physiological Optics*. 2005;25(5):400-407.
- [2] McBain, HB, Au CK, Hancox J, MacKenzie KA, Ezra DG, Adams GG, Newman SP. The impact of strabismus on quality of life in adults with and without diplopia: a systematic review survey of ophthalmology. 2014;59(2): 185-191.
- [3] Eskridge J, Wick B, and Perrigin D. The Hirschberg test: a doublemasked clinical evaluation. *American J of Optometry and Physiological Optics*, 1988;65(9): 745.
- [4] Lorenzi RM. Software de Detecção de Estrabismo usando Dispositivos Móveis. [monografia]. Blumenau: Universidade Regional de Blumenau - Graduação em Ciência da Computação; 2014.
- [5] Almeida JDS, Silva AC, Teixeira JAM, Paiva AC, Gattass M. Computer-Aided Methodology for Syndromic Strabismus Diagnosis. *J of Digital Imaging*. 2015;28(4):462-473.
- [6] Seo MW, Yang HK, Hwang JM, Seo JM. (2015) "The Automated Diagnosis of Strabismus Using an Infrared Camera", In: *6th European Conference of the International Federation for Medical and Biological Engineering*. Springer International Publishing.
- [7] Zhu W, Nancy Z, Ning W. Sensitivity, specificity, accuracy, associated confidence interval and ROC analysis with practical SAS® implementations. NESUG proceedings: health care and life sciences, Baltimore, Maryland: 1-9, 2010.
- [8] Choi RY, Kushner BJ. The accuracy of experienced strabismologists using the hirschberg and krimsky tests. *Ophthalmology*. 1998;105(7):1301-1306.

Contato

Thales L. A. Valente
Mestrando da Universidade Federal do
Maranhão (UFMA), São Luís, Brasil
Fone: (98) 98160-7976
E-mail: selaht7@gmail.com

João D. S. de Almeida
Doutor da Universidade Federal do Maranhão
(UFMA), São Luís, Brasil
Fone: (86) 98256-5465
E-mail: jdallyson@ufma.br

Aristófanés C. Silva
Doutor da Universidade Federal do Maranhão
(UFMA), São Luís, Brasil
Fone: (86) 3272-9288
E-mail: ari@dee.ufma.br

Jorge A. M. Teixeira
Doutor da Universidade Federal do Maranhão
(UFMA), São Luís, Brasil
Fone: (86) 98124-6776
E-mail: jorgemeireles1@bol.com.br

Marcelo Gattass
Doutor da Pontifícia Universidade Católica
do Rio de Janeiro (PUC-Rio), Rio de Janeiro,
Brasil
Fone: (21) 3527-1500 ramal 4358
E-mail: mgattass@inf.puc-rio.br

ANÁLISE TEMPORAL DE LESÕES EM MAMOGRAFIAS UTILIZANDO ÍNDICES DE SIMILARIDADE

Pedro H. B. Diniz², João O. B. Diniz¹, Aristófanés C. Silva¹, Anselmo C. Paiva¹, Marcelo Gattas²

¹ Núcleo de Computação Aplicada (NCA), Universidade Federal do Maranhão (UFMA), São Luís, Brasil

² Pontifícia Universidade Católica (PUC-RJ), Rio de Janeiro, Brasil

Resumo: Uma forma de verificar a malignidade de lesões em mamografias é o acompanhamento periódico, analisando mudanças em medições de geometria (forma) e textura (tecido). Uma das medidas de forma mais utilizadas é a taxa de crescimento. No entanto, somada a medidas de tecido, obtém-se informações úteis sobre o desenvolvimento interno da lesão. **Objetivos:** Uma metodologia para estabelecer uma correspondência entre lesões em mamografias de tempos diferentes e analisar as mudanças no tecido através de índices de similaridade. **Métodos:** Executado em cinco etapas: Aquisição das Imagens, Pré-processamento, Registro de Imagens, Correspondência entre as Lesões e Análise Temporal de Texturas. **Resultados:** Os resultados preliminares mostram que essa metodologia é promissora na detecção de mudanças no tecido das lesões. **Conclusão:** Os índices de similaridade se mostraram eficientes na quantificação de mudanças na textura e podem ser usados como informações para auxiliar o acompanhamento e diagnóstico de doenças associadas as lesões.

Palavras-chave: Câncer de Mama, Mamografia, Processamento de Imagens Assistido por Computador

Abstract: *One way to verify the malignancy of breast lesions is the temporal analysis measurement geometry (shape) and texture (tissue). In this sense, one of the most used form measures is the growth rate. However, in addition to tissue measurements over time, you get useful information about their behavior. Objectives: A methodology for establishing a correspondence between injuries at different times and analyze changes in tissue through similarity indices. Methods: Executed in five steps: image acquisition, preprocessing, Image Registration, Correspondence between Lesions and Temporal Analysis of Lesions Texture. Results: Preliminary results show that this method is promising for detecting changes in tissue lesions. Conclusion: The similarity indices were effective in quantitating changes in texture and can be used as information to assist the monitoring and diagnosis of lesions associated diseases.*

Keywords: *Breast Neoplasms, Mammography, Image Processing, Computer-Assisted*

Introdução

O câncer de mama, de acordo com o INCA⁽¹⁾, é o tipo de câncer que mais acomete as mulheres em todo mundo. A idade é o principal fator de risco para o câncer de mama. As taxas de incidência aumentam rapidamente até os 50 anos e, posteriormente, esse aumento ocorre de forma mais lenta. Contudo, outros fatores de riscos já estão bem estabelecidos como: aqueles que são relacionados à vida produtiva da mulher, histórico familiar de câncer de mama e alta densidade do tecido mamário. Além desses, a exposição à radiação ionizante, mesmo em baixas doses, também é considerada um fator de risco, particularmente durante a puberdade.

Como todo tipo de câncer, dependendo se a detecção é precoce ou não, pode ter o diagnóstico limitado. Quando o diagnóstico de uma lesão é limitado, cabe ao médico especialista optar ou não pela

remoção cirúrgica. Em alguns casos de diagnóstico indefinido ou, principalmente, em casos de fortes suspeitas de benignidade, a lesão passa a ser acompanhada para ver seu comportamento no decorrer do tempo. Nesse caso, são feitos exames periódicos e são feitas comparações das informações desses exames para chegar ou se aproximar de um diagnóstico.

O acompanhamento de uma doença no decorrer do tempo, através da comparação de exames periódicos, é chamado de análise temporal. Esta análise pode ser feita através da comparação de informações extraídas de imagens, tais como mamografias. A taxa de crescimento da lesão, por exemplo, pode ser utilizada como um dos métodos mais precisos não invasivos de determinação da malignidade. Somada a ela, outras medidas geométricas (forma) e de textura (tecido) extraídas no decorrer do tempo podem oferecer informações importantes sobre o comportamento da lesão. Essas medidas podem ser usadas pelo médico na tomada de decisões mais coerentes. Por essas razões, percebe-se a importância da análise temporal de lesões mamárias.

Este artigo apresenta uma metodologia de análise temporal de lesões mamárias baseada em tecido utilizando mamografias digitalizadas. Primeiramente, a metodologia verifica se a lesão x do exame obtido no tempo t é a mesma lesão y do exame obtido no tempo $t + I$. Para isso, utiliza-se principalmente técnicas de pré-processamento e registros de imagens. Uma vez que se conclui que as lesões x e y são a mesma lesão, seus tecidos serão comparados na análise temporal, através da aplicação de índices de similaridade.

O artigo está organizado da seguinte maneira: a seção 2 trata da fundamentação teórica, importante para entender as etapas da metodologia; na seção 3 será mostrado a metodologia proposta; na seção 4 serão discutidos os testes e resultados; na seção 5 será exposto as conclusões do trabalho.

Fundamentação Teórica

Nesta seção, serão abordados os conceitos necessários para entender o funcionamento da metodologia.

Registro de Imagens – A literatura emprega diversas definições ao registro de imagens. Brown⁽²⁾ define o registro de imagens como o processo de transformação de diferentes conjuntos de dados para um mesmo sistema de coordenadas. Crum⁽³⁾ por sua vez, explica o registro de imagens como um processo para a determinação da correspondência entre as características de imagens recolhidas em momentos diferentes ou utilizando diferentes métodos de imagem.

O registro de imagens é composto pelos seguintes elementos: duas imagens, sendo uma chamada de fixa e a outra chamada de móvel, uma métrica de similaridade, uma função de transformação, de um otimizador e um interpolador. A métrica de similaridade é uma medida numérica responsável por dizer o quanto a imagem móvel está similar a fixa. A função de transformação é a função que mapeia a imagem móvel na imagem fixa. Essa função de transformação é calculada pelo otimizador, otimizando certa métrica de similaridade. Dessa forma, o registro pode ser visto com um problema de otimização, no qual um otimizador estima a função transformação que melhor mapeia a imagem fixa da imagem móvel, de acordo com um valor obtido pela métrica de similaridade.

O registro de imagens médicas, por sua vez, é uma técnica de processamento de imagens que pode ser definido como processo de alinhamento de imagens para que características correspondentes sejam facilmente relacionadas.

Para a metodologia proposta, foram utilizados dois tipos de registro: rígido e deformável *B-spline*. O rígido é o tipo mais simples e resume-se apenas em aplicações de rotação e translação, de forma que a imagem móvel não é deformada, mas sim posta no mesmo sistema de coordenadas da imagem fixa. Ele geralmente é utilizado como pré-processamento para outros tipos de registro. O registro *B-spline* é um registro que tem sido amplamente utilizado nos últimos anos. Trata-se de um registro

deformável e paramétrico. Sua deformação é de acordo com o parâmetro – tamanho da malha de pontos de deformidade – e a principal característica são as deformações locais, impedindo que alterações desnecessárias afetem outras estruturas. ⁽⁴⁾

Índices de Similaridade – Os índices de similaridade são utilizados para medir semelhança entre grupos com base nos tipos de seus indivíduos. Este artigo propõe o uso destes índices para medir a similaridade do tecido de uma lesão do mesmo paciente em tempos distintos.

Os parâmetros das equações dos índices são a quantidade de indivíduos, de cada tipo, que estão presentes e ausentes em cada grupo. O resultado da aplicação dessas equações é um valor numérico que representa um grau de semelhança. O domínio do valor resultante da equação varia de índice para índice, mas comumente apresenta valores entre 0 e 1. ⁽⁵⁾

São muitos os índices de similaridade encontrados na literatura. Neste artigo, serão utilizados os índices de: Jaccard, Anderberg, Czekanowsky, Kulczynski 2 e Ochiai.

Considerando dois grupos, chamados grupo 1 e grupo 2, no qual deseja-se medir a similaridade, descreve-se as seguintes variáveis:

- tipos de indivíduos que pertencem tanto ao grupo 1 quanto grupo 2;
- tipos de indivíduos que pertencem ao grupo 1 e não pertencem ao grupo 2;
- tipos de indivíduos que pertencem ao grupo 2 e não pertencem ao grupo 1.

Na Tabela 1, é listado as equações dos índices de similaridade utilizados.

Tabela 1: Índices de similaridade. Adaptado de Meyer⁽⁵⁾.

Índice de Similaridade	Equação	Intervalo de Ocorrência
Jaccard	$\frac{a}{a + b + c}$	[0, 1]
Anderberg	$\frac{a}{a + 2(b + c)}$	[0, 1]
Czekanowsky	$\frac{2a}{2a + b + c}$	[0, 1]
Kulczynski 2	$\frac{a}{2} \left(\frac{1}{a + b} + \frac{1}{a + c} \right)$	[0, 1]
Ochiai	$\frac{a}{\sqrt{(a + b)(a + c)}}$	[0, 1]

Neste artigo, adota-se os grupos como sendo a lesão no tempo t (grupo 1) e no tempo $t + 1$ (grupo 2), e os indivíduos sendo os valores de pixels presentes naquela lesão.

Metodologia

Esta seção descreve os procedimentos realizados pela metodologia proposta neste artigo para a análise temporal de lesões em mamografias digitalizadas usando índices de similaridade. Para tanto, faz-se necessário dividir a metodologia em algumas etapas para melhor entendimento, como ilustra a Figura 1.



Figura 1: Fluxo da metodologia

Aquisição das Imagens – A base de imagens mamográficas utilizada foi a BCDR – *Breast Cancer Digital Repository*. Ainda é uma base em construção, feita em parceria com universidades de Portugal e Espanha que incluem Faculdade de Medicina Universidade do Porto, Universidade de Aveiro e Centro de Tecnologias Avançadas da Espanha. Tem como objetivo desenvolver uma gama ampla de mamografias para exploração de métodos de detecção e diagnóstico baseados em computador.

A base BCDR é uma base pública, disponível na internet, e possui algumas características que ajudaram na sua escolha para este trabalho, tais como, estudo do mesmo paciente em tempos diferentes, visões diferentes de mamografia (Médio-Lateral e Crânio Caudal) em ambas as mamas (esquerda e direita) e anotações sobre as marcações da lesão. Infelizmente, apesar de ser a única base pública com ênfase em casos temporais, ela só possui sete casos de pacientes com exames em tempos diferentes. ⁽⁶⁾

Pré-processamento – Imagens pertencentes à base de imagens BCDR apresentam ruídos e elementos típicos do exame mamográfico, que podem interferir nas demais etapas da metodologia. Esses elementos indesejados incluem marcas de identificação do paciente ou do tipo de exame, pixels do fundo da imagem e eventuais ruídos produzidos por imperfeições do processo de geração da imagem ou da digitalização. O objetivo desta etapa de pré-processamento é de remover esses elementos, mantendo apenas a mama, e melhorar a discriminação visual das estruturas internas da mama. Os algoritmos utilizados nessa etapa são baseados na metodologia de Sampaio ⁽⁷⁾.

A etapa de pré-processamento consiste primeiramente em uma remoção de bordas. Todos os pontos a 30 *pixels* de distância das bordas laterais são removidos. Esse passo é representado pela Figura 2a.

Em seguida, é feita a remoção do fundo. Nesta etapa, os valores de pixel são divididos em dois grupos de acordo com a intensidade. O primeiro grupo é formado pelos pixels de maior intensidade e o segundo pelos pixels de menor intensidade. Com a intenção de remover o fundo, o grupo de menor intensidade tem os valores substituídos por 0 (que equivale a cor preta). Esse passo é representado pela Figura 2b.

Por fim, na intenção de remover os objetos externos, é utilizado um algoritmo de crescimento de região. A semente do crescimento de região é posicionada no centro da metade da imagem cujo somatório de valores de pixels é mais alto (ou seja, na metade em que se encontra a mama). O resultado dessa operação é visto na Figura 2c. A imagem resultante do crescimento de região é, então, usada como máscara sobre a imagem original, resultando na imagem pré-processada. Essa imagem é representada pela Figura 2d.

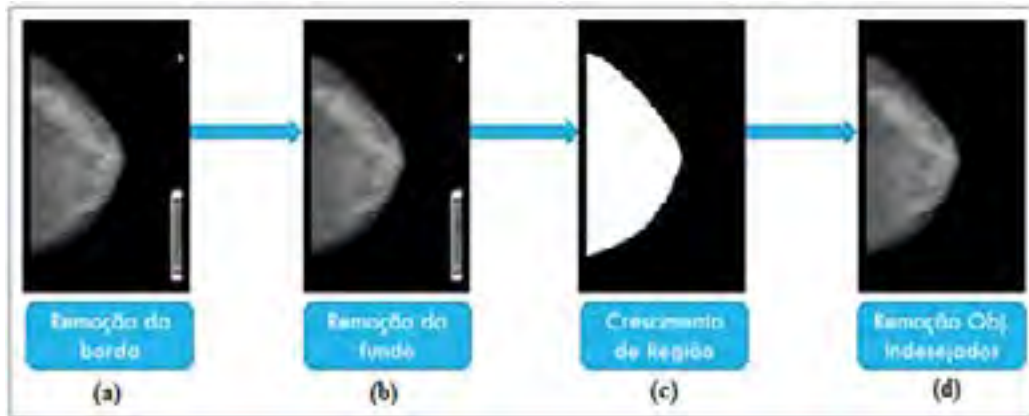


Figura 2: Etapas do pré-processamento.

Registro das Imagens – Após o pré-processamento, é aplicado o registro de imagens. A partir desse ponto, a imagem mais recente do paciente, representada pela Figura 3b, sofrerá transformações para se aproximar o máximo possível da imagem mais antiga, representada pela Figura 3a, gerando uma nova imagem, chamada de imagem registrada (Figura 3c). Essas transformações são feitas por uma sequência de dois registros: primeiro o registro rígido e em seguida o deformável *B-spline*. O objetivo dessa etapa é reduzir o máximo possível os efeitos da aquisição que tornam essas imagens diferentes em forma. É importante destacar que o pré-processamento, efetuado anteriormente, remove os elementos indesejados da imagem e assim possibilita melhores resultados no registro, que passa a levar em consideração apenas a mama.

Existem diversos fatores que geram as diferenças entre as imagens. Diferenças de rotação e translação são comuns devido ao posicionamento da mama no ato do exame. Além disso, as compressões da mama pelo mamógrafo tendem a gerar deformações distintas em cada exame. O registro rígido não causa deformações na imagem, mas corrige as diferenças de rotação e translação. O *B-spline*, por outro lado, é interessante nesta metodologia pois aplica deformações locais para aproximar as imagens, mas tende a não causar muita distorção. O registro rígido, como explicado na seção 2.1, é utilizado como pré-processamento para o registro *B-spline* e, aplicado anteriormente, evita que as deformações feitas pelo *B-spline* sejam muito bruscas.

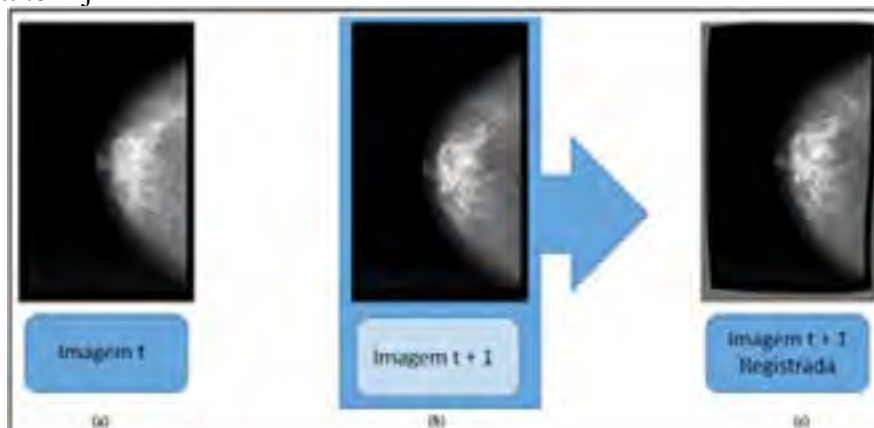


Figura 3: Registro de Imagem

Correspondência entre lesões – Esta etapa é responsável por determinar se lesões marcadas nas imagens mais recente e antiga, de um mesmo paciente, se tratam ou não da mesma lesão. Em outras palavras, dado duas imagens obtidas de um mesmo paciente, uma imagem no tempo mais antigo (t) e outra no tempo mais recente ($t+1$) e uma lesão x , marcada na imagem t , e outra lesão y , marcada na

imagem $t+1$, deseja-se saber se a lesão x corresponde a lesão y , ou seja, x e y são a mesma lesão. Nesse artigo, por questão de simplificação, chama-se isso de correspondência entre lesões.

Para efetuar essa correspondência, é preciso verificar se as marcações das lesões x e y têm localizações parecidas. Por isso, *a priori*, as imagens são pré-processadas (seção 3.2) e registradas (seção 3.3), para aproximá-las o máximo possível em forma e assim ter mais exatidão na localização da lesão x em relação a lesão y . Definiu-se empiricamente que, se ao menos um *pixel* dentro das duas marcações coincide em localização, ou seja, se as marcações estão sobrepostas espacialmente, essas marcações referem-se a uma mesma lesão. Caso isso ocorra, considera-se que as lesões são, de fato, a mesma lesão, como mostra a Figura 4.

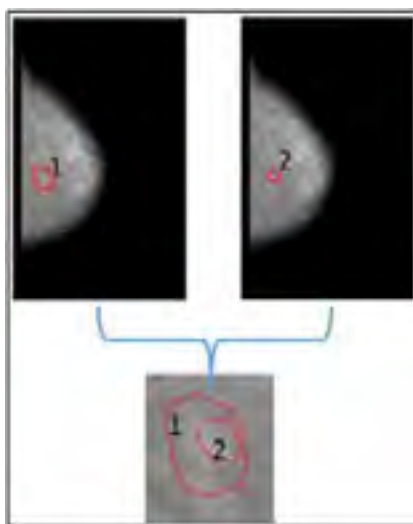


Figura 4: Ilustração da correspondência entre lesões

Análise temporal da textura – A etapa da análise temporal é responsável por analisar mudanças de tecido em lesões ocorridas no decorrer do tempo. Ela será aplicada nas regiões contidas nas duas marcações, uma obtida no exame mais antigo (tempo t) e a outra obtida no exame mais atual (tempo $t + 1$).

As medidas de mudanças de tecido são obtidas através da análise do padrão de tecido da lesão, que é diretamente relacionada aos seus valores de *pixel*. Aqui é analisado os *pixels* que se encontram dentro da marcação da lesão. Os índices de similaridade utilizados neste trabalho são os descritos na seção 2.2 e que também são usados por Meyer⁽⁵⁾. Contudo, eles serão utilizados para comparar a similaridade de tecidos da lesão em exames diferentes.

O resultado da análise temporal pode ser usado para auxiliar o especialista a avaliar quantitativamente as mudanças de tecido da lesão a partir dos valores dos índices. Em outras palavras, quando os índices apresentam valores baixos (próximos a zero), conclui-se que houve muita alteração no tecido da lesão com o passar do tempo e quando os índices apresentam valores altos (próximos a 1), conclui-se que houve pouca alteração no tecido da lesão.


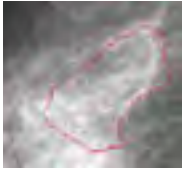

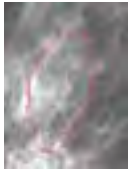

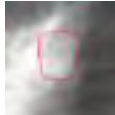
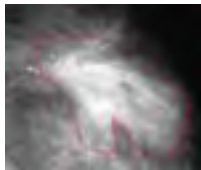

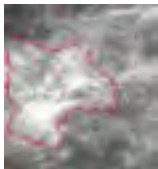

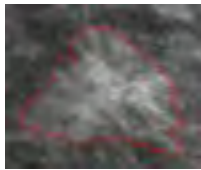


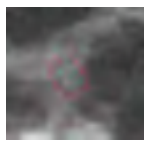




Resultados e Discussão


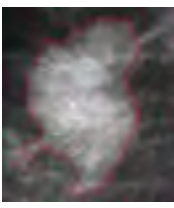
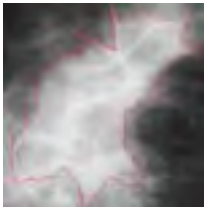

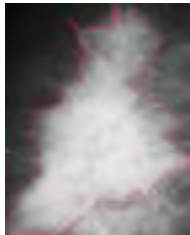

A base BCDR é composta por 1010 pacientes anônimos, identificados apenas por uma numeração. Deste total, sete pacientes possuíam mais de um exame em tempos distintos, sendo, assim, possível analisar a mudança do tecido (textura) no tempo, utilizando a metodologia proposta.

A Tabela 2 mostra as lesões de cada paciente em tempos diferente. A coluna “Paciente” apresenta a numeração definida para cada paciente segundo informações da base BCDR. Na coluna “Posição/Visão” as siglas RCC e LCC correspondem as posições direita e esquerda da visão crânio-caudal, respectivamente, e as siglas RMLO e LMLO correspondem as posições direita e esquerda da visão

médio-lateral oblíqua, respectivamente. Em “Tipo de Lesão”, MC e NO significam, respectivamente, microcalcificação e nódulo.

Tabela 2: Lesões em tempos diferentes da base BCDR.

Paciente	Tipo Lesão	Classificação da Lesão	Posição/Visão	Tempo t	Tempo $t + 1$
76	MC	Benigno	RCC		
			RMLO		
160	MC	Benigno	RCC		
233	NO	Maligno	LMLO		
			LCC		
615	NO	Maligno	LMLO		
			LCC		
627	MC	Benigno	LCC		
			LMLO		

684	NO	Maligno	RMLO		
739	NO	Maligno	RCC		
			RMLO		

Os resultados dos índices aplicados as lesões dos pacientes da Tabela 2 podem ser vistos na Tabela 3. As siglas na coluna “Posição/Visão” seguem o mesmo significado da Tabela 2.

Tabela 3: Resultado dos testes na base BCDR.

Paciente	Posição/Visão	Índices				
		Jaccard	Anderberg	Czekanowsky	Kuleczyński	Ochiai
76	RCC	0,781818	0,641791	0,877551	0,877551	0,877551
	RMLO	0,611842	0,440758	0,759184	0,769972	0,764559
160	RCC	0,371429	0,22807	0,541667	0,542196	0,541931
233	LMLO	0,589189	0,417625	0,741497	0,749299	0,745387
615	LCC	0,616438	0,445545	0,762712	0,763205	0,762958
	LMLO	0,771084	0,627451	0,870748	0,870789	0,870768
627	LCC	0,454545	0,294118	0,625	0,634921	0,629941
	LMLO	0,452381	0,292308	0,622951	0,633853	0,628378
684	RMLO	0,790323	0,653333	0,882883	0,884031	0,883457
739	RCC	0,743961	0,592308	0,853186	0,870561	0,861829
	RMLO	0,593137	0,421603	0,744615	0,744961	0,744788

Pode-se ver na Tabela 2 e 3, que alguns pacientes possuem marcação apenas em uma das visões (somente na Crânio Caudal ou na Médio Lateral). Os índices comportaram-se como esperado em todos os casos: com o passar do tempo, os valores dos índices diminuíram, apresentando uma mudança no comportamento da textura da lesão.

Nos casos em que há exames das duas visões diferentes (Crânio Caudal e Médio Lateral Oblíquo), nota-se que mesmo sendo a mesma lesão, os índices apresentam um pouco de variação. Pode-se atribuir tal mudança ao fato de que a posição do tecido na mama depende da visão da imagem ou pelo fato de que, ao marcar a lesão, o especialista engloba na marcação algumas partes da mama que não são consideradas lesão, e ao fazer a comparação com a possível lesão no tempo seguinte, acabou por mostrar uma leve variação.

Todos os pacientes com nódulos malignos foram submetidos a dois exames em menos de um ano. Nota-se que mesmo com um intervalo de tempo pequeno, houve uma grande alteração no valor dos índices, mostrando uma dissimilaridade. Os pacientes com microcalcificação benigna tiveram maior tempo entre exames. O paciente 76, por exemplo, teve quinze anos entre os dois exames, o paciente 160 um intervalo de um ano e o 627 um intervalo dois anos. Os índices, nesses casos, também reduziram, porém com um período de tempo superior as lesões malignas.

No Paciente 160, percebe-se visualmente uma semelhança entre a textura da lesão nas imagens em tempos diferentes. Também é observado que a marcação do especialista é semelhante, tanto na lesão do tempo t quanto na lesão no tempo $t + 1$. Os índices, contudo, mostraram uma dissimilaridade relevante entre as duas lesões, sendo o mais baixo o índice de Anderberg com 0,22807 e o maior Kulczynski 2 com 0,542196. Analogamente ao paciente 160, nas marcações do paciente 739 observa-se uma grande variação, tanto na marcação como na textura, porém os índices mostram uma certa similaridade entre as imagens no tempo t e no tempo $t + 1$, como pode ser observado na Tabela 3.

Com os testes, observa-se que a aplicação dos índices de similaridade em lesões de tempos distintos mostra-se promissora no que diz respeito em observar e fornecer valores quantitativos relacionados a variação da textura da lesão do paciente. Acredita-se que essa avaliação possa não ser tão precisa em lesões do tipo microcalcificação, uma vez que as marcações são imprecisas em termos de delimitações

Conclusão

Este artigo apresentou uma metodologia de análise temporal de lesões mamárias. Essa metodologia mostra-se importante, uma vez que possibilita fazer uma correspondência entre lesões em exames de tempos diferentes e fornecer ao especialista informações quantitativas sobre as mudanças de tecido utilizando índices de similaridade. Com essa abordagem de informações quantitativas, será possível mais objetividade no acompanhamento da lesão, a fim de determinar o seu comportamento no decorrer do tempo. Dessa forma, pressupõe-se que o médico terá melhor conhecimento sobre as mudanças de tecido da lesão e possa usá-las em seu favor. Esses valores podem auxiliar, por exemplo, na determinação da eficácia de um tratamento ou na decisão por uma cirurgia no decorrer do tempo.

Como trabalhos futuros, busca-se avaliar a aplicação dos índices em subregiões correspondentes entre as marcações do especialista em tempos diferentes (similaridade local) e não somente à similaridade entre a lesão por inteiro (similaridade global). Além disso, na literatura, há muitas citações de índices de similaridade que podem ser adicionados a metodologia.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPQ, CAPES, FAPEMA e TECGRAF pelo apoio durante a pesquisa.

Referências

- [1] INCA – Instituto Nacional do Câncer. 2016. Disponível em: <http://www.inca.gov.br/index.asp>. Acessado em: março de 2016.

- [2] Brown LG. A survey of image registration techniques. ACM Computing Surveys (CSUR) archive. 2004. 24 (4). 325 – 376.
- [3] Crum WR, Hartkens T, Hill DLG. Non-rigid image registration: theory and practice. The British Journal of Radiology. 2004. 77. 140 – 153.
- [4] Parraga A. Atlas Anatômico da Região da Cabeça e do Pescoço: em Direção à Radioterapia Adaptativa [tese]. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Departamento de Engenharia Elétrica. 2008.
- [5] Meyer AS. Comparação de Coeficientes de Similaridade usados em Análises de Agrupamento com Dados de Marcadores Moleculares Dominantes [dissertação]. São Paulo: Universidade de São Paulo – Departamento de Agronomia. 2002.
- [6] BCDR – Breast Cancer Digital Repository. 2015. Disponível em: <http://bcdr.inegi.up.pt>. Acessado em: março de 2016.
- [7] Sampaio WB. Detecção de Massas em Imagens Mamográficas usando Redes Neurais Celulares, Funções Geoestatísticas e Máquinas de Vetores de Suporte [dissertação]. Maranhão: Universidade Federal do Maranhão – Departamento de Engenharia Elétrica. 2009.

Contato

Pedro H. B. Diniz
Doutorando da Pontifícia Universidade
Católica, Rio de Janeiro, Brasil
Fone: (98) 98302-4532
Email: pedro_hbd@hotmail.com

João O. B. Diniz
Mestrando da Universidade Federal do
Maranhão (UFMA), São Luís, Brasil
Fone: (98) 98110-4133
Email: joao.bandeira@hotmail.com

Aristófanés C. Silva
Professor Doutor da Universidade Federal do
Maranhão (UFMA), São Luís, Brasil
Fone: (86) 3272-9288
Email: ari@dee.ufma.br

Anselmo C. de Paiva
Professor Doutor da Universidade Federal do
Maranhão (UFMA), São Luís, Brasil
Fone: (86) 3272-9288
Email: paiva@deinf.br

Marcelo Gattass
Professor Doutor da Pontifícia Universidade
Católica do Rio de Janeiro (PUC-RJ), Rio de
Janeiro, RJ, Brasil
Fone: (21) 2512-5984
Email: mgattas@inf.puc-rio.br

DISMINUCIÓN DE LA TASA DE ERRORES EN LA MEDICACIÓN LUEGO DE LA INCORPORACIÓN DE LA RECOMENDACIÓN DE LA POSOLOGÍA EN UN SISTEMA DE PRESCRIPCIÓN ELECTRÓNICA

DIMINUIÇÃO DA TAXA DE ERRO DE MEDICAÇÃO APÓS INCORPORAR A RECOMENDAÇÃO DE DOSAGEM NUMA PRESCRIÇÃO ELECTRÓNICA

REDUCTION IN THE RATE OF ERRORS IN MEDICATION DOSES AFTER THE INCORPORATION OF A RECOMMENDED POSOLOGY IN A PRESCRIPTION SYSTEM

Carlos Otero, Daniel Luna, Alejandro Gaiera, Thelma Maydana, Fernan Quiros

Resumen. Los errores en la medicación son comunes en la práctica médica, más aún en los hospitales universitarios. Aquellos asociados con la dosis de los fármacos son los más frecuentes. Los sistemas computarizados de prescripción médica (CPOE, sigla en inglés para Computerized provider order entry) han demostrado mejorar la tasa de error e incrementar la calidad de cuidado médico. Nuestro hospital desarrolló su propia Historia Clínica Electrónica con un completo CPOE. Los farmacéuticos validan todas las prescripciones y rechazan aquellas que contienen errores, siendo los más frecuentes los vinculados con errores en la dosis. Un grupo multidisciplinario acordó una lista de posología recomendada de fármacos que se ofrece a los médicos tratantes luego de que seleccionan la droga a prescribir. El objetivo de este estudio es describir el desarrollo e implementación de una estrategia de prevención de error que incorpora dosis recomendada en el proceso de prescripción electrónica.

Palabras clave: Sistema computarizado de prescripción médica, prevención de error, dosis recomendada

Resumo. Os erros de medicação são comuns na prática médica, ainda mais em hospitais universitários. Aqueles associados com a dose das drogas são os mais freqüentemente. Os sistemas informatizados de prescrição médica (CPOE, sigla em inglês para entrada de pedido do provedor informatizado) foram mostrados para melhorar a taxa de erro e aumentar a qualidade dos cuidados médicos. Nosso hospital desenvolveu a sua própria registros médicos eletrônicos com uma completa CPOE. Farmacêuticos valida todas as prescrições e rejeitar aqueles que contêm erros, sendo os mais freqüentes aqueles relacionados com erros na dose. Um grupo de trabalho multidisciplinar chegou a acordo sobre uma lista de dose recomendada de drogas que é oferecido aos médicos que depois que selecionar a droga de prescrever.

Key Words: Computerized provider order entry, error prevention, recommended dose

Abstract. Medication errors are common in medical practice, even more in teaching hospitals. The errors associated with drugs doses are the most common. Computerized provider order entry (CPOE) has demonstrated that could improve the error rate and increase the quality of medical care. Our hospital developed its own Electronic Health Record (EHR) with a full implemented CPOE. Pharmacists validate all the prescriptions, and reject those that contain errors, the most frequent errors are related to dose. A multidisciplinary group agreed on a list of recommended dose of drugs, that is offered to the treating physicians after selecting the drugs to prescribe. The aim of this study is to describe the development and implementation of a prevention strategy that incorporates recommended error in the process of electronic prescribing doses. The aim of this study is to describe the development and implementation strategy of error prevention that incorporates recommended dose in the prescription process electronics.

Palavras chave: Sistema Informatizado de prescrição médica, prevenção de erro, a dose recomendada

Introducción

Los errores asociados con la medicación son frecuentes en la práctica médica. El informe del Instituto de Medicina de los Estados Unidos (Institute of Medicine (IOM)), “errar es humano”, estima que de 44000 a 98000 vidas se pierden cada año debido a errores médicos¹. Muchos de estos errores se vinculan a las dosis. En los hospitales universitarios, la tasa de error puede ser incluso más alta^{2,3}. Un gran número de estos problemas puede ser prevenido con la incorporación de sistemas de prescripción electrónica (CPOE, *sigla en inglés para Computerized provider order entry*)^{4,5} los cuales han probado efectividad en reducir errores asociados con los procesos de prescripción de drogas mejorando la seguridad y calidad de la atención del paciente^{4,6,7}. En el ámbito de los CPOE, el sistema de notificaciones alerta al médico sobre la ocurrencia de posibles efectos no deseados de la medicación⁸, pero a pesar de su probada eficacia no siempre es considerado por los médicos^{9,10}. La implementación de estos sistemas en una Historia Clínica Electrónica (HCE) ha mostrado una alta tasa de cancelación de alertas por los profesionales¹¹. Entre las razones de tal comportamiento se identifican: inadecuada formación de la base de conocimiento de estos sistemas, carencia de significancia clínica de las recomendaciones y pobre diseño de la interface humano computadora, entre otros¹². La adecuada visualización de las mismas podría lograr beneficios en la aceptación de recomendaciones^{9,13}.

Estrategias basadas en educación y entrenamiento profesional también han sido incorporadas en los hospitales pero sin los resultados esperados^{3,5,7,14}. A pesar de un significativo esfuerzo, la seguridad del paciente aún no ha mejorado hasta alcanzar el grado esperado en el informe IOM “cruzando el abismo de la calidad”¹⁵. Sin dudas, una estrategia para lograr una atención segura y eficaz en salud es el uso generalizado de las tecnologías de la Información (TI)¹⁶⁻¹⁷.

Nuestro hospital tiene una Historia Clínica Electrónica de desarrollo propio hace más de 10 años, con un CPOE completamente implementado, el cual posee alertas de alergias, dosis máxima e interacciones droga-droga¹⁸. A pesar de eso, la tasa de error por el empleo de dosis inadecuada es más alta de lo esperado, y se decidió intervenir entonces en el proceso de prescripción para mejorar la tasa de error relacionada con el tema.

El objetivo de este estudio es describir el desarrollo e implementación de una estrategia de prevención de error que incorpora dosis recomendada en el proceso de prescripción electrónica.

Materiales y métodos

Somos un hospital escuela fundado en 1853 en Buenos Aires, Argentina que trabaja con una red de salud la cual contempla centros ambulatorios y consultorios particulares distribuidos a lo largo de la Ciudad de Buenos Aires y alrededores. Contamos con 750 camas, se admiten anualmente alrededor de 45000 pacientes, con un manejo de 3 millones de pacientes por año. Desde 1998 el Departamento de Informática en Salud ha gradualmente diseñado, desarrollado e implementado un Sistema de Información Hospitalaria (HIS) que gestiona la información de salud y administrativa. El HIS incluye una Historia Clínica Electrónica de uso web orientada a problemas y centrada en el paciente con un Sistema Computarizado de Prescripción Médica (CPOE) que permite la prescripción electrónica de drogas, conectado con el sistema de farmacia e integrado con el proceso de cuidado de enfermería. El CPOE integra todos los procesos en el ciclo de la medicación, prescripción, validación por personal de farmacia y administración por enfermería.

Desde mediados de 2014, el proceso de validación de farmacia se estructuró en diferentes categorías que permitieron estandarizar los registros de rechazo de prescripción debido a los errores que pudiera cometer el médico que la realiza. Una de estas categorías es la de error en la dosis, que resulta ser el error más común con una tasa promedio de 0.5% del total de prescripciones para un total de 0.7% de todos los errores asociados a la medicación. En el ciclo de medicación todas las prescripciones son

validadas individualmente por el farmacéutico a cargo del sector quien conoce al paciente y su plan de medicación. Cada médico recibe la conducta tomada por el farmacéutico en línea (en su dispositivo móvil y en la HCE del paciente) y en caso de rechazo, debe modificar la prescripción o justificar porqué no corresponde su rechazo.

Para la construcción del sistema de posología recomendada se efectuó una consulta a la base de datos de prescripciones efectuadas desde Agosto del 2013 hasta Agosto del 2014, en el ámbito de internación para adultos, basándose en el fármaco por nombre genérico, dosis, presentación, vía y frecuencia. De este modo se obtuvieron los fármacos, por nombre genérico, más frecuentemente empleados de los cuales se utilizaron los que tenían una tasa de uso igual o superior al 80%. De la lista obtenida se tomaron las 3 posologías con mayor número de indicaciones para cada fármaco en acuerdo con un grupo de expertos conformado por especialistas en medicina interna, especialidades básicas como ginecología, endocrinología, cirugía, cardiología y nefrología, como así también representantes del comité del ciclo de la medicación (comité interno que implementa políticas referidas al ciclo de la medicación y realiza farmacovigilancia). Esta lista posteriormente fue validada por un comité de farmacéuticos y puesta en marcha a mediados de Enero del 2015 (Figura 1)



Figura 1. Muestra la indicación de piperacilina + tazobactam con los sus posologías recomendadas y la posibilidad de que el médico selecciona otra propia

Se incluyeron en la lista todas las prescripciones farmacológicas realizadas por médicos involucrados en la atención de pacientes adultos mayores de 18 años internados durante al menos 3 días en el HIBA.

El proceso de recolección de datos valoró el número de indicaciones rechazadas en relación al total de indicaciones realizadas durante 28 días del mes de Noviembre del 2014 y Febrero del 2015.

Resultados

En la lista de dosis recomendada, la cual se ofrece al médico cuando realiza la indicación farmacológica, cada droga puede tener más de una dosis recomendada (no más de 3), sólo está disponible para mayores de 18 años y para aquellos fármacos con una tasa de uso superior al 80%. El médico siempre tiene la oportunidad de crear su propia posología o usar la recomendada y editar la dosis o vía de administración (Figura 2).



Figura 2. Muestra la opción que le permite al médico configurar otra posología.

La dosis recomendada fue implementada en el CPOE a mediados de Enero del año 2015 y el impacto del empleo de una dosis inadecuada fue medido en Febrero del mismo año.

El primer grupo, previo a la implementación de la dosis recomendada, fue evaluado durante Noviembre del año 2014, participaron 678 médicos con un promedio de edad de 34 años (+/- 7.6 años), 52.1% eran mujeres con un uso promedio de la HCE de 5.5 años. Durante este periodo (28 días) fueron hechas 181195 prescripciones en internación de pacientes adultos, en todas las salas del hospital central.

El segundo grupo, posterior a la implementación de la dosis recomendada, se valoró en febrero del 2015, con la participación de 663 médicos con una edad promedio de 34 años (+/- 7.6 años) 52% eran mujeres con un tiempo promedio de uso de la HCE de 5.5 años. Durante este segundo período se realizaron 163851 prescripciones.

En el primer grupo, 907 prescripciones fueron rechazadas por dosis inadecuada lo que equivale al 0.5% del total mientras que en el segundo período fueron rechazadas 413 prescripciones lo que significa un porcentaje de 0.1%.

Discusión

Este trabajo realizado en un hospital universitario de la Ciudad de Buenos Aires describe las estrategias implementadas para disminuir el error médico, en este caso, referido a la dosis inadecuada en un sistema de prescripción electrónica. Mientras el corto periodo después de la implementación puede ser reconocido como una limitante, creemos que los resultados merecen ser publicados. El equipo continuará trabajando para completar la implementación y la medición de los resultados con estrictos modelos estadísticos.

Otra limitación es el sesgo que implica que no todas las drogas tienen una posología recomendada y que sólo se empleó en pacientes mayores de 18 años. Posteriormente se incorporarán todas las drogas disponibles en el vademecum del hospital así como recomendaciones para todos los grupos de edades.

Sin dudas, una simple intervención, como lo fue agregar una lista de posologías recomendadas que se ofrecen a los médicos cuando seleccionan la droga a prescribir podría mejorar la seguridad y reducir el error asociado con la dosis, pero es importante notar que ese trabajo no es sencillo y no sólo requiere tiempo y experiencia en el uso de bases de conocimiento sino también alcanzar un consenso entre los diferentes especialistas que usan la misma droga

También es importante notar que esta herramienta es sólo una opción que deja al médico la oportunidad de crear su propia posología o editar la recomendada, como atajo un para finalizar el proceso de prescripción sin garantizar que su elección de la dosis sea la correcta. Es en este sentido que la intervención del farmacéutico especializado contribuye a disminuir el error.

En el futuro, el equipo planea no sólo completar todas las drogas y grupos etarios, sino que también asociar la posología recomendada a la lista de problemas del paciente conectando directamente a la patología por la cual la medicación está siendo prescrita. En el mismo sentido, planeamos extender el análisis de los datos disponibles para identificar si los errores están relacionados con la droga seleccionada o la población (residentes, miembros de staff, o comportamientos específicos de la especialidad).

Conclusión

La incorporación de una posología recomendada al CPOE en un hospital universitario podría reducir la tasa de error asociada con la dosis, que es la principal fuente de error en referencia a la medicación en nuestro medio, resultando en un aumento de la seguridad del paciente y la calidad del cuidado.

Referencias

- [1] Institute of Medicine (US) Committee on Quality of Health Care in America. To Err is Human: Building a Safer Health System [Internet]. Kohn LT, Corrigan JM, Donaldson MS, editors. Washington (DC): National Academies Press (US); 2000 [cited 2015 Mar 10]. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK225182/>
- [2] Gordon M, Bose-Haider B. A novel system of prescribing feedback to reduce errors: A pilot study. *Int J Risk Saf Med*. 2012;24(4):207–14.
- [3] Booth R, Sturgess E, Taberner-Stokes A, Peters M. Zero tolerance prescribing: a strategy to reduce prescribing errors on the paediatric intensive care unit. *Intensive Care Med*. 2012 Nov;38(11):1858–67.
- [4] Kannry J. Effect of e-prescribing systems on patient safety. *Mt Sinai J Med NY*. 2011 Dec;78(6):827–33.
- [5] Ching JM, Williams BL, Idemoto LM, Blackmore CC. Using lean “automation with a human touch” to improve medication safety: a step closer to the “perfect dose.” *Jt Comm J Qual Patient Saf Jt Comm Resour*. 2014 Aug;40(8):341–50.
- [6] Van Rosse F, Maat B, Rademaker CMA, van Vught AJ, Egberts ACG, Bollen CW. The effect of computerized physician order entry on medication prescription errors and clinical outcome in pediatric and intensive care: a systematic review. *Pediatrics*. 2009 Apr;123(4):1184–90.
- [7] Shamliyan TA, Duval S, Du J, Kane RL. Just what the doctor ordered. Review of the evidence of the impact of computerized physician order entry system on medication errors. *Health Serv Res*. 2008 Feb;43(1 Pt 1):32–53.
- [8] Kuperman GJ, Bobb A, Payne TH, Avery AJ, Gandhi TK, Burns G, et al. Medication-related clinical decision support in computerized provider order entry systems: a review. *J Am Med Inform Assoc JAMIA*. 2007 Feb;14(1):29–40.
- [9] Weir CR, Staggers N, Laukert T. Reviewing the impact of computerized provider order entry on clinical outcomes: The quality of systematic reviews. *Int J Med Inf*. 2012 Apr;81(4):219–31.
- [10] Jones SS, Rudin RS, Perry T, Shekelle PG. Health information technology: an updated systematic review with a focus on meaningful use. *Ann Intern Med*. 2014 Jan 7;160(1):48–54.
- [11] Van der Sijs H, van Gelder T, Vulto A, Berg M, Aarts J. Understanding handling of drug safety alerts: a simulation study. *Int J Med Inf*. 2010 May;79(5):361–9.
- [12] Luna, D., Gonzalez Bernaldo de Quiros, F., Martinez, M., Gambarte, M. L., Morchón, A. ¿Porque se ignoran los alertas sobre interacciones farmacológicas? Buenos Aires; 2004.
- [13] Radley DC, Wasserman MR, Olsho LE, Shoemaker SJ, Spranca MD, Bradshaw B. Reduction in medication errors in hospitals due to adoption of computerized provider order entry systems. *J Am Med Inform Assoc JAMIA*. 2013 May 1;20(3):470–6.
- [14] Abramson EL, Kaushal R. Computerized provider order entry and patient safety. *Pediatr Clin North Am*. 2012 Dec;59(6):1247–55.
- [15] America C on Q of HC in, Medicine I of. Crossing the Quality Chasm:: A New Health System for the 21st Century. National Academies Press; 2001. 360 p.
- [16] Devine EB, Hansen RN, Wilson-Norton JL, Lawless NM, Fisk AW, Blough DK, et al. The impact of computerized provider order entry on medication errors in a multispecialty group practice. *J Am Med Inform Assoc JAMIA*. 2010 Feb;17(1):78–84.
- [17] McKaig D, Collins C, Elsaid KA. Impact of a reengineered electronic error-reporting system on medication event reporting and care process improvements at an urban medical center. *Jt Comm J Qual Patient Saf Jt Comm Resour*. 2014 Sep;40(9):398–407.
- [18] Fernán González Bernaldo de Quirós, Daniel Luna, Analía Baum, Fernando Plazzotta, Carlos Otero, Sonia Benítez. Incorporación de tecnologías de la información y de las comunicaciones en el Hospital Italiano de Buenos Aires. CEPAL;

PREDIÇÃO VOLUMÉTRICA DE LESÕES PULMONARES APLICANDO MODELO OCULTO DE MARKOV

Otilio Paulo. S. Neto^{1,2}, Steve Ataky T. M.³, Stelmo M. B. Netto¹,
Aristófanés C. Silva⁴, Anselmo C. de Paiva⁴

¹Universidade Federal do Maranhão (UFMA), São Luís, Brasil

²Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí (IFPI), Teresina, Brasil

³Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), São Carlos, Brasil

Resumo: Objetivo: Predizer o estado volumétrico de lesões pulmonares aplicando o modelo oculto de Markov (HMM). **Materiais e Métodos:** Aquisição de imagens de lesões pulmonares temporais, geração do HMM e a aplicação do HMM. **Resultados:** Os testes foram aplicados em 24 lesões pulmonares, adquiridas da *Public Lung Database to Address Drug Response* (PLDADR). Dividimos os resultados desta pesquisa em 3. O primeiro utilizando a base completa para predição volumétrica da lesão e comparação com o *Response Evaluation Criteria in Solid Tumors* (RECIST), atingindo uma taxa de acerto de 70,83%. No segundo, aplica-se o método *leave-one-out*, separando os dados em dois grupos, treino e teste, obtendo-se uma taxa de acerto de 75,00%. Por fim, realizamos a predição volumétrica de cada lesão no intervalo de 5 tempos. O resultado mostrou que é possível prever se o estado da lesão está progredindo, regredindo ou estabilizando, a partir das alterações ocorridas nos diâmetros e volumes.

Palavras-chave: Câncer de pulmão; Cadeias de Markov; Critérios de Avaliação de Resposta em Tumores Sólidos.

Abstract: Objective: Predicting the volume status of lung lesions by applying the hidden Markov model (HMM). **Materials and Methods:** Acquisition of images of temporal lung lesions, HMM generation and application of HMM. **Results:** The tests were applied in 24 pulmonary lesions, acquired from *Public Lung Database to Address Drug Response* (PLDADR). We have divided this search in 3. The first using the full volumetric basis for prediction of the lesion and compared to the *Response Evaluation Criteria in Solid Tumors* (RECIST), reaching a 70.83% success rate. Then, we apply the *leave-one-out* method, separating the data into two groups, training and testing, yielding a 75.00% success rate. Finally, we volumetric prediction of each lesion in 5 days interval. The result showed that it is possible to predict the state of the injury is progressing, regressing or stabilizing, from changes in the diameters and volumes.

Keywords: Lung cancer; Markov Chains; Response Evaluation Criteria in Solid Tumors.

Introdução

Em pesquisa realizada pelo Instituto Nacional do Câncer¹, o câncer de pulmão é o mais letal dentre os tipos comuns de câncer no mundo. O câncer de pulmão ocorre devido há três principais fatores: tabagismo, poluição atmosférica e hereditariedade. O primeiro caso está associado ao consumo de derivados do tabaco, e corresponde a 90% dos casos. Por outro lado, sabe-se que o câncer quando diagnosticado precocemente, há uma grande chance de cur¹ a.

A maneira de acompanhar uma doença no decorrer do tempo, através da comparação de exames periódicos, é conhecida como análise temporal. Muitos trabalhos destacam a análise temporal como sendo a melhor forma não invasiva de diagnosticar nódulos pulmonares². A análise temporal pode ser

feita através da comparação de informações extraídas das imagens de exames e o tipo de exame mais comum para comparar o câncer de pulmão é a tomografia computadorizada (TC) do tórax.

Os estudos de Bentzen³, Dubben⁴, Willner⁵, Bral⁶ e Mozley⁷, são focados sobre a resposta do tumor, em particular, a modelagem e previsão da alteração de volume tumoral durante o tratamento de radioterapia. Uma vez que o volume do tumor tem sido considerado como uma medida de resposta ao tratamento, tais estudos preditivos poderiam fornecer informações úteis que poderão ser utilizados para otimizar o tratamento para pacientes individuais.

O *Response Evaluation Criteria in Solid Tumors* (RECIST), que quer dizer critérios de avaliação de resposta em tumores sólidos e foi introduzido em 2000 por um grupo de trabalho internacional, com o objetivo de padronizar e simplificar os critérios de resposta do tumor⁸. O RECIST tem sido amplamente aceito como uma medida padronizada de resposta do tumor, especialmente em ensaios clínicos oncológicos em que os parâmetros primários correspondem a uma resposta objetiva ou tempo de progressão⁹. O RECIST será utilizado nesta pesquisa para definir qual o comportamento da lesão no intervalo de cada exame.

Segundo Ascar¹⁰, uma das formas de fazer predições é utilizando sistemas computacionais. Os algoritmos desses sistemas podem ser baseados, por exemplo, em dados ou séries históricas estatísticas ou em processos naturais. Para a realização deste trabalho, fizemos uso do modelo oculto de Markov ou *Hidden Model Markov* (HMM), como é conhecido. O HMM foi proposto para modelar sistemas de reconhecimento da fala, e, ao longo dos anos, vem sendo um dos principais temas de investigação, devido a sua robustez e eficiência, seu uso foi expandido para outros domínios¹¹, como reconhecimento de manuscritos, aprendizado de ações humanas, dentre outros. O HMM se mostra muito eficiente na modelagem de padrões sequenciais que possuam uma ordem temporal, pois consegue tratar de forma probabilística a variação estrutural dos elementos.

Portanto, este artigo, tem como objetivo a predição volumétrica de lesões pulmonares em tratamento, de acordo com as mudanças ocorridas nos diâmetros, baseado nos parâmetros do RECIST e nas alterações de volumes. O modelo oculto de Markov é utilizado para construir um modelo, que seja capaz de inferir qual o comportamento futuro da lesão, proporcionando ao especialista uma segunda opinião, quanto à resposta terapêutica no tratamento do câncer.

Além desta seção introdutória, estruturamos este trabalho com mais 3 seções, sendo apresentado na Seção 2, os materiais e métodos utilizados. Na Seção 3, apresentamos os resultados encontrados. E por fim, na Seção 4 as conclusões e trabalhos futuros.

Trabalhos Relacionados

Apresentamos nesta seção alguns trabalhos relacionados que se destacarem na literatura por abordarem sobre a resposta do tumor e previsão da alteração de volume tumoral durante o tratamento do câncer. Destacam-se a seguir alguns desses trabalhos.

No trabalho de Soliman et al.¹² é avaliado o impacto de fracionamento do tamanho do efeito volumétrico bruto no controle do tumor após a radioterapia. Nesse trabalho foi feito uma análise de subgrupo em 163 pacientes tratados em um estudo baseado no CHARTWEL (*continuous hyperfractionated accelerated radiotherapy-weekend less*) versus a radioterapia convencional. Notadamente observou-se que o tratamento CHARTWEL altamente acelerados foi significativamente mais eficaz do que a radioterapia convencional para controle loco-regional da lesão. Este é o primeiro estudo a demonstrar que a magnitude do fator tempo de radioterapia fracionada aumenta com o volume tumoral.

O trabalho de Chvetsov et al.¹³ tem como objetivo melhorar a estabilidade dos algoritmos de reconstrução para a estimativa de parâmetros radiobiológicos usando dados de imagem de tumores de câncer de cabeça e pescoço em séries, adquirida durante a radioterapia. Os autores desenvolveram e testaram um algoritmo de regularização variacional que reduz significativamente os erros. Além

disso, o método de regularização variacional estendido a gama dos parâmetros reconstruídos, permitindo reconstituir a proliferação constante para as células tumorais. Após a aplicação do algoritmo de estabilização com base na regularização variacional, a reconstrução produz distribuições estatísticas para frações de sobrevivência e tempo de duplicação que são comparáveis aos publicados em dados *in vitro*.

Rockne et al.¹⁴ apresenta e aplicar um modelo matemático específico do paciente, de base biológica para o crescimento do glioma que quantifica resposta da radioterapia externa (XRT) em pacientes individuais *in vivo*. O modelo matemático utiliza taxas líquidas de proliferação e migração de células de tumores malignos para caracterizar o crescimento e invasão do tumor, juntamente com o linear-quadrático. Especificamente foi descoberto que a taxa de proliferação líquida é correlacionada com o parâmetro de resposta a radiação ($r = 0,89$, $p = 0,0007$), resultando numa relação de previsão, que é testada com um *leave-one-out*, técnica de validação cruzada. Esta relação prediz o tamanho do tumor pós-terapia para incerteza do tamanho do volume dentre as observações. Os resultados deste estudo sugerem que um modelo matemático pode criar um tumor virtual *in silico* com a mesma cinética de crescimento como um paciente em particular e não só pode prever a resposta ao tratamento em doentes individuais *in vivo*, mas também proporcionar uma base para a avaliação da resposta de cada paciente para qualquer dada terapia.

Em Liu et al.¹⁵ é apresentado um modelo de crescimento tumoral específico do paciente com base em dados de imagem multimodais longitudinais incluindo dual-fase TC e FDG-PET, é um exame para o teste de medicina nuclear chamado, em inglês, de *positron emission tomography*. O modelo proposto foi avaliado em tumores neuroendócrinos pancreáticos. Um protocolo específico foi desenvolvido para acumular CT longitudinal e FDG-PET de tumores pancreáticos não tratados. Os autores utilizaram um modelo de compartimento para dividir a população de células em três subpopulações, sendo células tumorais primárias, células habilitado para metástase e metástase células. A taxa de migração entre subpopulações e a taxa de crescimento e taxa de mortalidade em cada subpopulação foram estimados com base em dados de autópsia. Neste trabalho, os autores concentram-se no caminho para combinar imagens multimodais clínicas de rotina para estudar o crescimento do tumor sólido primário.

O trabalho de Belfatto et al.¹⁶ descreve um modelo matemático específico do paciente para prever a evolução de tumores do colo uterino em uma escala macroscópica, durante a radioterapia externa fracionada. Os parâmetros do modelo foram estimados por uma redução da diferença entre os volumes de tumor medidos e previstos, estes últimos sendo obtido a partir de um conjunto de 154 tomografias de séries computadorizada, adquiridos em 16 pacientes ao longo do curso da terapia. Os autores apresentam um sistema de equação diferencial ordinária (*ordinary differential equation* – ODE) que incorpora o crescimento das células viáveis e decaimento exponencial de células mortas cinética, juntamente com uma dinâmica diferencial do nível de oxigenação, como uma função da variação de volume viável. Os parâmetros do modelo foram aprendidas em uma base específica para cada paciente, usando medições de volume do tumor em série provenientes das tomografias computadorizada, que foram submetidos à radioterapia ou quimioterapia concomitante. A radio sensibilidade do tumor foi assumido ser diretamente dependente do nível de oxigenação, enquanto efeitos de drogas não estavam explicitamente modeladas, mas deveria melhorar a resposta do tumor.

A proposta de Ali et al.¹⁷ foi a criação de um framework de apoio à decisão clínica (*Clinical Decision Support* - CDS) para automatizar o realce da imagem em tempo real, segmentação, classificação e progressão da doença, a fim de permitir um diagnóstico eficiente de pacientes com câncer em estágios iniciais. O quadro CDS é inspirado na interpretação humana das imagens dos Estados Unidos desde a fase de aquisição de imagem a previsão progressão do câncer. Especificamente, o modelo proposto é composto de um número de fases em que as imagens são adquiridas a partir de uma primeira fonte de imagem e pré-processada antes da execução através de um algoritmo de melhoramento de imagem. A detecção de câncer e sua segmentação é considerado como o segundo estágio em que

diferentes técnicas de segmentação de imagem são utilizadas para dividir e extrair objetos da imagem melhorada. A terceira etapa envolve a classificação da doença de objetos segmentados, em que os significados de um objeto investigado são comparados com o dicionário de doença definida por médicos e radiologistas. Na fase final; a progressão do cancro, uma matriz de imagens de ultra som é utilizada para avaliar e prever as futuras fases da doença. Para fins experimentais, foi aplicado o framework e classificadores no conjunto de datas do cancro do fígado para 200 pacientes. A distribuição de classe são 120 benignos e 80 malignos neste conjunto de dados.

Percebe-se a importância da predição do comportamento de nódulos cancerígenos em tratamento, pois quanto mais cedo for detectado qual o comportamento desse nódulo, mais fácil será a escolha do tratamento adequado ao paciente. Vimos que nos trabalhos relacionados existem várias abordagens sobre o tema. No entanto, abordaremos um modelo matemático baseado no modelo oculto de Markov para prever qual o comportamento da lesão no tempo.

Materiais e Métodos

Nesta seção, apresentamos as técnicas utilizadas para alcançar os objetivos propostos nesta pesquisa, sendo dividida com as seguintes etapas: Na primeira etapa, é realizada a aquisição das imagens; na segunda etapa, é realizada a geração do modelo HMM, com base nas mudanças de volumes e diâmetros das lesões; Na terceira etapa, é aplicado o HMM. Por fim, são encontrados os resultados da pesquisa. A Figura 1 ilustra o fluxo da metodologia.



Figura 1: Fluxo da metodologia.

Aquisição de Imagens – Para este trabalho, foi utilizada a base de imagens *Public Lung Database to Address Drug Response (PLDADR)*, que foi criada pela Universidade Cornell, em parceria com a Fundação de Prevenção ao Câncer (*Prevent Cancer Foundation - PRF*) e o Instituto Nacional de Câncer Americano (*National Cancer Institute - NCI*). Esta base tem como objetivo acelerar o processo no desenvolvimento de técnicas de monitoramento quantitativo de doenças assistidas por computadores.

As imagens estão no formato DICOM, que é uma abreviação de *Digital Imaging and Communications in Medicine*, adquiridas a partir de uma TC do Tórax. A base de dados possuindo 24 casos de lesões, sendo que cada caso, possuem entre dois a quatro exames. As espessuras das fatias são variadas, sendo a maioria com 2,5mm. Um fato importante desta base é que as lesões estão em tratamento para avaliar a resposta à medicação.

Geração do modelo HMM – Para a realização deste trabalho, foi necessário criar um modelo HMM. Este modelo é composto pelas matrizes de emissão e transição e o vetor de inicialização. Na construção das duas matrizes, fizemos uso do diâmetro com base no RECIST e do volume, ambos para definir as mudanças de estados ocorridas entre cada exame. A seguir são descritos em detalhes como foi realizado a geração do modelo.

Matriz de Emissão – Na construção da matriz de emissão, utilizamos o RECIST^{8,9}, devido suas regras de avaliação das lesões. Através dessas regras, conseguimos construir a matriz baseada na categorização dos diâmetros das lesões, para utilizar no HMM.

Inicialmente calcula-se os diâmetros das maiores fatias das lesões de cada paciente. Em seguida, analisa-se os percentuais de mudanças ocorridos nos diâmetros das lesões em cada tempo, através da Equação 1, obedecendo as regras do RECIST. O conjunto de regras está definido na Tabela 1. Quando aplicamos ao conjunto de diâmetros obtidos, obtêm-se as ocorrências de cada uma das respostas para cada lesão: Progressão (*P*); Regressão (*R*) e Estabilização (*E*).

$$M = \left(\frac{d_{t+1}}{d_{t=0}} - 1 \right) 100, \quad 1 \leq t \leq n \quad (1)$$

sendo, *M* o percentual de mudança ocorrido para a lesão entre os instantes analisados, *d* o diâmetro da maior fatia no instante *t*, para $t=[1,2,3,\dots,n]$ e *n* a quantidade de exames.

Após encontrados os valores das ocorrências, criamos um vetor de ocorrência par-a-par de cada uma das resposta, de acordo com a sequência de ocorrência, mostrada na Equação 2. De posse desse vetor de ocorrência, é gerada a matriz de ocorrência conforme a Equação 3.

$$V = [PP, PR, PE, RR, RP, RE, EE, EP, ER] \quad (2)$$

$$M_1 = \begin{bmatrix} PP & PR & PE \\ RP & RR & RE \\ EP & ER & EE \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$M_2 = \begin{bmatrix} M_{1(PP)} & M_{1(PR)} & M_{1(PE)} \\ M_{1(RP)} & M_{1(RR)} & M_{1(RE)} \\ M_{1(EP)} & M_{1(ER)} & M_{1(EE)} \end{bmatrix} \quad (4)$$

A matriz de emissão é gerada a partir da matriz de ocorrência. A Equação 4, mostra como deve ser gerada a referida matriz. Para calcular os valores, são necessários seguirmos os seguintes requisitos: *i*) consideramos a soma dos elementos de cada linha igual a 100%; *ii*) atribuímos os valores de acordo com os percentuais de cada elemento; *iii*) as linhas que só possuem valores 0, serão distribuídos percentuais iguais para todos os elementos da referida linha.

Matriz de Transição – Para gerar a matriz de transição, utiliza-se o volume como métrica de avaliação das mudanças ocorridas nas lesões. O volume foi utilizado em virtude da mudança no diâmetro implicar na mudança do volume. Adotamos como parâmetro de mudança do volume, o percentual de 10%, para mais ou menos, por ser um valor aceitável para determinar a ocorrência de mudanças em lesões pulmonares. Portanto, através dessas mudanças, pode-se garantir uma relação entre as duas matrizes.

Primeiramente, calculam-se os volumes de cada lesão em todos os tempos. Analisa-se os percentuais de mudanças ocorridos nos volumes, através da Equação 1, obedecendo as regras do volume, de acordo com a Tabela 1. Depois são contadas as ocorrências de cada uma das respostas *P*, *R* e *E*, resultando no vetor de ocorrência par-a-par, conforme Equação 2.

Tabela 1: Resposta de lesão baseada no RECIST e volume

Resposta	Sigla	RECIST	Volume da lesão
Resposta Parcial	R	$\geq 30\%$ de redução comparada com o primeiro exame	$> 10\%$ de redução comparada com o primeiro exame
Progressão da Doença	P	$\geq 20\%$ de aumento na somatória dos maiores diâmetros, usando como referência a menor somatória registrada	$> 10\%$ de aumento comparada com o primeiro exame
Doença Estável	E	Não se enquadra em R e P	Não se enquadra em R e P

Utiliza-se os valores do vetor para gerar a matriz de ocorrência, de acordo com a Equação 3. Posteriormente, é gerada a matriz de Transição (Equação 4) com base nos valores da matriz de ocorrência, seguindo os mesmos passos apresentados na Seção 2.2.1.

Vetor de Inicialização do HMM – O vetor de inicialização é gerado com base na probabilidade de mudança do volume para cada ocorrência de *P*, *R* e *E*, conforme Equação 5. Ele representa a probabilidade da lesão iniciar no estado progredindo, regredindo ou estável e serve de entrada para o HMM, juntamente com as matrizes de emissão e transição.

$$\sum_{i=1}^n \frac{P_i}{n} = 1, \tag{5}$$

onde P_i é a quantidade de ocorrência de cada estado, n é a quantidade de estados.

Aplicação do Modelo Oculto de Markov – Modelo Oculto de Markov é um processo duplamente estocástico composto por um processo latente que não é observável (oculto), mas que se manifesta através de um outro processo estocástico o qual produz uma sequência de símbolos observáveis¹⁸.

No HMM, as observações v_i são símbolos emitidos por estados não observáveis S_i , de acordo com determinadas funções probabilísticas. Cada sequência de estados é uma cadeia de Markov de primeira ordem. O conjunto de estados individuais $S = \{S_1, S_2, \dots, S_N\}$, sendo N o número de estados do modelo. O símbolo q_t é o estado no tempo t e M é o número de símbolos distintos observáveis, representados por $V = \{v_1, v_2, \dots, v_M\}$.

O modelo básico de um HMM é constituído de 3 conjuntos de parâmetros principais $\lambda = (A, B, \pi)$:

1. Matriz de probabilidade de emissão dos símbolos observáveis $B = \{b_{jk}\}$: a probabilidade do símbolo v_k ser emitido pelo estado S_j .

$$b_{jk} = P(v_k) \text{ em } t | q_t = S_j, \quad 1 \leq j \leq N \text{ e } 1 \leq k \leq M \tag{6}$$

2. Matriz de Probabilidade de transição de estado $A = \{a_{ij}\}$: a probabilidade de estar no estado S_j no instante de tempo subsequente dado que o estado atual é S_i .

$$a_{ij} = P(q_{t+1} = S_j | q_t = S_i), \quad 1 \leq i, j \leq N \tag{7}$$

3. Vetor inicial de probabilidade $\boldsymbol{\pi} = \pi_i$: a probabilidade de estar em um dado estado no instante inicial de tempo.

$$\boldsymbol{\pi} = P(q_1 = S_i), \quad 1 \leq i \leq N \quad (8)$$

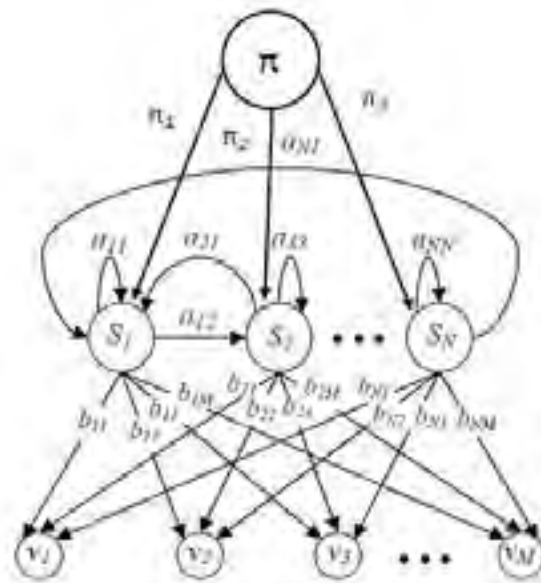


Figura 2: Modelo Proposto: ($\boldsymbol{\pi}$) Vetor de inicialização; (π_i) Probabilidade de inicialização; (S_i) Estados; (v_k) Símbolos observáveis; (α_{ij}) Probabilidade de transição de estados; (b_{jk}) Probabilidade de emissão dos símbolos.

Para tornar possível a execução deste modelo, foram utilizados os algoritmos de Viterbi e Baum-Welch. O primeiro soluciona o problema da decodificação de estados de maneira ótima, sem que o modelo seja descoberto¹⁹. O segundo, é baseado na técnica de otimização *expectation-maximization* (EM), que consiste em obter os parâmetros do modelo de modo iterativo, com uma fase de estimação e outra de maximização. A descrição detalhada do algoritmo pode ser encontrada em Baggenstoss²⁰; Hsiao²¹; Oudelha²²; Cheshomi²³. Os resultados estão apresentados na seção seguinte.

Resultados

Os resultados alcançados neste trabalho foram realizados com 24 lesões pulmonares em tratamento. A partir dessas lesões, foram criados o vetor de inicialização ($\boldsymbol{\pi}$), a matriz de transição (A) e a matriz de emissão (B), para darmos origem ao modelo $\lambda=(A,B)$, baseado na Figura 2.

O vetor de inicialização ($\boldsymbol{\pi}$) foi gerado a partir das probabilidades de uma lesão iniciar nos estados Progredindo (P), Regredindo (R) ou Estabilizando (E). Os valores encontrados foram $P=18$, $R=12$ e $E=4$, totalizando 34 possibilidades. Aplicando a Equação 5, obtemos:

$$\boldsymbol{\pi} = [0,529 \ 0,352 \ 0,11]$$

Na construção da matriz de transição, utilizamos a ocorrência par-a-par de cada estado, conforme Equação 2. De acordo com a Seção 2.2.2, obtemos a matriz de ocorrência dada por:

$$\begin{bmatrix} 1 & 3 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \\ 3 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

em seguida, geramos a matriz de transição baseada na matriz de ocorrência, obtendo:

$$A = \begin{bmatrix} 0,2 & 0,6 & 0,2 \\ 0,5 & 0,5 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Para gerar a matriz de emissão, utilizamos os passos descritos na Seção 2.2.1, obtendo inicialmente a matriz de ocorrência:

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 2 & 0 & 7 \end{bmatrix}$$

e resultando na matriz de emissão:

$$B = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0,333 & 0,333 & 0,333 \\ 0,222 & 0 & 0,778 \end{bmatrix}$$

Encontrados A , B e π , os mesmos são submetidos ao HMM para predição do comportamento da lesão. Dividimos os resultados desta pesquisa de 3 maneiras: a primeira, utiliza a base completa para predição do estado do volume da lesão, a partir das emissões de diâmetro com base nas regras do RECIST; a segunda, separamos as lesões em dois grupos, treino e teste, aplicando o método *leave-one-out*; para predizer qual o estado da lesão, comparada com o volume; por fim, realizamos a predição do estado volumétrico de cada lesão, para analisarmos qual seria o seu comportamento no intervalo de 5 tempos. Os 3 resultados são detalhados nas seções seguintes.

Predição do estado volumétrico da lesão com base no RECIST e Volume – Para este primeiro teste, utilizamos os 24 casos de lesões pulmonares, com o intuito de predizer qual o estado (P , R , E) da lesão. O objetivo deste teste é comparar o estado final do volume da lesão, a partir dos estados observados pelo RECIST. Ou seja, dada uma sequência de observações O e um modelo λ , gerar a probabilidade de estado da lesão no instante futuro.

Para efeito de validação, utilizamos os estados atuais de cada lesão, calculados de acordo com o RECIST, para comparar o estado do final do volume com o resultado predito pelo HMM de cada lesão. Analisando os dados da Tabela 2, podemos observar que, dos 24 casos, apenas 7 foram preditos com “**Erro**” e 17 com “**Acerto**”. O modelo conseguiu uma taxa de acerto de 70,83%.

Predição *leave-one-out* – Para este teste, utilizamos os 24 casos de lesões pulmonares e dividimos os dados em dois grupos (treino e teste), sendo o treino com o número total de lesões menos um, que ficou no teste. Isso se repetiu até que todas as lesões participassem do teste, com o objetivo de predizer qual o estado (P,R,E) futuro a lesão se encontrará. Ou seja, dada uma sequência de observações O adquirida do RECIST, e um modelo λ , predizer qual será o estado da lesão, com base no estado final do volume.

Construímos o vetor de inicialização (π), a matriz de transição (A) e a matriz de emissão (B), da mesma forma, mostrada anteriormente nas Seções, 2.2.1, 2.2.2 e 2.2.3. O treinamento foi realizado com base nos dados analisados e conseqüentemente, foram encontrados os parâmetros do modelo $\lambda=(A,B)$.

Tabela 2: Resultado do HMM aplicado na predição do estado volumétrico da lesão com base no RECIST e volume.

Casos	Nº. Exames	Estado Final da lesão (RECIST)	Estado Final do Volume	Estado Final predito (HMM)	Resultado
1	3	R	R	R	Acerto
2	2	P	P	P	Acerto
3	4	E	R	R	Acerto
4	3	P	E	P	Erro
5	3	E	R	R	Acerto
6	2	P	P	P	Acerto
7	2	P	P	P	Acerto
8	3	P	P	P	Acerto
9	2	E	R	R	Acerto
10	2	P	P	P	Acerto
11	2	E	R	R	Acerto
12	2	E	R	R	Acerto
13	2	E	R	R	Acerto
14	2	E	P	R	Erro
15	2	E	P	R	Erro
16	4	E	R	R	Acerto
17	2	E	P	R	Erro
18	3	E	P	R	Erro
19	4	P	P	P	Acerto
20	2	E	P	R	Erro
21	2	P	P	R	Erro
22	2	P	P	P	Acerto
23	2	E	R	R	Acerto
24	3	E	R	R	Acerto

O modelo foi submetemos ao HMM, para verificar a eficiência do mesmo. Os resultados são apresentados na Tabela 3, e nos permite afirmar que o modelo proposto é promissor, pois desempenhou com sucesso a tarefa de predição do estado volumétrico de lesões pulmonares. Embora sua taxa de acerto tenha sido de 75,00%, os estudos mostram que é possível prever o comportamento volumétrico de lesões pulmonares, para o acompanhamento no tratamento do câncer.

Tabela 3: Resultado do teste de predição *leave-one-out* gerado pelo HMM.

Nº. de Casos	Acerto	Erro	Resultado (%)
24	18	6	75,00

Outra aspecto que devemos levar em consideração, é fato da amostra possuir uma quantidade pequena de casos, além dos intervalos de tempos dos exames serem diferentes, variando de 2 a 4 exames por tempo. Acreditamos que, se os intervalos dos exames forem os mesmos para todos casos e um número maior de casos, poderemos obter melhores resultados.

Predição do comportamento da lesão - Neste teste, fizemos uma predição dos 24 casos de lesões pulmonares para analisarmos qual seria o comportamento do nódulo no intervalo de 5 tempos, entre os exames. Este procedimento é bastante interessante, pois com base no comportamento do estado apresentado pelas lesões pulmonares, de acordo com o RECIST, permite ao especialista vislumbrar se um determinado tratamento estará tendo resultados satisfatórios ou não, permitindo assim, mais eficiência em um determinado tratamento.

Analisando os resultados obtidos, apresentados na Tabela 4, verifica-se que, dos 24 casos, apenas 6 estão regredindo, ou seja, os tratamentos aplicados nos casos 1, 10, 11, 16, 17 e 22, estão surtindo efeito. Nos demais casos, podemos aferir que o tratamento não está fazendo efeito. Outra análise que pode ser dita é o fato de que em nenhum dos casos a lesão se estabilizou após os 5 tempos.

Tabela 4: Resultado da predição do comportamento do estado da lesão pulmonar no intervalo de 5 tempos, aplicando o modelo oculto de Markov.

Casos	Comportamento da lesão (RECIST)	Comportamento predito (HMM)	Resultado
1	ER	RPRPR	Regrediu
2	P	RPRPP	Progrediu
3	E	RRPRP	Progrediu
4	PP	PRPRP	Progrediu
5	EE	PRPRP	Progrediu
6	P	PEPEP	Progrediu
7	P	PRPRP	Progrediu
8	EP	PRPRP	Progrediu
9	E	PRRPP	Progrediu
10	P	RPEPR	Regrediu
11	E	RRRPR	Regrediu
12	E	PRRPP	Progrediu
13	E	PEPEP	Progrediu
14	E	PRPEP	Progrediu
15	E	PEPEP	Progrediu
16	EEE	EPRRR	Regrediu
17	E	PRRRR	Regrediu
18	EE	EPRPP	Progrediu
19	EEP	PPRRP	Progrediu
20	E	PRPEP	Progrediu
21	P	EPRPP	Progrediu
22	P	EPRPR	Regrediu
23	E	PRRRP	Progrediu
24	EE	PEPRP	Progrediu

Pode-se verificar também, nos casos 4, 5, 7 e 8, há irregularidade nos tratamentos, pois os mesmos iniciaram progredindo (*P*), depois regrediram (*R*), em seguida progrediram (*P*), logo depois regrediram (*R*) e novamente voltaram a progredir (*P*). Isso mostra que lesões com este comportamento, geralmente irão progredir.

Conclusão

Este artigo apresentou uma metodologia para predição volumétrica do estado da lesão pulmonar em tratamento. Aplicando o modelo oculto de Markov (HMM) na predição das lesões pulmonares com base no RECIST e volume, produziu resultados promissores. Apesar da amostra pequena de dados, que é uma limitação deste trabalho, afirma-se que o modelo proposto consegue prever o comportamento volumétrico do estado de uma lesão pulmonar em tratamento.

A taxa de acerto desta pesquisa foi de 75%, no melhor caso. Durante os experimentos realizados nesta pesquisa, observou-se que lesões com comportamentos irregulares entre progredindo e regredindo, no intervalo de 5 tempos, aplicando o HMM, geralmente tendem a progredirem.

Nesta pesquisa, destaca-se como principal contribuição a criação de um modelo, através do modelo oculto de Markov para prever o comportamento volumétrico de uma lesão pulmonar em tratamento. Dado seu comportamento nas alterações de diâmetro e volume, prever o comportamento desta lesão em um intervalo de tempo (progrediu, regrediu ou estabilizou). Portanto, este modelo consegue prever o comportamento volumétrico da lesão, proporcionando ao especialista inferir sobre a resposta no tratamento do paciente.

Como trabalho futuro pretende-se aplicar este trabalho em uma amostra de dados maior, com o intuito de obter melhores resultados. Pretendemos também, estender esta pesquisa para ser aplicado em nódulos indeterminados, proporcionando a predição de como esse tipo de nódulo se comportará no tempo.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio e financiamento, desta pesquisa, ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí (IFPI) e a Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão (FAPEMA) pela concessão da ajuda de custo.

Referências

- [1] Instituto Nacional de Câncer José Alencar Gomes da Silva. INCA. [Online].; 2015 [citado em 2015 11 5]. Disponível em: <http://www2.inca.gov.br>.
- [2] Reeves AP, Chan AB, Yankelevitz DF, Henschke CI, Kressler B, Kostis WJ. On measuring the change in size of pulmonary nodules. *IEEE Trans. Med. Imaging*. Vol 25. 2006: p. 435-450.
- [3] Bentzen S, Thames H. Tumor volume and local control probability: clinical data and radiobiological interpretations. *International Journal of Radiation Oncology* Biology* Physics*. 1996: p. 247-251.
- [4] Dubben HH, Thames HD, Beck-Bornholdt HP. Tumor volume: a basic and specific response predictor in radiotherapy. *Radiotherapy and oncology*. 1998: p. 167-174.
- [5] Willner J, Baier K, Caragiani E, Tschammler A, Flentje M. Dose, volume, and tumor control prediction in primary radiotherapy of non-small-cell lung cancer. *International Journal of Radiation Oncology* Biology* Physics*. 2002: p. 382-389.
- [6] Bral S, Duchateau M, De Ridder M, Everaert H, Tournel K, Schallier D, et al. Volumetric response analysis during chemoradiation as predictive tool for optimizing treatment strategy in locally advanced unresectable NSCLC. *Radiotherapy and Oncology*. 2009: p. 438-442.
- [7] Mozley PD, Bendtsen C, Zhao B, Schwartz LH, Thorn M, Rong Y, et al. Measurement of tumor volumes improves RECIST-based response assessments in advanced lung cancer. *Translational oncology*. 2012: p. 19-25.

- [8] Therasse P, Arbuck SG, Eisenhauer EA, Wanders J, Kaplan RS, Rubinstein L, et al. New guidelines to evaluate the response to treatment in solid tumors. *Journal of the National Cancer Institute*. 2000: p. 205-216.
- [9] Eisenhauer E, Therasse P, Bogaerts J, Schwartz L, Sargent D, Ford R, et al. New response evaluation criteria in solid tumours: revised RECIST guideline (version 1.1). *European journal of cancer*. 2009: p. 228-247.
- [10] Ascari REdOS, Borsoi BT, Fávero EMD. Algoritmo evolutivo para predição de dados antropométricos infantis como apoio à tomada de decisão. *Journal of Health Informatics*. 2013; 5(1).
- [11] Marsland S. *Machine learning: an algorithmic perspective*: CRC press; 2015.
- [12] Soliman M, Yaromina A, Appold S, Zips D, Reiffenstuhl C, Schreiber A, et al. GTV differentially impacts locoregional control of non-small cell lung cancer (NSCLC) after different fractionation schedules: subgroup analysis of the prospective randomized CHARTWEL trial. *Radiotherapy and Oncology*. 2013: p. 299--304.
- [13] Chvetsov AV, Sandison GA, Schwartz JL, Rengan R. Ill-posed problem and regularization in reconstruction of radiobiological parameters from serial tumor imaging data. *Physics in medicine and biology*. 2015: p. 8491.
- [14] Rockne R, Rockhill J, Mrugala M, Spence A, Kalet I, Hendrickson K, et al. Predicting the efficacy of radiotherapy in individual glioblastoma patients in vivo: a mathematical modeling approach. *Physics in medicine and biology*. 2010: p. 3271.
- [15] Liu Y, Sadowski SM, Weisbrod AB, Kebebew E, Summers RM, Yao J. Patient specific tumor growth prediction using multimodal images. *Medical image analysis*. 2014: p. 555--566.
- [16] Belfatto A, Riboldi M, Ciardo D, Cattani F, Cecconi A, Lazzari R, et al. Modeling the interplay between tumor volume regression and oxygenation in uterine cervical cancer during radiotherapy treatment. *IEEE journal of biomedical and health informatics*. 2016: p. 596-605.
- [17] Ali L, Hussain A, Li J, Shah A, Sudhakar U, Mahmud M, et al. Intelligent image processing techniques for cancer progression detection, recognition and prediction in the human liver. In *Computational Intelligence in Healthcare and e-health (CICARE), 2014 IEEE Symposium on*; 2014: IEEE. p. 25-31.
- [18] Bunke H, Caelli T. *Hidden Markov models: applications in computer vision*: World Scientific; 2001.
- [19] Liu ZQ, Cai JH, Buse R. *Handwriting recognition: soft computing and probabilistic approaches*: Springer; 2012.
- [20] Baggenstoss PM. A modified Baum-Welch algorithm for hidden Markov models with multiple observation spaces. *Speech and Audio Processing, IEEE Transactions on*. 2001: p. 411-416.
- [21] Hsiao R, Tam YC, Schultz T. Generalized Baum-Welch algorithm for discriminative training on large vocabulary continuous speech recognition system. *Acoustics, Speech and Signal Processing, 2009. ICASSP 2009. IEEE International Conference on*. 2009: p. 3769-3772.
- [22] Oudelha M, Aïnon RN. HMM parameters estimation using hybrid Baum-Welch genetic algorithm. *Information Technology (ITSim), 2010 International Symposium in*. 2010: p. 542-545.
- [23] Cheshomi S, Rahati-Q S, Akbarzadeh-T MR. HMM training by a hybrid of chaos optimization and Baum-Welch algorithms for discrete speech recognition. *Digital Content, Multimedia Technology and its Applications (IDC), 2010 6th International Conference on*. 2010: p. 337-341.

Contato

Otilio Paulo. S. Neto
Professor do Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia do Piauí (IFPI), Teresina,
Brasil
Doutorando da Universidade Federal do
Maranhão (UFMA), São Luís, Brasil
Fone: (86) 98882-6242
Email: otilio.paulo@ifpi.edu.br

Steve Ataky T. M.
Doutorando da Universidade Federal de São
Carlos (UFSCar), São Carlos, Brasil
Fone: (16) 98211-8240
Email: stevatak@gmail.com

Stelmo M. B. Netto
Doutorando da Universidade Federal do
Maranhão (UFMA), São Luís, Brasil
Fone: (98) 98105-7490
Email: stelmo.netto@ufma.br

Aristófanés C. Silva
Doutor da Universidade Federal do Maranhão
(UFMA), São Luís, Brasil
Fone: (86) 3272-9288
Email: ari@dee.ufma.br

Anselmo C. de Paiva
Doutor da Universidade Federal do Maranhão
(UFMA), São Luís, Brasil
Fone: (86) 3272-9288
Email: paiva@deinf.br

PROPOSIÇÃO DO PLANO DE PARTO INFORMATIZADO PARA APOIO A INTEROPERABILIDADE E HUMANIZAÇÃO

Juliana Moraes Carrilho¹, Zilma Silveira Nogueira Reis², Gabriel Costa Osanan³, Ricardo João Cruz Correia⁴

¹ Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Saúde da Mulher da Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, Belo Horizonte (MG), Brasil.

^{2,3} Professor Adjunto do Departamento de Ginecologia e Obstetrícia da Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, Belo Horizonte (MG), Brasil.

⁴ Professor do Departamento de Ciência da Informação e Apoio a Decisão em Saúde da Faculdade de Medicina da Universidade do Porto, Portugal.

Resumo: O Plano de Parto permite o registro das expectativas e preferências da gestante em relação ao parto. Este estudo tem como objetivo formalizar um modelo de referência para o Plano de Parto informatizado e identificar um conjunto de arquétipos para representar seus conceitos. **Método:** Trata-se de um estudo observacional, exploratório e descritivo. Foram identificados e analisados diversos modelos de Plano de Parto. Posteriormente foi realizada a modelagem do documento em dois níveis: um modelo de referência estruturado e a construção do *template* nas especificações *openEHR* a partir de arquétipos disponíveis em uma base de conhecimento clínico. **Resultados:** Os conceitos clínicos do documento foram estruturados a partir de ajustes em arquétipos pré-existentes. A composição foi estruturada em sete seções abordando-se as expectativas das gestantes. **Conclusão:** Espera-se que esta proposta seja um ponto de partida, após sua validação na prática clínica, para viabilizar o acesso ao Plano de Parto em canais informatizados do pré-natal ao parto.

Palavras-chave: parto, cuidado pré-natal, informática em saúde, registros eletrônicos de saúde.

Abstract: *The Birth Plan enables the registry of pregnant women expectations and preferences for childbirth. This study aims to formalize a standardized model for a computerized Delivery Plan and identify a set of archetypes to represent its concepts. Method: This is an exploratory and descriptive observational study. We identified and analyzed several Birth Plan models and subsequently performed the document modeling at two levels: a structured template and then a reference template based on openEHR specifications available in a clinical database. Results: We structured the clinical concepts of the document based on pre-existing archetypes adjustments. The composition structure considered seven sections covering up the expectations of pregnant women. Conclusion: We expect that this standardized model serve as a starting point, after its validation in clinical practice, to enable access to the Birth Plan through computerized channels from pre-natal to childbirth.*

Keywords: *parturition, prenatal care, health informatics, electronic health records.*

Introdução

O Brasil passou por um progresso considerável no último século no que tange à saúde materno-infantil. Apesar de ainda permanecerem desafios, como a redução dos índices de mortalidade materna e infantil, assim como das taxas de cesariana desnecessárias, são inúmeros programas e legislações instituídos pelo Sistema Único de Saúde (SUS) em benefício ao binômio mãe/filho⁽¹⁾.

O Plano de Parto (PP) é uma das estratégias de apoio ao protagonismo da mulher no parto, no qual são descritas as expectativas e preferências da gestante para o término de sua gestação⁽²⁻⁶⁾. O PP foi introduzido no início da década de 1980 nos Estados Unidos, é recomendado desde 1996 pela Organização Mundial de Saúde (OMS), e desde então têm sido publicadas recomendações para seu uso e sua inclusão em legislações brasileiras⁽²⁻⁶⁾.

O cuidado ofertado à gestante deve ser integral e contínuo do pré-natal ao parto, sendo o Plano de Parto parte integrante do pré-natal e do parto⁽¹⁾.

Para que o cuidado seja integral e contínuo, e as expectativas das gestantes sejam consideradas na assistência, as informações relevantes identificadas durante o pré-natal devem estar disponíveis no momento do parto, incluindo-se o acesso ao Plano de Parto⁽³⁾.

O Registro Eletrônico em Saúde (RES) é um repositório de informações de saúde, capaz de ser processado eletronicamente, sendo que o Sistema de Registro Eletrônico em Saúde (S-RES) possibilita o registro, a recuperação e a manipulação das informações de um RES⁽⁷⁾.

A interoperabilidade semântica e sintática entre os S-RES é fundamental para a troca de informações. Os arquétipos são estruturas de representação do conhecimento, pré-acordados e disponibilizados na comunidade mundial *openEHR*⁽⁸⁾. Especificações para as informações clínicas como o *openEHR* e a norma ISO 13606 visam dar suporte ao compartilhamento de dados clínicos entre diferentes S-RES^(8,9).

A modelagem de arquétipos conforme as especificações *openEHR* para construção do Plano de Parto informatizado pode subsidiar a interoperabilidade entre S-RES brasileiros nos diferentes níveis de atenção à saúde materno-infantil, ou seja, entre a atenção básica e as maternidades. Considerando a importância do Plano de Parto, assim como a necessidade da integração das informações na rede de atenção à saúde do pré-natal ao parto, o presente estudo tem como objetivo formalizar um modelo de referência para o Plano de Parto informatizado e identificar um conjunto de arquétipos para representar seus conceitos.

Métodos

Trata-se de um estudo observacional, exploratório e descritivo. Possui caráter interdisciplinar entre a área da saúde e a informática. O desenvolvimento do estudo ocorreu em duas fases.

Na primeira fase foram identificados e analisados os modelos de Plano de Parto disponíveis na literatura e, adicionalmente, foram pesquisados informes técnicos governamentais, protocolos e recomendações da OMS e do Ministério da Saúde do Brasil (MS), além de análise de portarias e leis no âmbito jurídico nacional que abordassem o Plano de Parto.

Essa fase envolveu uma revisão de literatura do tema em publicações científicas, a busca bibliográfica foi realizada na Biblioteca Virtual em Saúde (BVS) e *PudMed*. Utilizou-se nas buscas os seguintes descritores: “*birth plan*”, “*birth plans*”, “plano de parto”, “plano de nascimento” e “*plan de parto*”. Para relacionar os descritores elegidos, aplicou-se o operador booleano “*or*”. Os critérios de inclusão estabelecidos foram publicações de 1980 a julho de 2015, e artigos disponíveis gratuitamente. Os critérios de exclusão foram não abordar no título ou no resumo do artigo informação relacionada aos objetivos do estudo. Os artigos repetidos encontrados nas bases de dados também foram excluídos. A amostra final dessa busca constituiu-se de 59 artigos, que foram lidos na íntegra e discutidos entre os autores da pesquisa.

A segunda fase foi baseada nas especificações *openEHR*⁽¹⁰⁾, que determinam a modelagem realizada em dois níveis: o nível da informação e nível do conhecimento. O primeiro nível consistiu na definição de um modelo de referência (MR) para o PP. Este MR foi proposto a partir dos dados levantados na primeira fase e nas discussões interdisciplinares entre profissionais da área da saúde e da informática, o que permitiu propor um conteúdo mínimo necessário e qual a melhor maneira de representar os conceitos no documento. Em seguida, para cada conceito clínico proposto, foi realizada

uma busca por arquétipos disponíveis na base de conhecimento clínico *Clinical Knowledge Manager (CKM)*, da Fundação *openEHR*⁽¹¹⁾. Após realizar o *download* dos arquétipos selecionados, em formato *Archetype Definition Language (ADL)*, alguns arquétipos foram ajustados para que atendessem aos conceitos clínicos do MR.

Para realizar os ajustes nos arquétipos originários da base *CKM*, utilizou-se a ferramenta *Ocean Arquetype Editor*⁽¹²⁾. Após representação estruturada do Plano de Parto e realizada as alterações dos arquétipos, foi desenvolvido um *template* conforme as especificações *openEHR* utilizando-se o software *Open Source Template Designer*⁽¹²⁾.

Resultados e Discussão

A Secretaria Municipal de Saúde da Prefeitura de Belo Horizonte (SMSA–PBH) já apoia a estratégia do Plano de Parto ao inseri-lo na versão impressa do cartão de pré-natal, além de publicitar um informe técnico com foco no Plano de Parto⁽¹³⁾. Dentre os modelos encontrados na revisão de literatura, o modelo proposto pela SMSA–PBH foi selecionado para adaptação ao modelo informatizado, pois representa a prática vigente na comunidade em que o presente estudo acontece.

Para abranger os itens abordados na legislação nacional e nas publicações científicas, e visando melhor usabilidade da ferramenta, alguns tópicos foram alterados e outros incluídos considerando o conteúdo mínimo identificados na segunda fase do projeto. O modelo de referência (MR) foi estruturado em sete seções conforme demonstrado na Figura 1. Foram utilizados dez arquétipos diferentes, sendo que um mesmo arquétipo atendeu a mais de uma entrada e seção.

Para atender aos conceitos clínicos definidos no MR, os seguintes arquétipos originários do *Clinical Knowledge Manager (CKM)* foram utilizados⁽¹¹⁾:

1. *openEHR-DEMOGRAPHIC-CLUSTER.person_birth_data_iso.v1*
2. *openEHR-DEMOGRAPHIC-PARTY_IDENTITY.organisation_name.v1*
3. *openEHR-EHR-COMPOSITION.obstetric_history.v1*
4. *openEHR-EHR-EVALUATION.pregnancy_summary.v1*

A proposição do Plano de Parto informatizado modelado em arquétipo é de caráter inovador nos âmbitos nacional e internacional e vem reforçar a necessidade de criar mais soluções informatizadas nessa área.

Os arquétipos localizados no *CKM* precisaram ser ajustados ao contexto do nascimento de forma a atender os conceitos clínicos previstos no MR. A ferramenta *Ocean Arquetype Editor*, permite a criação de arquétipos *openEHR*, como também realizar ajustes em arquétipos já existentes obtidos no *CKM*⁽¹¹⁾.

Por meio dessa ferramenta, foi possível desabilitar nos arquétipos pré-existent, os metadados que não se enquadravam nos conceitos estabelecidos para o Plano de Parto informatizado.

Os seguintes arquétipos originários do *CKM* foram ajustados⁽¹¹⁾:

1. *openEHR-DEMOGRAPHIC-PERSON.person-patient.v1*
2. *openEHR-DEMOGRAPHIC-PARTY_IDENTITY.person_name.v1*
3. *openEHR-DEMOGRAPHIC-PARTY_IDENTITY.person_name-individual_provider.v1*
4. *openEHR-EHR-EVALUATION.obstetric_summary.v1*
5. *openEHR-EHR-EVALUATION.pregnancy_summary.v0*
6. *openEHR-EHR-ACTION.care_plan.v1*

A Tabela 1 apresenta os conceitos clínicos para o modelo de referência (MR) do Plano de Parto, organizado em seções e suas entradas, com a fonte de seus respectivos arquétipos, simbolizando quais arquétipos precisaram ser alterados para representar o conceito clínico de uma determinada entrada.

Um mesmo arquétipo, o *care_plan*, foi ajustado dezoito vezes, pois representou dezoito entradas com conceitos clínicos distintos, sendo ajustada sua descrição que é específica para determinada entrada, mas mantendo seu propósito que, no geral, representa um plano de cuidado⁽¹¹⁾.

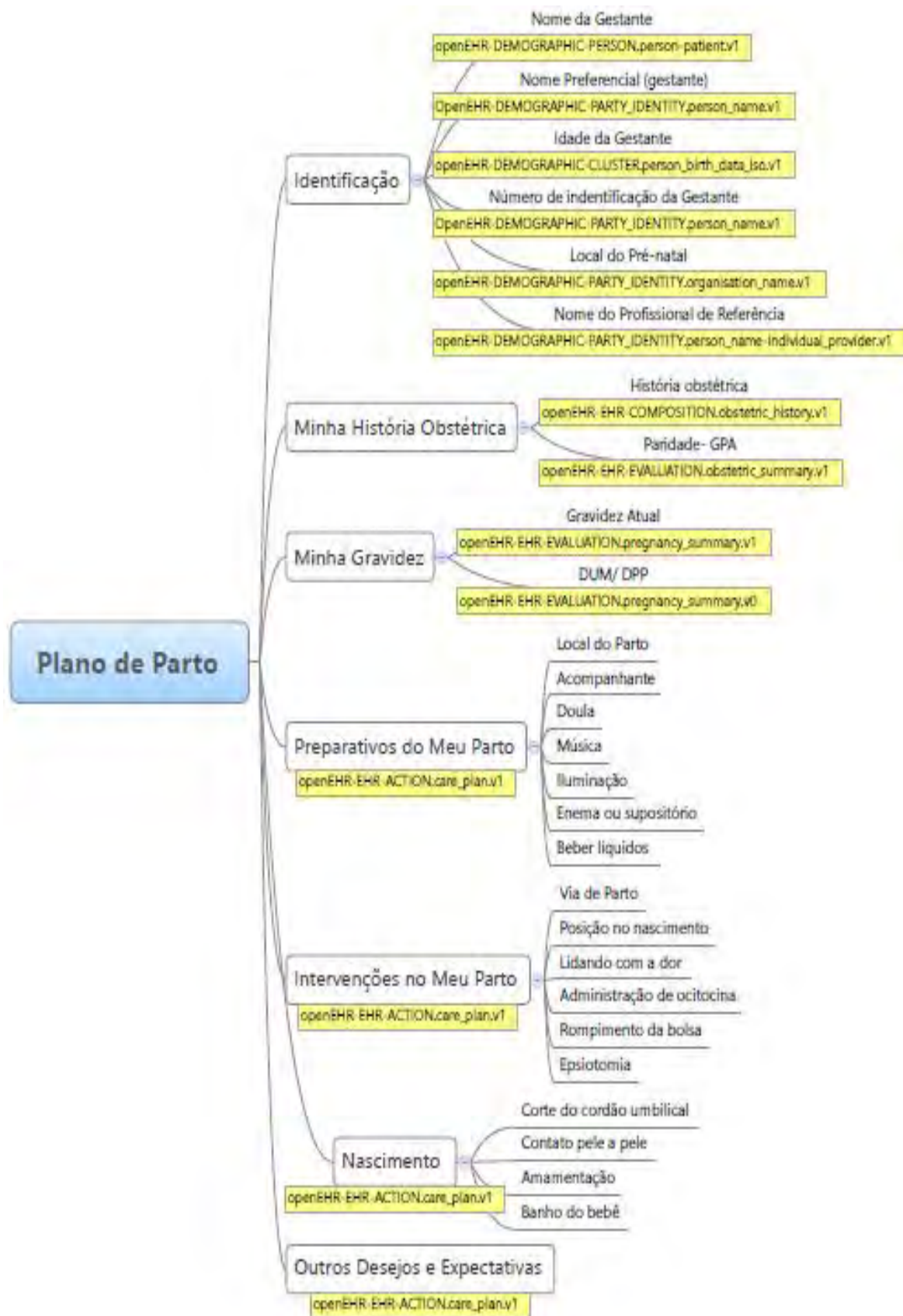


Figura 1: Modelo de referência proposto na forma de mapa mental, representando os dados clínicos para o Plano de Parto informatizado.

Tabela 1: Conceitos clínicos abordados no modelo de referência para o Plano de Parto informatizado e a fonte de seus respectivos arquétipos.

Seção	Entradas	Arquétipo CKM	Ajuste de Arquétipo CKM
Identificação	Nome da gestante	-	person-patient.v1
Identificação	Nome preferencial	-	person_name.v1
Identificação	Idade da gestante	person_birth_data_iso.v1	-
Identificação	Nº de identificação	-	person_name.v1
Identificação	Endereço gestante	-	person-patient.v1
Identificação	Local do Pré-natal	organisation_name.v1	-
Identificação	Referência profissional	-	person_name-individual_provider.v1
Minha História Obstétrica	História Obstétrica	obstetric_history.v1	-
Minha História Obstétrica	Paridade- GPA	-	obstetric_summary.v1
Minha Gravidez	Gravidez atual	pregnancy_summary.v1	-
Minha Gravidez	DUM/ DPP	-	pregnancy_summary.v0
Preparativos do Meu Parto	Local do parto	-	care_plan.v1
Preparativos do Meu Parto	Acompanhante	-	care_plan.v1
Preparativos do Meu Parto	Doula	-	care_plan.v1
Preparativos do Meu Parto	Música	-	care_plan.v1
Preparativos do Meu Parto	Iluminação	-	care_plan.v1
Preparativos do Meu Parto	Enema/ supositório	-	care_plan.v1
Preparativos do Meu Parto	Beber líquidos	-	care_plan.v1
Intervenções no Meu Parto	Via de parto	-	care_plan.v1
Intervenções no Meu Parto	Posição	-	care_plan.v1
Intervenções no Meu Parto	Lidando com a dor	-	care_plan.v1
Intervenções no Meu Parto	Ocitocina	-	care_plan.v1
Intervenções no Meu Parto	Romper a bolsa	-	care_plan.v1
Intervenções no Meu Parto	Epsiotomia	-	care_plan.v1
Nascimento	Cordão umbilical	-	care_plan.v1
Nascimento	Contato Pele a pele	-	care_plan.v1
Nascimento	Amamentação	-	care_plan.v1
Nascimento	Banho do bebê	-	care_plan.v1
Outros Desejos e expectativas	-	-	care_plan.v1

O arquétipo *care_plan* foi o mais utilizado, pois representa o conceito de plano de cuidados (Figura 2). É utilizado para representar atividades desenvolvidas para se atingir um resultado específico do cuidado, seja ele de responsabilidade do profissional de saúde e/ou do próprio paciente. Permitirá registrar as expectativas da gestante durante o pré-natal e, posteriormente, seu desfecho durante a execução no processo de assistência ao parto⁽¹¹⁾.

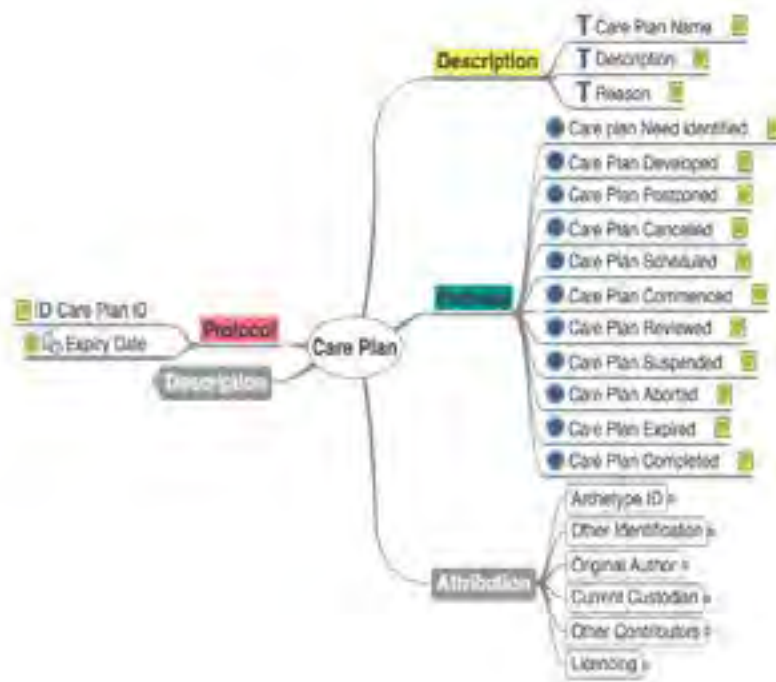


Figura 2: Arquétipo *care-plan* conforme especificações *openEHR*⁽¹¹⁾

Na etapa de identificação de uma questão em um registro eletrônico de saúde, é demandado mais conhecimento clínico do que o conhecimento técnico⁽¹⁴⁾. Essa tarefa é predominantemente do profissional de saúde, enquanto a modelagem demanda equipe multidisciplinar. A integração de conhecimentos tanto da área da saúde quanto da área da informática, mostrou-se essencial para tornar o projeto viável. Outros autores também elucidam sobre o trabalho multiprofissional nesta área e descrevem que para o desenvolvimento de arquétipos é importante o processo colaborativo e o envolvimento de equipe multidisciplinar⁽¹⁵⁾.

O fato de um MR para o Plano de Parto informatizado com foco na interoperabilidade ainda não ter sido explorado, tornou seu desenvolvimento um desafio e um projeto inovador, fornecendo assim, subsídios para novas pesquisas nessa temática. Pretende-se, no futuro, utilizá-lo como projeto-piloto no cuidado longitudinal prestado durante o pré-natal e o nascimento no Hospital das Clínicas da UFMG. No entanto, o modelo é generalizável para quaisquer trocas entre sistemas nas especificações *openEHR* e, para isso, pretende-se disponibilizá-lo livremente na comunidade *openEHR*⁽¹¹⁾.

No Brasil, ainda é apontada uma carência de S-RES na área da saúde da mulher. É cada vez mais demandado um S-RES capaz de gerar um melhor retorno para a prática clínica nessa área, sendo o envolvimento dos profissionais de saúde e assim como dos pacientes, descrito como necessário tanto para melhoria do desenvolvimento quanto da utilização destes sistemas⁽¹⁶⁾

No que tange à saúde da gestante, é essencial sua vinculação na atenção básica para realização do pré-natal e puerpério, já com indicação de uma maternidade de referência para o parto. Para o acolhimento e a vinculação em rede de cuidado hierarquizado, é preciso promover a aproximação entre atenção básica e maternidade, com possibilidade de desenvolver ações educativas e estimular as boas práticas na atenção ao parto e ao nascimento, possibilitando a oferta de um cuidado integral e contínuo⁽¹⁾.

O uso de tecnologias da informação em saúde é considerado uma estratégia capaz de melhorar a qualidade da assistência ofertada à gestante, melhorar a continuidade dos registros, incentivar a

completude dos dados, fornecer apoio à decisão e, até mesmo, reduzir a incidência de erros clínicos na área obstétrica^(17,18). Em relação aos registros de saúde em papel, estes possuem limitações importantes que podem dificultar a continuidade do cuidado, como dados ilegíveis, incompletos, não padronizados ou inválidos, e não favorecerem o acesso aos dados para pesquisa ou avaliação de um serviço^(19,20). Dessa forma, o Plano de Parto informatizado seria uma ferramenta capaz de contribuir na continuidade do cuidado materno-infantil humanizado e qualificado no momento do parto.

Por outro lado, também a participação direta do paciente nas decisões sobre sua saúde e na composição de seu registro longitudinal de saúde é tema recente e desafiador. No território nacional, já se fala há mais de uma década na humanização do parto tendo a mulher como protagonista no seu processo de parturição. Sendo assim, o plano de parto vem culminar e enfatizar esse direito. A legislação brasileira e os protocolos de atenção materno-infantil recomendam formalmente o PP e, assim contribuem para maior utilização dessa ferramenta, com o intuito de melhorar a assistência obstétrica no país⁽¹⁻⁶⁾. A mulher e a família também devem ter participação ativa na gestação, receber informações apropriadas na atenção ao parto e ao nascimento, elaborar o Plano de Parto e ter acesso a uma assistência baseada em conhecimento atualizado⁽¹⁾.

Conclusão

A proposta do Plano de Parto informatizado modelado em arquétipos deverá, em uma próxima etapa, ser validado na prática clínica. Espera-se que esta proposta seja um ponto de partida para viabilizar o acesso ao Plano de Parto em canais informatizados entre os níveis de atenção à saúde materno-infantil e, assim, fomentar a continuidade do cuidado humanizado do pré-natal ao nascimento.

Agradecimentos

Agradecimentos aos órgãos financiadores desta pesquisa: FAPEMIG e Fundação Bill & Melinda Gates.

Referências

- [1] Brasil. Ministério da Saúde. Humanização do parto e do nascimento / Ministério da Saúde. Universidade Estadual do Ceará. Cadernos HumanizaSUS; v.4. – Brasília (DF): Ministério da Saúde; 2014.
- [2] Simkin P. Birth plans: After 25 years, women still want to be heard *Birth*.2007;34(1):49–51.
- [3] World Health Organization. Department of Reproductive health and research. Care in normal birth: a practical guide.WHO/FRH/MSM/96.24. Geneva: WHO;1996. Disponível em: http://www.who.int/maternal_child_adolescent/documents/who_frh_msm_9624/en/. Acesso em 25 abr. 2015.
- [4] Brasil. Ministério da Saúde. Portaria N° 1.020, de 29 de maio de 2013. Disponível em:http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2013/prt1020_29_05_2013.html. Acesso em 13 abr.2016.
- [5] São Paulo. Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo. Lei nº 15.759, de 25 de março de 2015. Disponível em: <http://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/2015/lei-15759-25.03.2015.html>. Acesso em 13 abr. 2016.
- [6] Belo Horizonte. Secretaria Municipal de Governo. Lei nº 10.843, de 18 de setembro de 2015. Disponível em: <http://portal6.pbh.gov.br/dom/iniciaEdicao.do?method=DetalheArtigo&pk=1149827>. Acesso em 13 abr. 2016.
- [7] Sociedade Brasileira de Informática em Saúde. Manual de Certificação para Sistemas de Registro Eletrônico em Saúde (S-RES). Marcelo Lúcio da Silva, 2013.

- [8] Beale T, Heard S. Archetype Definitions and Principles. The openEHR foundation release 1.0.1,2007.Disponível em: http://www.openehr.org/releases/1.0.1/architecture/am/archetype_principles.pdf. Acesso em 15 de jan. 2016
- [9] Moreno-Conde A, Moner D, Cruz WD, Santos MR, Maldonado JA, Robles M, et al.Clinical information modeling processes for semantic interoperability of electronic health records: systematic review and inductive analysis. *J Am Med Inform Assoc* 2015; 22:925–934.
- [10] Beale T, Heard S. Architecture Overview.The openEHR foundation release 1.0.2, 2008. Disponível em: <http://www.openehr.org/releases/1.0.2/architecture/overview.pdf>. Acesso em 20 dez. 2015.
- [11] OpenEHR- CKM. openEHR Foundation- Clinical Knowledge Manager. Disponível em: <http://openehr.org/ckm/>. Acesso em 20 dez. 2015.
- [12] OpenEHR. openEHR Foundation- Modelling Tools. Disponível em: <http://www.openehr.org/downloads/modellingtools> . Acesso em 20 dez. 2015.
- [13] Belo Horizonte. Secretaria Municipal de Saúde de Belo Horizonte. Assistência ao Parto e Nascimento: Diretrizes para o cuidado multidisciplinar. –Belo Horizonte (MG); 2015.
- [14] Departamento de Informática em Saúde- DIS/EPM. Universidade Federal de São Paulo/ Escola Paulista de Medicina. Sistemas de Informação em Saúde. 2000. Disponível em: http://www.virtual.epm.br/material/tis/mat_apoio/SIS/SIS.pdf. Acesso em 27 out. 2013.
- [15] Hovenga EJS, Garde S, Carr T, Hullin CM. Innovative approaches and processes for capturing expert aged care knowledge for multiple purposes. *Electronic Journal of Health Informatics*. 2007; 2(1): 1-13.
- [16] Reis ZSN, Correia RJC, Pereira AC. Sistemas eletrônicos de informação na assistência e pesquisa em saúde da mulher: para quando um maior envolvimento dos profissionais de saúde? *Rev Bras Ginecol Obstet*. 2011;33(3):107-10.
- [17] George J, Bernstein PS. Using electronic medical records to reduce errors and risks in a prenatal network. *Curr Opin Obstet Gynecol*. 2009;21(6):527-31.
- [18] Riley M, Galang S, Green LA.The Impact of Clinical Reminders on Prenatal Care. *Fam Med* 2011; 43(8):560-5.
- [19]Tannure MC, Lima APS, Oliveira CR, Lima SV, Chianca TCM. Processo de Enfermagem: comparação do registro manual versus eletrônico. *J. Health Inform*. 2015;7(3): 69-74.
- [20] Marin HF, Massad E, Neto RSA. Prontuário eletrônico do paciente: definições e conceitos. In: Massad E, Marin HF, Azevedo Neto, RS. O prontuário eletrônico do paciente na assistência, informação e conhecimento médico.São Paulo:USP; 2003. p.1-20.

Contato

Juliana Moraes Carrilho

E-mail: juliana.m.carrilho@gmail.com

DETECÇÃO DE ARTEFATOS ESTRANHOS EM RADIOGRAFIAS DE TÓRAX

Afonso Ueslei da Fonseca^{1*}, BSc; Fabrízio Alphonsus A. M. N. Soares, PhD;
Leandro Luís Galdino de Oliveira, PhD.

Instituto de Informática, Universidade Federal de Goiás.
Goiânia, Goiás – Brasil.

Resumo: A radiografia de tórax é um dos exames preconizados para detecção de pneumonia na infância pela Organização Mundial de Saúde. Durante a execução do exame é comum encontrar artefatos nessas imagens radiográficas como: rótulos de identificação, marcas de dedos, botões de camisa, dentre outros, principalmente quando digitalizadas por meio de câmeras fotográficas. Esses artefatos além de tirarem o anonimato da radiografia, afetam significativamente sua análise por sistemas informatizados de detecção e suporte a identificação de doenças. Este trabalho apresenta um método eficiente para identificação dos artefatos, composto de 3 etapas principais: filtragem de *pixels* baseada em histograma, detecção de bordas com algoritmo de Roberts e filtragem espacial por filtro de desvio padrão. Este método foi experimentado em uma base de 200 imagens e inspecionado visualmente para identificação de erros. Resultados experimentais como, eficiência (tempo processamento/radiografia) ≈ 7 ms e precisão de 0,98 demonstram que o método é bastante promissor.

Palavras-chave: Radiografia Infantil, Processamento de Imagem Assistida por Computador, Detecção de objetos.

Abstract: Chest radiography is one of recommended imaging test by World Health Organization for childhood pneumonia diagnosis. However, during patient examination is very usual finding artifacts in these images, such as identification labels, fingerprints, shirt buttons, and so forth. Moreover, when these images are digitally scanned, other problems raise such as noise, brightness control and so on. Artifacts can reveal private data and expose patient identification. Furthermore, these artifacts can significantly damage automatic analysis by computer diagnosis aided systems. This works presents an efficient method for artifact identification composed by 3 main stages: histogram based pixel filtering, edge detection with Roberts algorithm and standard deviation spacial filtering. This method has been experimented upon 200 images database and presented about 7ms of time processing per image. Visually inspection was used to error measuring and we achieve 0,98 of precision. As a result of this, the method demonstrate a very promising preprocessing tool.

Keywords: Chest X-ray; Computer aided; Image processing; Object detection; Child

Introdução

Imagens digitalizadas de radiografias de tórax compõem uma preciosa fonte de informação para estudo, treinamento, investigação e auxílio a diagnóstico principalmente em sistemas informatizados^{1,2}. Inúmeros bancos de dados como JSRT³, SCR⁴, ©HARRY⁵, Chandrasekhar⁶, JAEGER⁷ estão disponíveis com os mais variados tipos de radiografia, adquiridas com diferentes configurações e aparelhos o que permite uma boa amostragem para análises automatizadas por computador.

A organização mundial de saúde (OMS) recomenda e tem como preconizado para detecção de pneumonia na infância o exame de radiografia de tórax⁸, dada à sua simplicidade e o seu baixo custo.

^{1*} Autor correspondente: Afonso Ueslei da Fonseca. e-mail: afonso@inf.ufg.br

Entretanto radiografias pediátricas – crianças menores de 5 anos – comumente apresentam grande heterogeneidade. Por exemplo, além das diferenças de configurações e aparelhos, são ainda afetadas pela questão técnica relativa ao profissional e ao posicionamento e manobra dos pacientes nessa faixa etária e que reduz ainda mais a qualidade da radiografia⁹. A Figura 1 mostra exemplos de radiografias pediátricas com presença de artefatos.

Além dos problemas técnicos apresentados, por questões de ética, privacidade e segurança é também desejável que tais imagens preservem o anonimato^{10,11} do paciente. Da mesma forma, é necessária uma mínima qualidade para que o processamento por algoritmos de análise automática tenham eficiência¹². Assim, a remoção de artefatos é de substancial contribuição visto que favorecem o anonimato e contribuem com a performance do processamento^{12,13,14,15}.

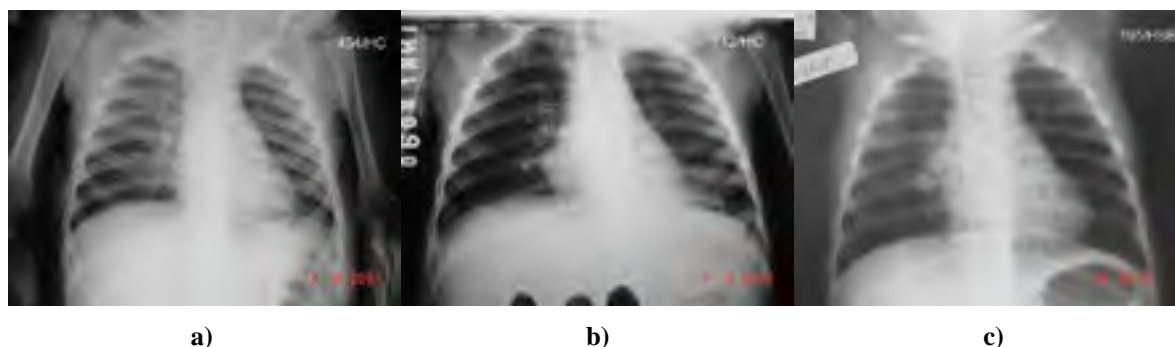


Figura 1 – Exemplos de imagens com presença de artefatos estranhos: a) radiografia com identificação textual à direita b) radiografia com marcas de dedos na região inferior, c) radiografia com etiquetas na parte superior esquerda.

Sistemas informatizados de detecção e apoio a identificação de doenças vem se tornando a cada dia mais comuns em ambientes hospitalares, quer seja auxiliando no treinamento de profissionais, ou servindo de suporte a identificação de doenças^{2,16,17,18,19}. Isso reforça ainda mais a importância de tais sistemas e a necessidade de que tenham eficiência naquilo que propõem.

No que tange a imagens radiografias estudos recentes têm endereçado a detecção e remoção de objetos estranhos em radiografias de tórax. Hogeweg¹³, trabalhou a detecção usando classificação de *pixels* supervisionada combinada com um classificador KNN, e uma segmentação pós-processamento dos *pixels* por regiões sobre certo limiar. Xue¹² usou dois métodos, um baseado na transformada circular de Hough e outro no algoritmo de Viola-Jones para detecção de botões. Em ambos os trabalhos fez-se uso de métodos supervisionados que exigem etapa de treinamento. Em Hogeweg¹⁴ trabalhou a detecção de estruturas translúcidas alongadas por meio de filtragem subespacial por *Blind Source Separation* (BSS) realizada por meio da análise de componentes principais (PCA). Em todos os trabalhos apenas a região dos pulmões foi considerada para aplicação dos métodos.

Este trabalho propõe a detecção de artefatos em toda a área da radiografia a partir da combinação de filtragem de *pixels* baseada em histograma, detecção de bordas com algoritmo de *Roberts* e filtragem espacial por filtro de desvio padrão.

O artigo é organizado nas seguintes seções: A base de dados usada nesse trabalho; detalhes dos passos do método proposto para detecção automática de artefatos; discussão dos resultados e conclusão.

Base de dados de radiografia de tórax infantil

Para a detecção dos objetos contamos com uma base de dados de radiografias posterior de tórax obtida do resultado do Programa de Vigilância de Pneumonia Radiológica em Crianças do Município de Goiânia, cidade com população estimada em 2015 de 1.430.697 habitantes²⁰. A Secretaria de Saúde

iniciou em julho de 1999 a vacinação contra o Hib nos serviços locais de saúde, e concomitantemente foi implementado um sistema de vigilância populacional de pneumonias adquiridas na comunidade admitidas em hospitais pediátricos da cidade. Vinte hospitais pediátricos participaram do estudo, que contemplam 85% das internações por pneumonia no município.

O sistema de vigilância teve início em maio de 2000. Crianças menores de cinco anos, com infecção respiratória aguda atendida pelos pediatras nos ambulatórios dos serviços de saúde com diagnóstico clínico sugestivo de pneumonia eram encaminhadas para radiografia de tórax.

Na admissão hospitalar, uma ficha clínico-epidemiológica era preenchida e as radiografias de todos os casos potenciais eram fotografadas com câmeras digitais (Mavica FD90) de alta resolução, de acordo com especificações e configurações recomendadas pela Organização Mundial da Saúde/OMS.

As fotos digitais eram imediatamente enviadas para os dois radiologistas treinados para interpretar as radiografias de acordo com procedimentos padronizados durante workshop realizado em Santiago - Chile, patrocinado pela OMS/PAHO. Assim, “caso de pneumonia radiológica” foi determinado nas seguintes situações: 1) presença de apenas opacidade alveolar; 2) presença de qualquer tipo de opacidade (alveolar, intersticial ou mista) associada a derrame pleural; 3) apenas derrame pleural.

A base de dados contém cerca de 23.000 imagens (padrão técnico adequado em 85% delas) provenientes das radiografias de tórax de crianças com suspeita clínica de pneumonia. A base constitui um excelente acervo digital para construção de um sistema especialista de visão computacional que possa gerar evidências e contribuir para tomada de decisão na prática clínica. Esta base de dados encontra-se armazenada no Departamento de Saúde Coletiva da Universidade Federal de Goiás (IPTSP/UFG).

A aprovação ética para esta investigação foi concedida pelo Comitê de Ética da Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Brasil (protocolo nº. 100/11).

Método proposto

O método consiste de 3 etapas principais executados em toda a imagem: filtragem de *pixels* baseada em histograma, detecção de bordas por *Roberts* e filtragem espacial por filtro de desvio padrão. Complementarmente, em todas as etapas, operações morfológicas são realizadas para remover ruídos. Ao final, os resultados dos estágios são então combinados para obtenção de uma máscara final que cubra os *pixels* correspondentes aos objetos identificados. A Figura 2 mostra um esquema geral do método proposto.

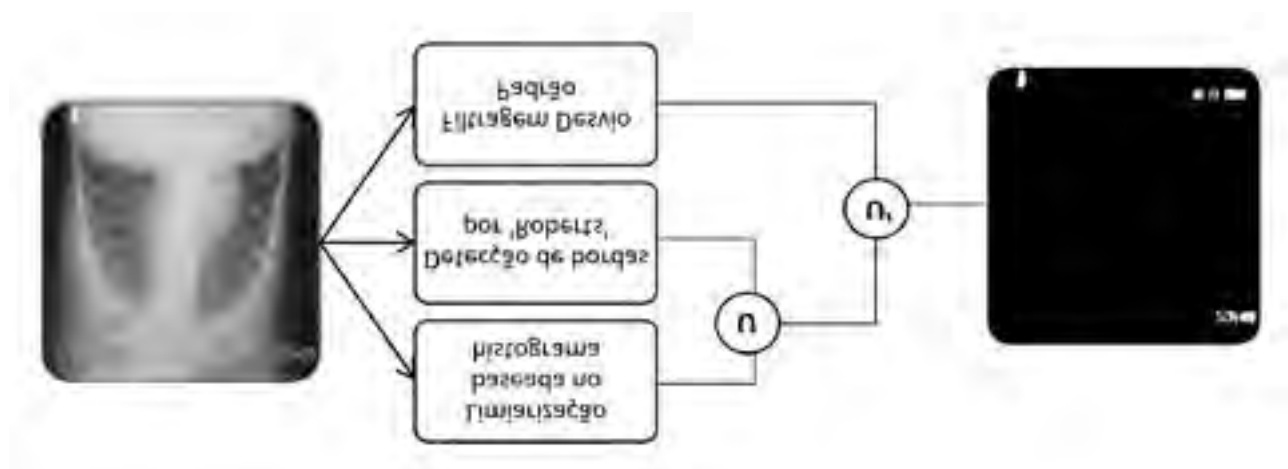


Figura 2 – Visão geral do método proposto, uma imagem de entrada é submetida a etapas de processamento e a saída é uma máscara das informações estranhas identificadas.

Limiarização baseada em histograma

Suponha que uma imagem I tenha N pixels com L níveis de cinza $L = \{0, 1, \dots, L-1\}$ o histograma da imagem é indicado por $h(i)$, $i=0, \dots, L-1$ onde $h(i)$ representa o número de pixels com o nível de cinza i , o desvio padrão do histograma é indicado $desvp(h)$ e dado t o valor de limiar correspondente a $1/6$ de $desvp(h)$. Seja $f(x,y)$ as coordenadas de um pixel na imagem bidimensional, a filtragem $g(x,y)$ de I é obtida pela seguinte limiarização:

$$g(x,y) = \begin{cases} 1 & \text{para todo } f(x,y) \text{ de intensidade } i \text{ tal que } h(i) < t \\ 0 & \text{para todo } f(x,y) \text{ de intensidade } i \text{ tal que } h(i) > t \end{cases}$$

A filtragem resulta em uma imagem indicada por I_{hist} que representa uma máscara dos pixels da imagem com menor taxa de amostragem, em seguida I_{hist} é submetida a duas operações morfológicas, quais sejam:

*Majority*² seta um pixel para 1 se 5 ou mais pixels de uma vizinhança [3x3] tiverem valor 1, caso contrário seta para 0.

*Spur*¹

remove pixels esporões, por exemplo:

0	0	0	0	0	0	0	0	C
0	0	0	0	0	0	0	0	C
0	0	1	0	0	0	0	0	C
0	1	0	0	0	1	0	0	C
1	1	0	0	0	1	1	0	C

Detecção de bordas por ‘Roberts’

Essa detecção de bordas é obtida usando a aproximação das derivadas de Roberts²¹ e retorna as extremidades nos pontos de uma imagem onde o gradiente de I é máximo, isso resulta em uma borda em regiões da imagem onde o limites são bem definidos. Seja I_{rob} a imagem resultante da detecção de bordas de I pelo operador de Roberts, sobre ela a fim de promover ligação de pontos de descontinuidade, remover pequenos ruídos, e preencher buracos são realizadas as seguintes operações morfológicas:

*Bwareaopen*²

remoção de objetos com menos de S pixels. O tamanho de S foi definido empiricamente levando em conta o tamanho médio dos objetos presentes nas radiografias de nossa base de dados.

*Imdilate*²

ligação dos pontos descontínuos através de um elemento estruturante definido como $[(1\ 1\ 1\ 1\ 1)\ (1; 1; 1; 1; 1)]$.

*Imfill*²

preenchimento de buracos.

*Imerode*²

erosão por um elemento estruturante em forma de disco com raio igual a 3.

² *Majority*, *Spur*, *bwareaopen*, *imdilate*, *imfill*, *imerode* são funções de processamento digital de imagens presentes no programa *Matlab*^[21] para execução de operações morfológicas^[20].

Filtragem desvio padrão

Sobre a imagem I é aplicado uma filtragem pelo desvio padrão²¹ local gerando uma nova imagem I_{desvp} que é submetida a uma limiarização que seta em '1' todos os valores de intensidade se estes são maiores que 3 vezes o seu desvio padrão e em '0' caso contrário. Em seguida, sobre o resultado são aplicadas as mesmas operações morfológicas realizadas na imagem anterior I_{rob} .

Combinação dos resultados das etapas principais

Para se obter o melhor de cada etapa são realizadas sobre as imagens I_{hist} , I_{rob} e I_{desvp} as seguintes operações:

$I_{hisbr} = I_{hist} \cup I_{rob}$, que representa a união das duas imagens.

$I_{mask} = I_{hisbr} \cup' I_{desvp}$, aqui união representada por U' por se tratar de operação adapta.

A operação U' que gera I_{mask} é obtida pela união de dos elementos de I_{desvp} com aqueles elementos de I_{hisbr} que tenha ao menos um ponto de interseção com I_{desvp} . A Figura 3 mostra um exemplo das duas operação de união.

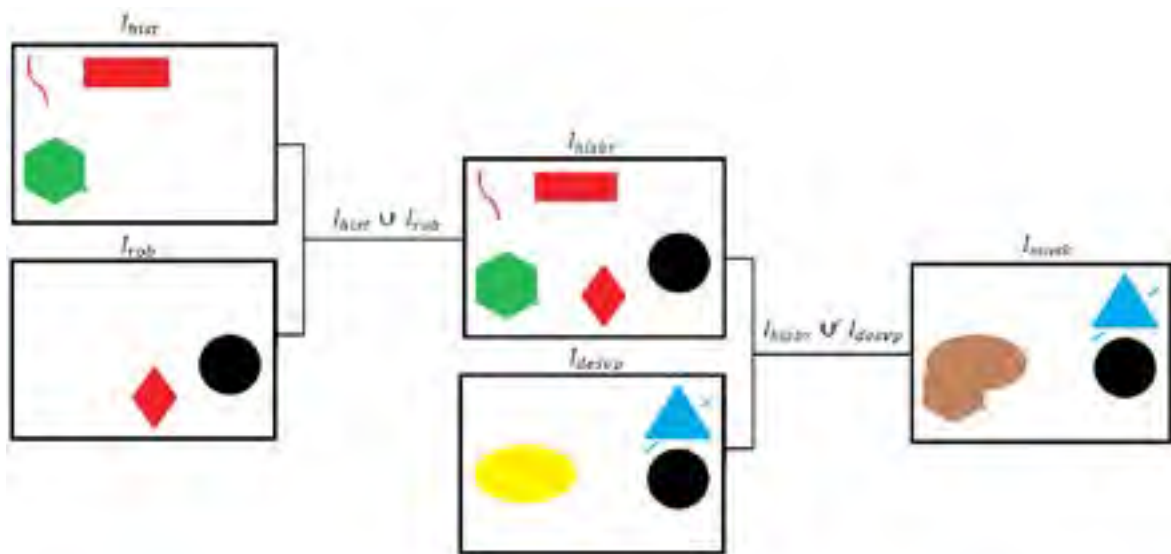


Figura 3 - Em I_{hisbr} temos a união simples entre I_{hist} e I_{rob} . Em I_{hisbr} o objeto de cor verde representa aquele que tem pelo menos um ponto de interseção com I_{desvp} e os de cor vermelha representam o contrário. Em I_{desvp} objetos de cor azul representam elementos sem interseção com I_{hisbr} e o de amarelo o contrário. Em I_{mask} observa-se que todos os objetos de I_{desvp} foram preservados enquanto que os de I_{hisbr} preservou apenas aquele que tinham alguma interseção com I_{desvp} (objeto de cor verde). Em I_{mask} o objeto de cor marrom representa a união dos elementos com interseção.

Após a operação de U' a imagem resultante I_{mask} é submetida a uma operação que a compara com sua respectiva esqueletização, então para cada objeto cujo esqueleto represente mais de 1/3 da sua área este então é removido de I_{mask} . Dessa forma objetos como linhas alongadas e pequenos pontos são removidas de I_{mask} . O resultado final pode ser observado no exemplo da Figura 4.

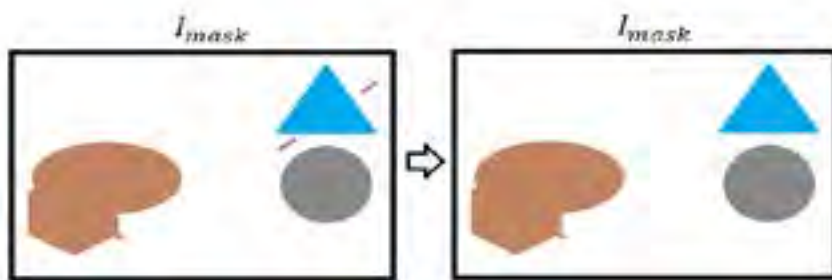


Figura 4 - Imagem I_{mask} final após remoção de artefatos com área do esqueleto superior a 1/3 da área do artefato que o originou. Observe artefatos em forma de traços (cor lilás) foram removidos.

Resultados e discussão

Para a realização dos experimentos foram extraídas 200 imagens da base descrita anteriormente, todas contendo artefatos estranhos. Para assegurar uma maior homogeneidade das amostras, das imagens selecionadas, 100 possuem presença de infiltrações pulmonares (pneumonia), 50 são de parênquima normal, e outras 50 não possuem diagnóstico conclusivo (imagens de baixa qualidade visual). As imagens estão no padrão RGB, com 768×1024 pixels e 255 níveis de intensidade em cada canal e armazenadas em formato JPEG²³. Nenhum pré-processamento foi realizado antes da submissão destas ao método proposto.

Para a condução dos testes foi utilizado o software Matlab R2014a²² em um computador com processador Core™ i5-2500 CPU @3.30Ghz, memória RAM 8 GB, com Windows 7 - 64 bits.

O tempo de execução total sobre as 200 radiografias foi de 147.7408 segundos dando uma média de 0.7387 ms, mostrando a eficiência do método proposto e sua habilitação para uso em sistemas de tempo real.

Para avaliação do método, as radiografias foram inspecionadas manualmente uma a uma e então foram contabilizados 3.422 artefatos a serem confrontados com aqueles detectados pelo método. Cada artefato detectado (região da sua máscara) foi definido como um *blob*^{3 24} seguindo os critérios de tamanho mínimo de 128 pixels, detecção válida somente se a máscara cobre todo o artefato da imagem original e contabilização única de artefatos sobrepostos.

A Figura 5 mostra exemplos de artefatos encontrados nas radiografias e os *blob*'s correspondentes, cada *blob* tem uma única cor e corresponde a máscara do artefato identificado.

3 Blob – binary large object – do inglês grande objeto binário.

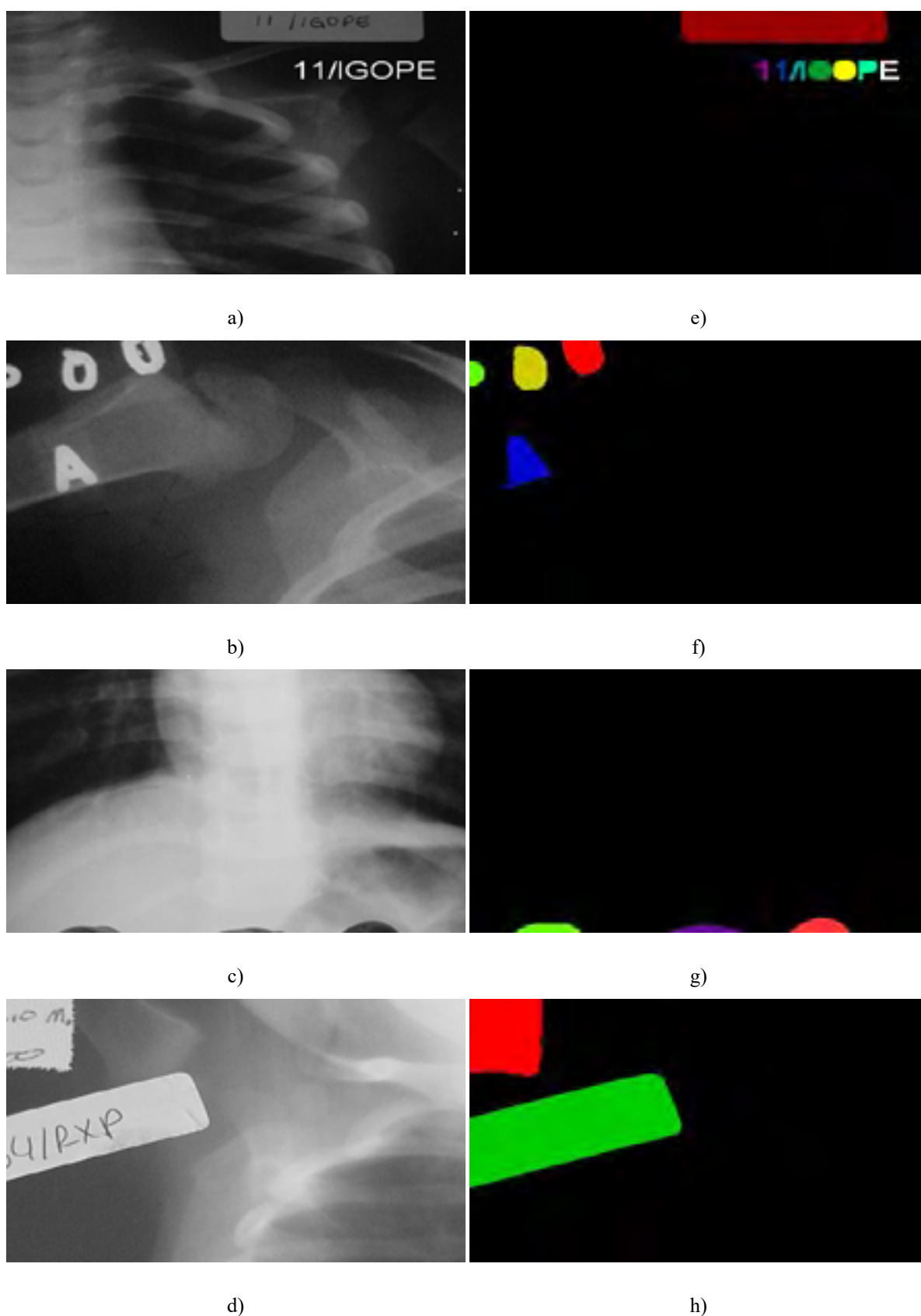


Figura 5 – Amostras de imagens com *blob's*: de a) a d) exemplos de radiografias com artefatos, de e) a h) imagens resultantes com *blob's* correspondentes aos artefatos identificados.

Para avaliar a eficiência do método foram geradas matrizes de confusão para cada categoria a partir dos resultados da detecção, e calculadas as medidas de sensibilidade, precisão, taxa de erro e *F1Score*²⁵. As Tabelas 1.a), 1.b) e 1.c) apresentam o resumo das matrizes de confusão.

Tabela 1. - Resultados da detecção de artefatos, e suas medidas estatísticas nos seus respectivos conjuntos: a) amostra com 100 radiografias com infiltrações pulmonares (pneumonia), b) amostra com 50 radiografias parênquima normal (sem pneumonia) e c) amostras com 50 radiografias com diagnóstico indeterminado.

População	Verdadeiro Positivo	Falso Positivo	Falso Negativo
1800	1759	28	41
Sensibilidade	Precisão	Taxa de Erro	F1 Score
0,98	0,98	0,02	0,98
a)			
População	Verdadeiro Positivo	Falso Positivo	Falso Negativo
827	812	11	15
Sensibilidade	Precisão	Taxa de Erro	F1 Score
0,98	0,99	0,02	0,98
b)			
População	Verdadeiro Positivo	Falso Positivo	Falso Negativo
795	727	27	68
Sensibilidade	Precisão	Taxa de Erro	F1 Score
0,91	0,96	0,08	0,94
c)			

Conforme pode ser visto na Tabela 1, os menores valores de sensibilidade, precisão e F1 Score foram 0,91, 0,96 e 0,94, respectivamente, sendo estes valores significativamente altos. As taxas de erro foram bastante pequenas sendo 0,08 o maior de seus valores. Ressalta-se que a categoria com os piores resultados é exatamente a da Tabela 1.c) que refere-se às Radiografias Indeterminadas e que possuem imagens de pior qualidade.

Tabela 2 – Resultados da detecção de artefatos, e suas medidas estatísticas no conjunto de 200 radiografias sem separação por categorias.

População	Verdadeiro Positivo	Falso Positivo	Falso Negativo
3422	3298	66	12
Sensibilidade	Precisão	Taxa de Erro	F1 Score
0,96	0,98	0,04	0,97

A Tabela 2 traz um consolidado e representa as mesmas imagens sem separação por categorias. É possível observar que as variáveis Sensibilidade, Precisão e F1 Score mantêm-se significativamente altos e a Taxa de erro permanece bastante baixa

Conclusão

Neste trabalho foi apresentado um método para identificação de artefatos estranhos em radiografias de tórax, contendo como fases principais uma filtragem de *pixels* baseada em histograma, detecção de bordas com algoritmo de *Roberts* e filtragem espacial por filtro de desvio padrão. Tais algoritmos foram aplicados a uma base de dados de radiografias de tórax usadas para diagnóstico de pneumonia infantil. Para testes foram selecionadas 200 imagens distribuídas nas categorias, parênquima normal, infiltradas, e com diagnóstico inconclusivo todas contendo artefatos estranhos.

O método foi aplicado nas imagens selecionadas e conforme os resultados, observou-se que a taxa de acerto foi bastante elevada com aproximadamente 96% de sensibilidade e 98% de precisão. Resalta-se que em 69% das imagens foram detectados corretamente todos os artefatos, e nas demais a quantidade de artefatos não detectados ou detectados incorretamente é significativamente pequena e desta forma espera-se que em processamentos adicionais possa reduzir a interferência causada por tais artefatos.

Destaca-se que a construção desse método foi projetada para ser bastante simples, e desta forma o processamento de cada imagem foi de aproximadamente 7ms, demonstrando que o método pode ser usado numa maior cadeia de processamento sem grandes impactos no desempenho.

Por fim, os resultados demonstraram que o método é bastante satisfatório e pode ser recomendado para utilização futura como etapa de pré-processamento de imagens de radiografias de tórax.

Referências

- [1] Oliveira LLG, e Silva SA, Ribeiro LHV, de Oliveira RM, Coelho CJ, Andrade ALSS. Computer-aided diagnosis in chest radiography for detection of childhood pneumonia. 2008 I. J. Medical Informatics, 77(8):555–564.
- [2] MACEDO SOD. Desenvolvimento de um sistema de auxílio ao diagnóstico de pneumonia na infância utilizando visão computacional. 2012 In Workshop de Visão Computacional.
- [3] Shiraishi J, Katsuragawa S, Ikezoe J, Matsumoto T, Kobayashi T, Komatsu K, et al. Development of a digital image database for chest radiographs with and without a lung nodule: receiver operating characteristic analysis of radiologists' detection of pulmonary nodules. American Journal of Roentgenology, 2000, 174, pp. 71–74
- [4] Van Ginneken B, Stegmann MB, Loog M. “Segmentation of anatomical structures in chest radiographs using supervised methods: a comparative study on a public database”. Medical Image Analysis, 2006, vol. 10, pp. 19-40.
- [5] ©Harry Shulman, Harry's Chest Radiology Atlas, use allowed for educational purposes. URL <http://chestatlas.com/cover.htm> (acessado em 28-jun-2016).
- [6] Chandrasekhar J. Chest X-ray Atlas. 2002. URL <http://goo.gl/3vzIhv> (acessado em 28-jun-2016).
- [7] Jaeger S, Candemir S, Antani S, Wáng Y-XJ, Lu P-X, G. Thoma. Two public chest X-ray datasets for computer-aided screening of pulmonary diseases. Quantitative Imaging in Medicine and Surgery. 2014; 4(6):475-477. doi:10.3978/j.issn.2223-4292.2014.11.20.
- [8] World Health Organization. Standardization of interpretation of chest radiographs for the diagnosis of pneumonia in children. 2001
- [9] Erondu OF. Challenges and peculiarities of paediatric imaging. 2013 INTECH Open Access Publisher.
- [10] Andrade M A, Prestes DP, Varani ML, Holsbach LR. TI Móvel na Saúde: Privacidade, Confidencialidade e Segurança. 2014 XXIV Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica – CBEB

- [11] Macedo HAS, Rodrigues VMCP. Programa de controle de qualidade: a visão do técnico de radiologia. 2009 *Radiologia Brasileira*, 42(1).
- [12] Xue Z, Candemir S, Antani S, Long LR, Jaeger S, Demner-Fushman D, et al (2015, November). Foreign object detection in chest X-rays. In *Bioinformatics and Biomedicine (BIBM)*, 2015 IEEE International Conference on (pp. 956-961). IEEE.
- [13] Hogeweg L, Sánchez CI, Melendez J, Maduskar P, Story A, Hayward A, et al. Foreign object detection and removal to improve automated analysis of chest radiographs. 2013 *Medical Physics*, 40(7), 071901.
- [14] Hogeweg L, Sanchez CI, Van Ginneken B. Suppression of translucent elongated structures: Applications in chest radiography. 2013 *IEEE Transactions on Medical Imaging*, 32(11), 2099–2113. <http://doi.org/10.1109/TMI.2013.2274212>
- [15] Iakovidis DK, Tsevas S, Savelonas MA, Papamichalis G. Image analysis framework for infection monitoring. 2012 *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 59(4), 1135–1144. <http://doi.org/10.1109/TBME.2012.2185049>
- [16] Pinheiro MG, Canalli HL, de Figueiredo LR, Junior JE. Ambiente computacional para ensino de radiologia e diagnóstico por imagem: uma proposta para arquivo didático. 2009 *Journal of Health Informatics*, 1(2)
- [17] van Gemert-Pijnen L, Karreman J, Vonderhorst S, Verhoeven F, Wentzel J. Participatory Development via User-Involvement-A Case Study about the development of a Web-based Patient-communication system about Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*. 2011 *electronic Journal of Health Informatics*, 6(4).
- [18] Marin HF. Sistemas de informação em saúde: considerações gerais. 2010 *Journal of Health Informatics*, 2(1).
- [19] Carità EC, Nini RA, de Souza Melo A. Sistema de auxílio aos diagnósticos de enfermagem para vítimas de trauma no atendimento avançado pré-hospitalar móvel utilizando as Taxonomias NANDA e NIC. 2010 *Journal of Health Informatics*, 2(4).
- [20] Brasil, I. B. G. E. Instituto Brasileiro de geografia e Estatística. 2016
- [21] Gonzalez RC, Woods RC. *Processamento digital de imagens 3.ed.* São Paulo: 2010 Pearson Prentice Hall.
- [22] Guide, Matlab User's. The MathWorks Inc. 1998 Natick, MA, 4, 382.
- [23] Adams M D. The JPEG-2000 still image compression standard. 2001
- [24] Danker AJ, Rosenfeld A. Blob detection by relaxation. 1981 *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, (1), 79-92.
- [25] Powers DMW. Evaluation: from Precision, Recall and F-measure to ROC, Informedness, Markedness and Correlation. 2011 *Journal of Machine Learning Technologies*, 2(1), 37-63.

Contato

Afonso Ueslei da Fonseca
Instituto de Informática – UFG. Sala 242.
Alameda Palmeiras, Quadra D,
Câmpus Samambaia, CEP 74690-900 -
Goiânia – GO
E-mail: afonso@inf.ufg.br
Fone: (62) 3521-1245 / Fax: (62) 3521-1182

IMPORTÂNCIA DA GESTÃO DA MUDANÇA: UMA EXPERIÊNCIA COM O PROCESSO DE IDENTIFICAÇÃO DO PACIENTE

IMPORTANCE OF MANAGING CHANGE: EXPERIENCE WITH PATIENT IDENTIFICATION PROCESS

IMPORTANCIA DE GESTIONAR EL CAMBIO: EXPERIENCIA CON EL PROCESO DE IDENTIFICACIÓN DE PACIENTES.

Gabriela Garcia¹, Romina Rapisarda¹, Mariana Merli¹, Paola Bertorelli¹, Daniel Luna¹

¹Departamento de Informática em Salud. Hospital Italiano de Buenos Aires, Argentina

Resumo: A identificação correta e o cadastro único e inequívoco dos indivíduos que se relacionam à Instituição de Saúde é o primeiro desafio que enfrenta o desenvolvimento de um sistema de informação em saúde (SIS). Não só, em relação ao SIS, mas também às pessoas que levam adiante os processos dentro das organizações. Administrar a mudança é vital para as mesmas alcançarem seu objetivo e para a mudança se estabelecer e perdurar.

Realizou-se uma investigação qualitativa para compreender os motivos pelos quais a porcentagem de tirada de foto é baixa dentro do processo de cadastro. Surgiram temas relacionados entre si: problemas técnicos, demoras no atendimento, e questões em relação ao paciente. Considera-se fundamental escutar os protagonistas desta tarefa, fazê-los parte da tomada de decisões, o que permitirá construir empoderamento e alcançar o objetivo de forma efetiva

Palavras-chave: Sistemas de Identificação de Pacientes, Sistemas de Informação em Saúde.

Resumen: La identificación correcta y el registro único e inequívoco de los individuos que se relacionan con la Institución de Salud es el primer desafío que enfrenta el desarrollo de un sistema de información en salud (SIS). No sólo en relación a los SIS sino a las personas que llevan adelante los procesos dentro de las organizaciones. Gestionar el cambio es vital para que las mismas logren su objetivo y que el cambio se establezca y perdure. Se realizó una investigación cualitativa para comprender los motivos por los cuales es bajo el porcentaje de toma de foto dentro del proceso de identificación de personas. Surgieron temas relacionados entre sí: problemas técnicos, demora en la atención, y cuestiones en relación al paciente. Se considera fundamental escuchar a los protagonistas de esta tarea, hacerlos parte de la toma de decisiones, lo que permitirá construir empoderamiento y lograr el objetivo de manera efectiva.

Palabras clave: Sistemas de Identificación de pacientes, Sistemas de Información en salud

Introducción

La identificación correcta y el registro único e inequívoco de los individuos que se relacionan con la Institución de Salud es el primer desafío que enfrenta el desarrollo de un sistema de información en salud (SIS). Así como instrumentar una operatoria para mantener actualizados los datos de los pacientes a fin de proveerles los servicios necesarios (1,2). En los últimos años se ha introducido el término de “prácticas seguras” para referirse a aquellas que se basan en evidencias generalizables y que logran un impacto positivo en beneficio del paciente si son implementadas adecuadamente. En este sentido, las

acciones fundamentales incluyen la identificación correcta del paciente, la toma de conductas y evaluación de los riesgos, el informe y análisis de los incidentes críticos, así como la capacidad de aprender de ello e implementar soluciones para minimizar los riesgos o impedir que se repitan (3).

El Hospital Italiano de Buenos Aires (HIBA) tiene en vigencia desde el año 2014 un proceso de acreditación de identidad de pacientes ambulatorios e internados, que implica asegurarse que la persona en cuestión se encuentre Empadronada, y que se lo asocie a la Historia Clínica que le corresponde. Dicho proceso favorece la correcta identificación de personas a través del cual el Hospital se compromete a garantizar la protección de los datos de las personas, el acceso a la información, la privacidad y la confidencialidad según la Ley de Protección de Datos Personales, Ley 25326 (Habeas Data) (4).

Para que la identificación del paciente sea correcta, éste debe presentar todos los datos de afiliación junto con un documento que acredite su identidad, firmar un Habeas Data (HD) ó Consentimiento de datos personales, y tomarse una fotografía de su rostro como dato biométrico para colaborar con su identificación al momento de abrir la HCE.

Actualmente se realiza el proceso de identificación de personas en 65 Sectores, 554 usuarios realizaron este procedimiento durante el 2015, 20 de estos sectores concentran el 80% de esta actividad y el 60% tienen webcam y scanner.

Al mes de abril del 2015 el porcentaje de toma de fotos en los puestos de identificación fue de aproximadamente un 20%. Por este motivo, y con la necesidad de aumentar este porcentaje, el Departamento de Informática en Salud propuso una instancia de taller con el personal de atención a pacientes para comprender los motivos por los cuales se dificulta llevar a cabo esta tarea y poder reflexionar acerca de la importancia del procedimiento de identificación.

Gestionar el cambio dentro de una organización es llevar a cabo diferentes procesos para asegurarse que los cambios se implementen de forma ordenada, controlada, sistemática y se sostengan en el tiempo (5).

De esta manera se elaboran las resistencias, se logra que las personas entiendan el cambio, que la organización alcance su objetivo de forma ordenada y efectiva y que el cambio se establezca y perdure. En este sentido, para que el cambio sea exitoso es necesario tener dentro de la organización cierto grado de disposición al cambio por parte de los involucrados (6).

Llevar adelante un cambio requiere planificar la preparación, la implementación y el seguimiento de ese cambio. Así como entender los diferentes niveles que constituyen la organización, es decir, el macronivel, el mesonivel y el micronivel. En cuanto al nivel micro nos referimos a la disposición individual a cambiar, el nivel meso, se corresponde a la cohesión grupal, teniendo en cuenta las normas sociales, la participación en la toma de decisiones, y en relación al nivel macro nos referimos a la preparación de la planificación constante de la organización para conseguir adaptabilidad y flexibilidad (7).

Existe una amplia literatura sobre la gestión del cambio organizacional, aportando modelos generales aplicables a cualquier tipo de organización y para gestionar todos los posibles cambios existentes en ella, sin embargo cada institución tiene su particularidad que está dada por la cultura organizacional (8).

El objetivo de este trabajo es describir la implementación de estrategias de gestión del cambio para conocer y comprender los motivos por los cuales existe resistencia en la toma de foto durante el proceso de identificación. Así como también concientizar acerca de la importancia de realizar correctamente este procedimiento.

Materiales y métodos

El HIBA es una institución sin fines de lucro con más de 2.000 médicos y 6.000, empleados con 750 camas de internación, 200 de las cuales son para cuidados críticos, 800 camas de internación domiciliaria y 41 quirófanos. En 1998 comenzó la implementación de un Sistema de Información de Salud (SIS) que fue completamente desarrollado in House. Dentro del SIS se cuenta con una única HCE

web, modular, orientada a problemas y centrada en el paciente. El Hospital tiene en vigencia desde el año 2014 un proceso de identificación de personas a través del cual se compromete a garantizar la protección de los datos de las personas, el acceso a la información, la privacidad y la confidencialidad según la Ley de Protección de Datos Personales, Ley 25326 (Habeas Data)

Se realizó una Investigación cualitativa basada en grupos focales con empleados de atención personal que realizan la tarea de identificación de personas, con el fin de conocer y comprender por un lado, los motivos por los cuales el porcentaje de toma de foto del proceso de identificación es solo del 20%. Y por otro lado, para concientizar a los empleados acerca de la importancia de realizar un buen procedimiento en busca de garantizar la identificación correcta de nuestros pacientes.

Como material disparador de los encuentros utilizamos una herramienta de la Gestión Lean del cambio que consiste en expresar cuál es la problemática que nos convoca y a partir de allí cada integrante, en forma individual, escribe un papel con cada motivo por los cuales cree que esto sucede. Paso seguido se recolectan los motivos, se agrupan por categorías y se comienza a debatir entre todos los participantes las diferentes cuestiones que surgen. De esta manera se provoca realimentación de los involucrados, eliminando sesgos y generando percepciones de mayor valor, donde las posibles soluciones surgen del propio grupo.

Para el registro de la información recabada, se utilizaron el diario de campo, donde se tomaron notas de lo observado y se recolectaron los papeles escritos por ellos.

El proceso de análisis se realizó de manera simultánea con el de recolección de información, mediante la codificación y categorización de la información, basado en un proceso de comparación constante. Las categorías se fueron construyendo teniendo en cuenta las preguntas centrales de la investigación como los hallazgos que surgieron a partir de los mismos grupos focales (9,10).

Resultados

Se desarrollaron nueve talleres entre el 13 y el 27 de mayo del 2016, concurrieron ochenta empleados de atención personal, entre ellos supervisores de los Centros Periféricos, y del Hospital Central.

Surgieron tres grandes temas por los cuales no se realiza la toma de foto: cuestiones técnicas, demora en la atención, y cuestiones en relación al paciente.

Estas tres dimensiones están relacionadas entre sí y no pueden pensarse en forma aislada, por ejemplo los problemas técnicos en las aplicaciones ocasionan demoras en la atención de los pacientes, lo que a su vez genera malestar y poca predisposición para la toma de foto, tanto para los pacientes como para el personal de atención.

Cuestiones técnicas. En relación a las cuestiones técnicas hablaron desde fallas del sistema, falta de cámaras, hasta los problemas del espacio físico.

- Al tomar la foto, en algunas oportunidades la aplicación no responde, queda la pantalla negra y la única solución es reiniciar la computadora.
- La foto no queda guardada.
- La foto no siempre aparece en forma instantánea, sino que aparece después de varios minutos.
- Hay cámaras sólo en algunos puestos de atención.
- El espacio físico no siempre es el adecuado, en ocasiones es necesario reubicar a los pacientes para la correcta toma de foto.
- Los soportes de las cámaras se caen. En los casos donde las cámaras están fijas no se pueden regular a la altura de los pacientes. En general prefieren tener la cámara en el escritorio y poderla manipular según la necesidad.
- En algunos puestos existen dificultades con los scanner, ya sea porque no están instalados los puestos de red, o porque no pueden visualizar los archivos escaneados, sino que para verlos

tienen que guardarlos en otra carpeta y así poder adjuntarlos.

- Hay computadoras que son muy lentas.

Ellos mismos reconocen que en general no realizan el pedido a la mesa de ayuda por la propia dinámica de trabajo, sino que se ocupan de resolver la rápida atención del paciente postergando el pedido a la Mesa de Ayuda, que luego olvidan realizar. Admiten que no vuelven a realizar el intento de la toma de foto para que no les ocasione nuevamente demoras.

Demora en la atención. En cuanto a la demora en la atención les preocupa el tiempo que les demanda sumar una tarea más que retrasa la atención del paciente lo que genera conflicto.

- Atención médica. En este sentido refieren la presión del cuerpo médico para recepcionar rápidamente al paciente, que en algunas ocasiones llega tarde al turno
- Los pacientes llegan sobre la hora del turno.
- Se acumula mucha gente para recepcionar lo cual genera fastidio en los pacientes.
- A veces hay poco personal recepcionando.
- Pocos puestos de empadronamiento: Derivan de otros sectores a estos puestos.

Se refieren a la problemática del “tiempo” cuando mencionan las tareas que realizan y a cómo se organizan. Reconocen que la toma de foto en sí misma no es lo que demora la atención, sino todo lo que esto implica: explicarle al paciente el motivo por el cual se toma la foto, ubicar al paciente en una posición adecuada para la toma de la misma, también si los hubiere, los problemas técnicos antes mencionados.

Sugirieron comunicar a los pacientes que vienen por primera vez, presentarse media hora antes para empadronarse, y explicarles en qué consiste dicho trámite. Propusieron omitir darles el primer turno a pacientes que no tienen el trámite de empadronamiento hecho, también algunas personas opinaron que sería buena medida colocar más puestos específicos de empadronamiento, pero otro gran grupo prefiere que todos hagan todas las gestiones.

En relación al paciente. Los motivos relacionados con los pacientes tienen que ver con la problemática de la comunicación, y la llegada tarde al turno.

- Estética del paciente: en ocasiones se niegan a que se les tome la foto porque no están preparados.
- La persona que se acerca a empadronar no es el paciente, sino un acompañante.
- Paciente conflictivo. Los pacientes se acercan al mostrador con diferentes problemáticas, manifestando enojo o quejas por diferentes motivos.
- Bebés recién nacidos.
- Derivación a puestos de empadronamiento: Diferentes áreas o sectores derivan a los pacientes para realizar el empadronamiento, lo que genera mucho malestar, en particular los pacientes derivados de la Guardia, en ocasiones lastimados tienen que esperar nuevamente en dicho puesto para ser empadronados.

Discusión

La problemática de la comunicación es la más compleja porque comprende tres grandes aristas, la comunicación entre las diferentes áreas que participan del proceso, la comunicación a los pacientes y la capacitación del personal de atención a pacientes.

En cuanto al personal de atención a pacientes, reducen la problemática a la negativa del paciente, y no se reconocen como protagonistas y parte fundamental en el proceso.

Probablemente, la necesidad de mantener el buen trato con el paciente, hace que infieran por diferentes motivos que este se acerca con malestar, enojo, molestia, entonces evitan la toma de foto. Por ejemplo, algunos contaron que ante la actitud del paciente, no se animan a pedirle la foto, y otros

comentan que no le preguntan sino que solo le comunican al paciente que se le tomará una foto por su seguridad.

También consideramos posible que exista cierta resistencia inconsciente a realizar una tarea que se suma a las que ya realizan.

Todas las situaciones nombradas mejorarían o se resolverían con mayor información en relación a los motivos por los cuales es tan importante la correcta identificación del paciente, ya sea para los empleados como para los pacientes.

Teniendo en cuenta que la tarea de atención al paciente es compleja, sería de utilidad generar espacios para trabajar sobre el manejo de situaciones conflictivas, conversaciones difíciles, en relación a estas problemáticas.

En referencia a la comunicación hacia los pacientes, en general desconocen el proceso, la obligatoriedad y la importancia en relación a su seguridad.

En este sentido sería de utilidad reforzar esta información a través de diferentes canales de comunicación del Hospital, el canal de TV interno, newsletter, Call center, Portal, Web, etc.

En relación a la comunicación entre las áreas y servicios involucrados, diferentes situaciones denotan falta de comunicación, falta de actualización en relación a la información que circula y en cuanto a la forma de realizar las tareas.

Conclusión

Más allá de trabajar sobre los problemas técnicos, La demora en la atención, y las cuestiones en relación al paciente, creemos que es fundamental escuchar a las personas que son las protagonistas de esta tarea, demostrar que se los tiene en cuenta, hacerlos parte de toma de decisiones, lo que permitirá ir construyendo empoderamiento. De esta manera alcanzaremos un alto nivel de disposición de parte de los empleados que tienen que realizar la tarea de la toma de foto para el proceso de identificación de personas, para lo cual no solo se necesita capacidad en relación al conocimiento, la experiencia y las habilidades sino también voluntad en referencia a la confianza, el compromiso y la motivación.

Agradecimientos

Agradecemos la colaboración de Gonzalo Trejo y Belén López Castro.

Referencias

- [1] Garfi Leonardo, Navajas Pablo, Gómez Adrián, Luna Daniel, González Bernardo de Quirós Fernán. Implementación de un sistema centralizado para la identificación de pacientes en un hospital de alta complejidad. En 2002.
- [2] Pelayo Navarro, Biagini L, Morales G, Torres Casanelli C, Mauroc A, Montenegro S, Luna D, González B. de Quirós F, Maira M. Construcción de un Sistema de Identificación de Personas con énfasis en los procesos de Control de Calidad de los datos. En 2008.
- [3] [3] National Quality Forum. Safe Practices for Better Healthcare–2010 Update: A Consensus Report. Washington DC: NQF; 2010.
- [4] [4] Ley 25326. Protección de los datos personales [Internet]. 2000. Disponible en: <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/60000-64999/64790/texact.htm>
- [5] [5] PMI Guide. Managing Change In Organizations: A Practice Guide [Internet]. [citado 4 de julio de 2016]. Disponible en: http://www.pmi.org/~media/Files/Home/ManagingChangeInOrganizations_A_Practice_Guide.ashx

- [6] [6] Artaza Barrios, O.; Méndez, C. A.; Holder M.; Reynaldo; Suarez Jimenez, J. M. Redes integradas de servicios de salud: El desafío de los hospitales. Santiago, Chile: OPS/OMS; 2011.
- [7] [7] Vakola, M. Multilevel Readiness to Organizational Change: A Conceptual Approach. *Journal of Change Management* 2013; 13 (1): 96-109
- [8] [8] Ruiz Mercader, J.; Ruiz Santos, C.; Martínez León, I.; Peláez Ibarrondo, J.J. Modelo para la gestión del cambio organizacional. España: Departamento de la Empresa. Universidad de Murcia. 1999
- [9] [9] Sampieri Hernandez, R; Collao, C.F.; Baptista Lucio, P. Metodología de la Investigación.
- [10][10] Scribano, A.O. El proceso de investigación social cualitativo. Buenos Aires: Prometeo Libros. 2008.

DIAGNÓSTICO DE GLAUCOMA EM RETINOGRÁFIAS BASEADO EM GEOESTATÍSTICA

Jefferson Alves de Sousa¹, João Dallyson Sousa de Almeida¹, Anselmo Cardoso de Paiva¹,
Aristófanês Corrêa Silva¹, Marcelo Gattass²

¹ Núcleo de Computação Aplicada (NCA), Universidade Federal do Maranhão (UFMA), São Luís, Brasil.

² Instituto Tecgraf de Desenvolvimento de Software Técnico-Científico (TECGRAF), Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio), Rio de Janeiro, Brasil

Resumo: O glaucoma é uma das doenças que mais causam cegueira em todo o mundo. O Conselho Brasileiro de Oftalmologia (CBO) estima que no Brasil existam 985 mil portadores de glaucoma com mais de 40 anos de idade. A utilização de sistemas CAD e CADx tem contribuído para aumentar as chances de detecção e diagnósticos corretos, auxiliando os especialistas na tomada de decisões sobre o tratamento do glaucoma. **Objetivo:** Apresentar um método para diagnóstico do glaucoma em retinografias utilizando o LBP para representar a região do disco óptico, funções geoestatísticas para descrever padrões e o MVS para classificar as imagens. **Métodos:** Executado em 3 etapas: Representação da imagem (1), Extração de Características com geoestatística (2) e Classificação e Validação (3). **Resultados:** Foram obtidos 88% de especificidade, 82% de sensibilidade e 84% de acurácia no diagnóstico do glaucoma. **Conclusão:** O método mostrou-se promissor como uma forma de auxílio ao diagnóstico de glaucoma.

Palavras Chave: Processamento de Imagem Assistida por Computador, Glaucoma, Fundo de Olho;

Abstract: *Glaucoma is one of the diseases that more cause blindness worldwide. The Brazilian Council of Ophthalmology (CBO) estimates that in Brazil there are 985,000 people with glaucoma over 40 years old. The use of CAD and CADx systems has contributed to increase the chances of detection and correct diagnoses, they provide, helping specialists in making decisions on glaucoma treatment. Objective: To introduce a method for diagnosing glaucoma in fundus image using the LBP to represent the optic disk region, geostatistical functions to describe patterns and SVM to classify the images. Methods: Run in 3 steps: Image representation (2), Feature extraction with geostatistic (3) and Classification and Validation (4). Results: we obtained 88% specificity, 82% sensitivity and 84% accuracy in the diagnosis of glaucoma. Conclusion: The method has shown promise as a tool to aid the diagnosis of glaucoma.*

keywords: *Image Processing, Glaucoma, Fundus Oculi;*

Introdução

O glaucoma é uma doença ocular crônica que provoca lesão do nervo óptico e acontece de forma progressiva e insidiosa, com consequente perda do campo visual, principalmente periférica¹.

No Brasil, existem mais de 6,5 milhões de pessoas com deficiência visual, sendo 582 mil cegas e 6 milhões com baixa visão, segundo dados do Censo 2010, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística². Patologias oftalmológicas como o glaucoma são caracterizadas por alterações típicas do disco óptico e da camada de fibras nervosas da retina, com alterações características no campo visual. Essas patologias podem apresentar causas diversas, como pressões intraoculares (PIO) acima de níveis considerados estatisticamente normais³.

A avaliação destas alterações envolve tanto testes subjetivos da função visual (acuidade e campo visual), quanto métodos objetivos que avaliem suas alterações estruturais. Essa avaliação é de fundamental importância e pode ser realizada através do exame de fundo de olho que permite uma estimativa do comprometimento da retina baseada no grau de palidez do disco ótico⁴.

A melhor forma de se diagnosticar doenças como o glaucoma é através do exame do nervo óptico que pode ser feito com o oftalmoscópio, biomicroscopia ou fotografias. O uso de fotografias permite também um acompanhamento mais preciso e aumenta a sensibilidade para a detecção de alterações progressivas. O processamento digital de imagens médicas representa um conjunto de técnicas computacionais, que podem prover auxílio ao diagnóstico, planejamento de tratamentos, simulação de cirurgias, compressão de imagens em bancos de exames, recuperação de exames por conteúdo de imagens, auxílio à pesquisa em medicina, educação médica, dentre outros.

O objetivo do uso do processamento digital de imagens consiste em melhorar o aspecto visual de certas feições estruturais para o analista humano e fornecer outros subsídios para a sua interpretação, inclusive gerando novas imagens que podem ser novamente submetidas a outros processamentos. As ferramentas de detecção auxiliam os especialistas a encontrarem automaticamente artefatos de interesse, como nódulos, vasos, etc. As ferramentas de diagnóstico auxiliam o especialista em seu parecer sobre o diagnóstico de uma doença implicando na decisão a respeito da realização de procedimentos. Juntas, as ferramentas de detecção e diagnóstico constituem uma importante ferramenta de auxílio ao especialista promovendo o desenvolvimento de tratamentos mais adequados aos pacientes⁵.

As principais modalidades de exames oftalmológicos utilizados para a detecção de patologias internas ao globo ocular são a Retinografia (fotografia de Fundo de Olho) e a Tomografia de Coerência Óptica (*Optical Coherence Tomography* - OCT). Nos últimos anos a utilização desses exames tem se intensificado. Compreendê-los assim como identificar os principais achados através desses exames é fundamental para o desenvolvimento de algoritmos e métodos para a identificação automatizada de alterações importantes.

Fotografias de fundo de olho tem se revelado úteis no diagnóstico de glaucoma como em Maheshwari⁶, Chakrabarty⁷ e Xu⁸. Características morfológicas tem sido largamente utilizadas para detecção de glaucoma, visando avaliar o dano ao nervo ótico, entre essas podemos citar a razão entre o diâmetro do disco ótico e o diâmetro da escavação do disco ótico, a distância do centro do disco ótico à ponta do nervo ótico e o diâmetro do disco ótico⁹. Essa abordagem em geral requer a utilização de algoritmos de segmentação, os quais apresentam problemas como localização, determinação de valores de limiar ou demarcação que levam a erros no diagnóstico. Uma alternativa para esta abordagem é a utilização de métodos que prescindam da segmentação e delimitação da área danificada do nervo ou do disco ótico. Alguns trabalhos propõem para esta abordagem o uso de características de textura, que tem se mostrado efetivas para ao diagnóstico do glaucoma^{10 11 12 13}.

O objetivo deste trabalho é o desenvolvimento de uma metodologia baseada somente em características de textura para gerar o diagnóstico do glaucoma a partir de imagens de fundo de olho do disco ótico. Para tanto pretende-se usar funções geoestatísticas (semivariograma, semivariograma, correlograma e covariograma) como descritores de padrões de textura para caracterizar o disco ótico em imagens de retinografia. Tais descritores já foram utilizados com sucesso em outros tipos de imagens médicas^{14 15}. Além disso, pretende-se usar, o *Local Binary Pattern* (LBP)¹⁶ para representar a imagem do disco ótico para análise de textura.

Este artigo está organizado em 4 seções. A seção 2 descreve a metodologia desenvolvida com o objetivo de fazer o diagnóstico de imagens de fundo de olho. A Seção 3 apresenta os resultados obtidos com a aplicação da metodologia e faz uma breve discussão destes resultados. Por fim, a Seção 4 apresenta as conclusões a respeito do método desenvolvido.

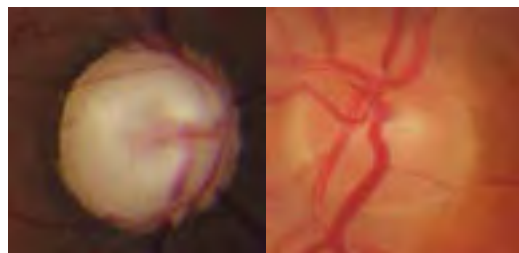
Métodos



Figura 1. Fluxograma da Metodologia

A metodologia proposta é estruturada seguindo três etapas, como apresentado na Figura 1. Na primeira etapa temos a representação da imagem, logo após temos a extração de características e pôr fim a classificação e validação dos resultados. Essas etapas são descritas com mais detalhes nas seções a seguir.

Base de Imagens - Neste trabalho foi utilizado um conjunto de imagens da base RIM-ONE¹⁷. Essa base de exames é formada por 3 versões diferentes, sendo que duas contém imagens de retinografia. Este trabalho utiliza a versão 2 da base que possui 455 imagens separadas em 2 classes, *Glaucoma and suspicious* e *Normal*. Estas imagens foram fornecidas por três hospitais: Hospital Universitário de Canarias, Hospital Clínico San Carlos e Hospital Universitário Miguel Servet. As imagens são disponibilizadas no formato RGB (*Red, Green, Blue*), com o objetivo de extrair o máximo de informação contida nas imagens, utilizamos todos os 3 canais separadamente, assim como a imagem em níveis de cinza. Para a etapa seguinte as regiões do disco óptico foram extraídas a partir da marcação fornecida pela base. A Figura 2 apresenta um exemplo de uma imagem de um indivíduo da classe *Normal* e de um paciente da classe *Glaucoma and Suspicious*.



(a) Normal

(b) Glaucoma and Suspicious

Figura 2. Exemplo de imagens das classes que integram a versão 2 da base.

Representação e Extração de características - Este trabalho utiliza *Local Binary Pattern* (LBP) e funções geoestatísticas para descrever a textura das regiões do disco óptico. O LBP é um operador não paramétrico que pode ser usado para descrever a estrutura espacial local da imagem, mostrando alta capacidade de distinguir características de textura¹⁶. O LBP é calculado conforme a Eq. 1.

$$LBP(x_c, y_c) = \sum_{n=0}^{n-1} S(i_n - i_c) 2^n \quad (1)$$

onde n é o número de vizinhos do pixel central x_c , y_c considerados no cálculo, i_c é o valor de nível de cinza do pixel central x_c , y_c , i_n é o valor de nível de cinza de cada pixel vizinho e $S(x)$ uma função que devolve 1 se $x \geq 0$ e 0, caso contrário. Neste trabalho o LBP é calculado para cada pixel da imagem de retinografia utilizando uma máscara 3x3.

As funções geoestatísticas utilizadas são: semivariograma, semimadograma, covariograma e correlograma. Tais funções descrevem a textura obtida de uma determinada imagem através do grau de associação espacial presente entre os pixels geograficamente referenciados da imagem¹⁴.

A semivariância mede o grau de dependência espacial entre as amostras (pares de pixels do disco ótico). A magnitude da semivariância entre os pontos depende da distância entre eles. O gráfico da semivariância como uma função da distância de um ponto é denominado Semivariograma. Sendo que quanto maior a distância entre as amostras maior será a semivariância e quanto menor a distância entre as mesmas menor será a semivariância¹⁴.

As funções geoestatísticas utilizadas neste trabalho possuem 3 características principais: alcance, patamar e efeito pepita. Num semivariograma todos os possíveis pares de observações (*pixels*) são examinados. Quando a distância entre os pares é zero, o valor de cada ponto é comparado com ele próprio, logo as diferenças são zero e o valor da semivariância também é zero. Se a distância é pequena, os pontos a serem comparados são muitos semelhantes e estão relacionados entre si, pelo que o valor é reduzido (efeito pepita). A medida que aumenta a distância entre os pontos a serem comparados, maior será a semivariância, até que, a partir de uma determinada distância (alcance), a semivariância se estabiliza em um valor (patamar) que é igual à variância dos dados da amostra considerada, significando que não existe qualquer relação entre os pares de observações considerados e esta distância¹⁴.

O semivariograma é definido por:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} (x_i - y_i)^2 \quad (2)$$

onde h é o vetor distância entre os valores de origens x_i e os valores de extremidade y_i , e $N(h)$ é o número de pares na distância h .

O semimadograma é a média da diferença absoluta medida nos pares da amostra, como uma função de distância e direção⁽¹⁴⁾. A função é definida por:

$$m(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} |x_i - y_i| \quad (3)$$

onde h é o vetor distância entre os valores de origens x_i e os valores de extremidade y_i , e $N(h)$ é o número de pares na distância h .

Outra função utilizada é o covariograma, que mede a correlação entre duas variáveis (pixels da imagem). Em geoestatística, a covariância é calculada como a variância da amostra menos o valor do variograma. A função de covariância tende a aumentar quanto mais próximas as variáveis estiverem, ou seja, quando $h = 0$ e tende a decrescer quando mais distantes, ou próximo do limite, as variáveis estiverem. O covariograma é definido por:

$$C(h) = \frac{1}{N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} x_i y_i - m_{-h} m_{+h} \quad (4)$$

onde m_{-h} é a média dos valores das origens dos vetores,

$$m_{-h} = \frac{1}{N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} x_i \quad (5)$$

e m_{+h} é a média dos valores das extremidades dos vetores,

$$m_{+h} = \frac{1}{N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} y_i \quad (6)$$

A função de correlação (correlograma) é a versão normalizada da função de covariância e os coeficientes de correlação estão na faixa de -1 a 1. Espera-se que a correlação seja alta para unidades (pixels da imagem) que estão próximas umas das outras (correlação = 1 para distância 0) e que tenda a zero quando a distância entre as unidades aumenta¹⁴.

A correlação é definida por:

$$\rho(h) = \frac{C(h)}{\sigma_{-h} \sigma_{+h}} \quad (7)$$

onde σ_{-h} é o desvio padrão dos valores das origens dos vetores,

$$\sigma_{-h} = \left[\frac{1}{N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} x_i^2 - m_{-h}^2 \right]^{1/2} \quad (8)$$

e σ_{+h} é o desvio padrão dos valores das extremidades dos vetores,

$$\sigma_{+h} = \left[\frac{1}{N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} y_i^2 - m_{+h}^2 \right]^{1/2} \quad (9)$$

Para o cálculo das funções geoestatísticas de uma região são considerados todos os pares de *pixels* possíveis dentro da região do disco ótico, resultantes do cálculo do LBP, com distâncias de 1 a 5 *pixels*, nas direções 0°, 45°, 90° e 135°, que são justificadas por serem as mais utilizadas na literatura para análise de imagens, como em Silva¹⁴ e Almeida¹⁵, também por apresentarem melhores resultados comprovados nos experimentos. O vetor de características que representa as amostras pode conter 64 a 320 características, dependendo da quantidade de direções (4 direções) e distâncias (1 a 5 *pixels*), para as 4 funções geoestatísticas. Antes do processo de classificação as características passam por um processo de normalização dos valores na faixa de -1 a 1, para facilitar a convergência do classificador durante o treinamento e também para evitar que alguma característica se sobressaia em relação as demais.

Classificação e Validação - Esta etapa consiste em classificar cada imagem em saudável e glaucomatosa utilizando a Máquina de Vetores de Suporte de acordo com a análise de textura obtida pelo LBP e as funções geoestatísticas. O MVS gera um modelo a partir da base de treinamento para ser usado na classificação final das regiões suspeitas em saudável ou glaucomatosa.

A Máquina de Vetores de Suporte (MVS) introduzida por Vapnik¹⁸ é um método de aprendizagem supervisionada usado para estimar uma função que classifique dados de entrada em duas classes. A ideia básica por trás da MVS é construir um hiperplano como superfície de decisão, de tal maneira que a margem de separação entre as classes seja máxima.

A MVS tem como objetivo produzir um classificador que apresente um bom desempenho junto a amostras não-observadas durante o treinamento, isto é, consiga generalizar. As MVS possuem diferentes *kernels* que são utilizados para resolver problemas de espaços não lineares, neste trabalho é utilizado o *kernel* RBF (*Radial Basis Function*), que pela literatura^{6 12 14 15} já se mostrou mais eficiente para problema de processamento de imagens.

Nesta etapa os vetores de características das regiões suspeitas isoladas são submetidos à MVS treinada. Foi utilizado o pacote LIBSVM¹⁹ para treinamento e classificação com MVS.

A validação dos resultados produzidos é uma etapa que busca medir o desempenho do método, calculando-se algumas estatísticas sobre os resultados dos testes. Na análise de imagens médicas, geralmente utiliza-se algumas estatísticas descritivas sobre os resultados dos testes para avaliar o desempenho do classificador, como sensibilidade (S), especificidade (E) e acurácia (A)²⁰, que também são muito utilizadas para avaliar métodos para o diagnóstico do glaucoma, como em Maheshwari⁶, Acharya¹² e Köhler¹³.

A acurácia corresponde a taxa de casos classificados corretamente sobre o número total de casos. A sensibilidade define a proporção de imagens de retina com glaucoma que têm o resultado do teste positivo. Indica quão bom é o teste para identificar imagens de retinas glaucomatosas.

A especificidade define a proporção de retinografias saudáveis que tem o resultado do teste negativo. Indica quão bom é o teste para identificar imagens de retinas saudáveis.

Resultados e Discussão

Esta seção apresenta os resultados obtidos com a aplicação do método desenvolvido para classificar imagens de fundo de olho.

Na realização dos testes foram utilizadas todas as 455 imagens da base. A classificação foi realizada seguindo as classes atribuídas na base de imagens. Para os testes foi utilizado o método de aprendizagem de máquina com divisão proporcional da base para treino e teste, utilizando as proporções respectivamente de 50/50, 60/40, 70/30 e 80/20. A MVS é utilizada com núcleo radial (RBF), e existem dois parâmetros, C e γ , que devem ser configurados, para isso utilizou-se o *grid-search*¹⁹ com validação cruzada para estimar tais parâmetros. Para todas as proporções de treino e teste foram realizados 5 repetições de teste, com instâncias geradas aleatoriamente, e as Tabelas apresentam a média do resultado dessas execuções.

Tabela 1: Teste sem LBP e funções geoestatísticas (1 a 5 *pixels* de distância e 4 direções)

Treino/Teste	Acurácia	Sensibilidade	Especificidade
50/50	78,60	78,80	78,44
60/40	80,44	79,00	81,57
70/30	81,02	82,00	80,26
80/20	78,90	81,50	76,86

Tabela 2: Teste com LBP e funções geoestatísticas (1 a 5 *pixels* de distância e 4 direções)

Treino/Teste	Acurácia	Sensibilidade	Especificidade
50/50	81,32	75,20	86,09
60/40	81,43	77,00	84,90
70/30	82,04	78,67	84,68
80/20	81,54	80,50	82,35

Tabela 3: Teste com LBP e funções geoestatísticas (1 e 2 *pixels* de distância e 4 direções)

Treino/Teste	Acurácia	Sensibilidade	Especificidade
50/50	82,11	79,00	84,53
60/40	83,52	78,25	87,65
70/30	84,38	78,67	88,83
80/20	81,76	82,00	81,57

As Tabelas (1, 2 e 3) apresentadas nesta seção mostram os resultados obtidos com a aplicação do LBP e das funções geoestatísticas para duas classes de imagens. Foram geradas características com todas as combinações de funções geoestatísticas, assim as tabelas mostram apenas os resultados mais relevantes.

Os resultados das tabelas mostram que o método apresentado é bastante promissor. As características extraídas a partir da aplicação das funções geoestatísticas sobre o LBP conseguiram caracterizar bem as classes de imagens retina. As Tabelas 2 e 3 mostram que o uso de uma quantidade menor de distâncias na extração dos pares de pixels para o cálculo das funções geoestatísticas consegue caracterizar melhor as imagens.

O uso do LBP como etapa anterior ao cálculo das funções geoestatísticas se mostrou muito eficiente e gerou um melhora nos resultados dos testes, como mostram as Tabelas 1 e 2.

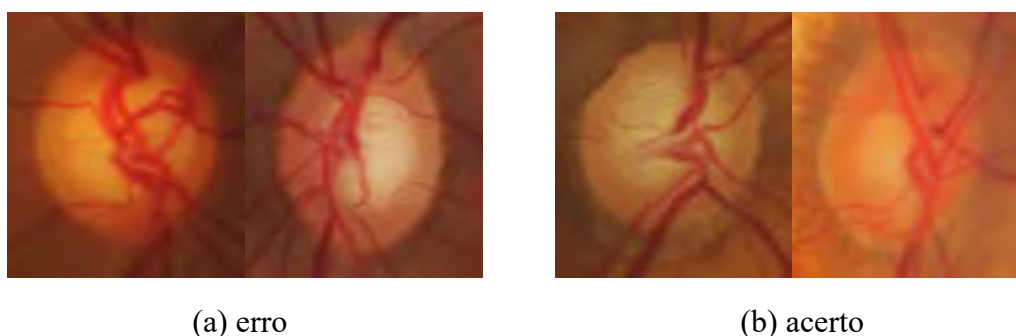


Figura 3: Exemplos de imagens da classe *Glaucoma and Suspicious* classificadas pelo método proposto.

Os resultados apresentam valores de especificidade sempre maiores que os de sensibilidade, revelando que o método se mostra mais eficiente no diagnóstico de casos retinografias saudáveis, essa característica pode ser explicada pelo fato de a base de imagens para a classe *Glaucoma and suspicious* ser composta por imagens de diferentes estágios de glaucoma e em estágios iniciais tais imagens são muito semelhantes a imagens da classe *Normal*, como mostra a Figura 3(a). A Figura 3(b) apresenta exemplos de acerto mostrando que o método apesar de tal característica da base, conseguiu classificar corretamente imagens de todos os estágios do glaucoma.

Conclusão

Este trabalho apresenta a utilização do LBP e funções geoestatísticas submetidas ao classificador MVS para o diagnóstico do glaucoma em retinografias. Esta abordagem visa ser capaz de prover um mecanismo que auxilie o especialista a diagnosticar imagens de retinografia em saudáveis e glaucomatosas. Os testes foram realizados com várias combinações das funções geoestatísticas (semivariograma, semimadograma, covariograma e correlograma) aplicadas ao classificador MVS para gerar o diagnóstico.

Os resultados obtidos revelaram que os descritores de textura (LBP e funções geoestatísticas) utilizados são promissores atingindo um índice de acerto de 84%.

Como possíveis trabalhos futuros, afim de ampliar a validação do método desenvolvido, pode-se apontar: buscar outras bases de retinografia; utilizar outras funções geoestatísticas como o índice de Moran e Geary para a extração de características; testar outros métodos de aprendizagem de máquina tais como: redes neurais, etc.

Agradecimentos

Os autores agradecem a CAPES, Universidade Federal do Maranhão (UFMA), ao Núcleo de Computação Aplicada (NCA) e ao TECGRAF pelo apoio financeiro e logístico.

Referências

- [1] Salai AF, Souza TT, Netto AA, Oliveira LS, Shimono CT, Cunha RD. Perfil clínico epidemiológico de pacientes com glaucoma encaminhados ao serviço de oftalmologia do hospital universitário da Universidade Federal de Santa Catarina. *Arquivos Catarinenses de Medicina*. 2011; 40(3).
- [2] Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Censo demográfico 2010: Características gerais da população, religião e pessoas com deficiência [Internet]. [acesso em 10 out. 2015]. Disponível em: http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/94/cd_2010_religiao_deficiencia.pdf.
- [3] Mello P, Mandia-Junior C. II consenso brasileiro de glaucoma primário de ângulo aberto. *PlanMark*, 2005; 36–46.
- [4] Monteiro M L R. Avaliação da camada de fibras nervosas da retina nas afecções neurooftalmológicas da via óptica anterior. *Rev Bras Oftalmol*, 2012; 71(2):125–38.
- [5] Rocha SV, Braz Junior G, Silva AC, Paiva AC. Detecção e diagnóstico de massas em mamografia: revisão bibliográfica. *Cadernos de Pesquisa*. 2011; 18(especial).
- [6] Maheshwari S, Pachori RB, Acharya UR. Automated Diagnosis of Glaucoma Using Empirical Wavelet Transform and Correntropy Features Extracted from Fundus Images. *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics*. PP; 1-1.
- [7] Chakrabarty L, Joshi GD, Chakravarty A, Raman GV, Krishnadas SR, Sivaswamy J. Automated Detection of Glaucoma From Topographic Features of the Optic Nerve Head in Color Fundus Photographs. *Journal of glaucoma* 2015.
- [8] Xu Y, Jia X, Hu M, Sun X. Feature Extraction from Optic Disc and Cup Boundary Lines in Fundus Images Based on ISNT Rule for Glaucoma Diagnosis. *Journal of Medical Imaging and Health Informatics* 2015; 5(6):1833-1838.
- [9] Nayak J, Acharya R, Bhat PS, Shetty N, Lim TC. Automated diagnosis of glaucoma using digital fundus images. *Journal of medical systems* 2009; 33(5): 337-346.
- [10] Mookiah MRK, Acharya UR, Lim CM, Petznick A, Suri JS. Data mining technique for automated diagnosis of glaucoma using higher order spectra and wavelet energy features. *Knowledge-Based Systems* 2012; 33: 73-82.

- [11] Claro M, Santos L, Silva W, Araújo F. Automatic Detection of Glaucoma Using Disc Optic Segmentation and Feature Extraction. Computing Conference (CLEI), 2015 Latin American; 2015 Oct 19-23; Arequipa: IEEE; 1-7.
- [12] Acharya UR, Mookiah MRK, Koh JE, Tan JH, Bhandary SV, Rao AK, et al. Automated screening system for retinal health using bi-dimensional empirical mode decomposition and integrated index. Computers in biology and medicine 2016. 75: 54-62.
- [13] Köhler, T., Bock, R., Hornegger, J., & Michelson, G. Computer-aided diagnostics and pattern recognition: Automated glaucoma detection. In Teleophthalmology in Preventive Medicine. Springer Berlin Heidelberg 2015. 93-104.
- [14] Silva AC. Algoritmos para Diagnóstico Assistido de Nódulos Pulmonares Solitários em Imagens de Tomografia Computadorizada [Tese - Doutorado]. Rio de Janeiro: Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2004.
- [15] Almeida JDS, Silva AC, Paiva AC, Teixeira JAM. Computational methodology for automatic detection of strabismus in digital images through Hirschberg test. Computers in biology and medicine; 2012: 42(1), 135-146.
- [16] Ojala T, Pietikainen M, Harwood D. A comparative study of texture measures with classification based on featured distributions. Pattern recognition. 1996; 29(1):51-59.
- [17] Trucco E, Ruggeri A, Karnowski T, Giancardo L, Chaum E, Hubschman JP, Diri B, Cheung CY, Wong D, Abramoff M, et al. Validating retinal fundus image analysis algorithms: Issues and a proposal validating retinal fundus image analysis algorithms. Investigative ophthalmology & visual science. 2013; 54(5):3546-3559.
- [18] Vapnik V. Statistical Learning Theory. Wiley New York; 1998.
- [19] Chang C-C, Lin C-J. LIBSVM: A library for support vector machines. ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology [Internet]. [acesso em 10 mai. 2016]. 2:27:1-27:27. Disponível em: <http://www.csie.ntu.edu.tw/~cjlin/libsvm>.
- [20] Bland M. An introduction to medical statistics. 3th ed. New York: Oxford University Press 2000.

Contatos

Jefferson Alves de Sousa
Mestrando da Universidade Federal do
Maranhão (UFMA), São Luís, MA, Brasil
Fone: (98) 988064699
Email: alves.jefferson27@gmail.com

João Dallyson Almeida Sousa
Doutor da Universidade Federal do Maranhão
(UFMA), São Luís, MA, Brasil
Fone:(98)982565465
Email: jdallyson@gmail.com

Anselmo C. de Paiva
Doutor da Universidade Federal do Maranhão
(UFMA), São Luís, MA, Brasil
Fone:(98)81172022
Email: anselmo.c.paiva@gmail.com

Aristófanés C. Silva
Doutor da Universidade Federal do Maranhão
(UFMA), São Luís, MA, Brasil
Fone: (98)
Email: ari@dee.ufma.br

Marcelo Gattass
Doutor da Pontifícia Universidade Católica do
Rio de Janeiro (PUC-RJ), Rio de Janeiro, RJ,
Brasil
Fone:(21)25125984
Email:mgattass@tecgraf.puc-rio.br

DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE SOPORTE PARA TROMBOPROFILAXIS

DESENVOLVIMENTO E IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE APOIO PARA TROMBOPROFILAXIA

DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF A DECISION SUPPORT SYSTEM FOR THROMBOPROPHYLAXIS

Camila Murga, Daniel Rizzato Ledo, María Julia Frangella, Daniel Luna,
Fernán Gonzalez Bernaldo de Quirós

Resumo: Introdução, O objetivo deste trabalho é apresentar a experiência de desenvolvimento e implementação de um Sistema de apoio à decisão (SAD) para tromboembolia venosa (TEV). Métodos: Foi analisada a guia de prática clínica institucional para abranger todas possíveis situações médicas que o usuário poderia enfrentar. Posteriormente foi projetado e implementado um CDSS com o intuito de facilitar o acesso às recomendações atuais sobre tromboprolaxia, e padronizar as prescrições de tromboprolaxia no campo da hospitalização. Resultados: O sistema foi implementado em abril de 2016 em módulos específicos da historia clínica eletrônica, relacionados tanto à admissão para internação como para a prescrição, em todas as áreas da hospitalização de adultos, exceto os de obstetrícia e de maternidade. Desta forma todos os pacientes internados têm avaliado o risco de TEV. Discussão: O sistema implementado inclui todos os tipos de pacientes internados ao contrário de outros sistemas publicados. O sistema se baseia numa guia que unifica critérios de tromboprolaxia, e padroniza o momento de avaliação de risco ETV. Uma análise pós-implementação possibilitará uma melhor avaliação da sua eficácia.

Palavras – chave: tromboembolismo venoso, Sistema de apoio à decisão, tromboembolismo

Resumen: *Introducción:* la enfermedad tromboembólica venosa (ETV) representa un problema mayor durante la internación. El objetivo de este trabajo es presentar la experiencia de desarrollo e implementación de un CDSS para ETV. *Materiales y métodos:* se analizó la guía de práctica clínica institucional para abarcar los casos de uso. Posteriormente, se diseñó e implementó un CDSS para facilitar el acceso a las recomendaciones de tromboprolaxia actuales, y homogeneizar las prescripciones en el ámbito de internación. *Resultados:* se implementó en 2016, en la apertura de episodio y en el módulo de indicaciones, en los ámbitos de internación de adultos, excepto el de obstetrícia y maternidad. Así, todos los pacientes que ingresan tienen valorado el riesgo de ETV. *Discusión:* en nuestra institución se contaba con una guía que unificaba criterios de tromboprolaxia, pero no con un sistema que estandarizara el momento de la valoración del riesgo de ETV. Nuestro sistema contempla todos los tipos de pacientes internados. Se necesitará realizar un análisis habiendo pasado un tiempo prudencial post implementación para sacar más conclusiones.

Palabras Clave: tromboembolismo venoso, sistema de soporte para la toma de decisiones, tromboembolismo

Key- Words: Venous Thromboembolism, Decision Support Systems, Thromboembolism

Introducción

La tromboembolia pulmonar y la trombosis venosa profunda, denominadas en conjunto enfermedad tromboembólica venosa (ETV), representan un problema mayor para la salud pública. Entre un 50 y un 75% de los eventos trombóticos se producen durante la internación (1,2). La tasa de mortalidad al mes del evento de TEP se encuentra entre un 8 y 30% (3,4). Existe evidencia que muestra que estos eventos pueden prevenirse mediante medidas de profilaxis, entre ellos medidas mecánicas y farmacológicas. (5)

Los sistemas de soporte para la toma de decisiones (CDSS), son sistemas diseñados para ayudar al profesional, en el punto de atención médica y en otros momentos del acto asistencial. Alertas y recordatorios, infobuttons, y sets de órdenes son ejemplos conocidos. Hay evidencia que los CDSS tienen un impacto positivo en el desempeño profesional (6). Numerosos trabajos en la literatura reflejan la utilidad de los CDSS a la hora de prevenir la ETV, como ser el aumento de la tasa de uso de tromboprofilaxis adecuada, mayor uso de medidas mecánicas, y mejoras en cuanto a la duración de la profilaxis (7,8).

La gran mayoría de los trabajos publicados sobre CDSS y tromboprofilaxis fueron realizados en pacientes clínicos o quirúrgicos individualmente. Son unos pocos los que contemplan a todo el conjunto: clínico, quirúrgico, ortopédico y crítico (9). Además, generalmente la decisión de indicar profilaxis queda a merced del profesional que indica, lo que resulta en un cierto nivel de heterogeneidad.

En este contexto, ante la carencia de un sistema de soporte formal para la toma de decisiones en el punto de atención médica, y con la finalidad de homogeneizar de manera transversal la prescripción de profilaxis antitrombótica, se decidió crear una funcionalidad en la historia clínica electrónica que permita al usuario tener un rápido acceso a la recomendación de tromboprofilaxis adecuada para cada caso de uso.

El objetivo de este trabajo es presentar el proceso de desarrollo e implementación de un sistema de soporte para la toma de decisiones para tromboprofilaxis, realizado en el Hospital Italiano de Buenos Aires, durante el año 2016.

Materiales y métodos

La implementación de un CDSS para ETV se llevó a cabo en el Hospital Italiano de Buenos Aires. Este es un Hospital Universitario, sin fines de lucro, con 2.000 médicos y 6.000 empleados, y más de 35 000 admisiones al año. Posee 750 camas de internación general, 200 para cuidados críticos, 800 para internación domiciliaria y 41 quirófanos. Ofrece 35 residencias diferentes. Actualmente cuenta con más de 400 residentes en formación, que son supervisados por médicos de planta al momento de prescribir. Desde 1998, cuenta con un Sistema de Información de Salud (SIS) desarrollado “in House”. El mismo alberga la historia clínica electrónica, que es orientada a problemas y centrada en el paciente. El Hospital Italiano de Buenos Aires fue acreditado en calidad de atención y seguridad del paciente por la Joint Commission International en 2015, y el sistema de información fue categorizado como HIMSS nivel 6 + en 2016.

Si bien la tasa de uso de tromboprofilaxis en nuestra institución es elevada (superior al 80%), todavía hay margen de mejoría, al igual que en otros lugares del mundo (10). A modo educativo, se confeccionó la Guía de Práctica Clínica Institucional para tromboprofilaxis (GPCI), que explicita los criterios para la indicación de las mismas y se actualiza cada 3 años.

Hasta el 2015, se valoraba el riesgo tromboembólico del paciente y se le indicaba lo pertinente, según el criterio del médico a cargo. Pero esto podía variar, es decir, no había homogeneidad en el contenido de la indicación ni en el momento en que se realizaba.

El primer paso en este proyecto, fue analizar la GPCI para detectar los casos de uso. Luego de varios ciclos de análisis iterativo, se detectaron 44 casos de uso, incluyendo aquellos casos en los que la tromboprofilaxis farmacológica estaba contraindicada. Se clasificó a los pacientes en 4 tipos:

clínico, ortopédico, quirúrgico y crítico. Para cada tipo se determinaron nodos de decisión (ver figura 1). En el caso de los pacientes clínicos y críticos, los nodos fueron: tipo de internación, posibilidad de estar anticoagulado al momento de la evaluación factores de riesgo para ETV, y factores de riesgo de sangrado. Para los quirúrgicos y los ortopédicos: tipo de cirugía, duración de la misma (en caso de cirugías menores), factores de riesgo de ETV, y factores de riesgo de sangrado. (Ver figuras 1 a 5).

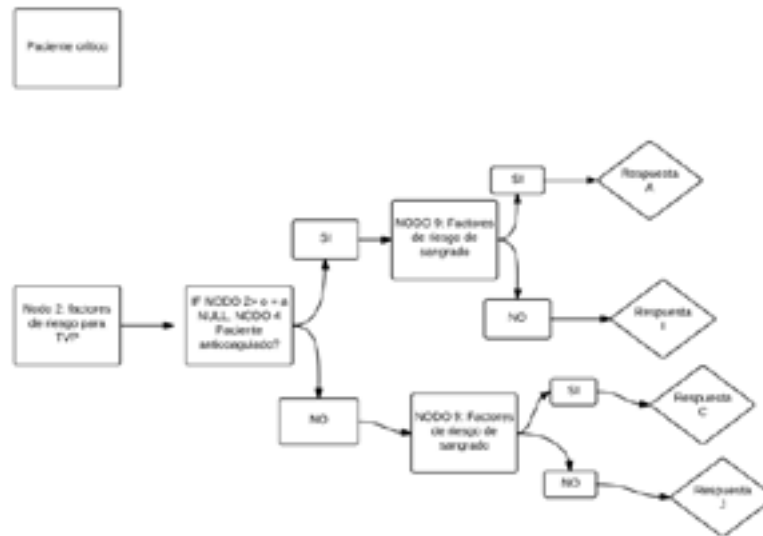


Figura 1: nodos de decisión para el paciente crítico

Como productos de salida, el sistema ofrece order sets de indicaciones. Estas pueden ser fármacos, tromboprofilaxis mecánica. En caso de contraindicación de tromboprofilaxis farmacológica, el sistema de aviso al usuario. En casos de cirugías en el mismo día del ingreso, el sistema da aviso al médico tratante que indique la tromboprofilaxis luego de 12 hs post procedimiento. También tiene en cuenta los avatares del paciente crítico, como ser la potencial presencia de catéteres epidurales. Para cada recomendación se contó con la supervisión y validación del comité de historia clínica de nuestro hospital, así como de los principales autores de nuestra GPCI. En el caso de este CDSS, la información centrada en el paciente requerirá un rol activo por parte de los usuarios en una primera fase. La GPCI funcionará como base de conocimiento. El producto de salida estará representado por un *order set* en el que se podrá indicar la tromboprofilaxis.

Resultados

El aplicativo CDSS para ETV se implementó en 2016, en los siguientes sectores: internación general, internación ortopédica, quirúrgica y crítica. Se excluyeron las salas de pediatría, y obstetricia /maternidad.

Se definió un plan de difusión y capacitación un mes antes del lanzamiento del aplicativo. La difusión se basó en comunicados enviados por mail, aviso a médicos desde la página web, y comunicados en la historia clínica electrónica. Se diagramó un cronograma de capacitaciones presenciales, explicando a cada servicio el funcionamiento de la herramienta.

El aplicativo se implementó en la apertura de episodio (ingreso) de manera obligatoria, y en el módulo de indicaciones médicas de manera optativa. De esta manera, el usuario debe obligatoriamente hacer una primera evaluación del riesgo de ETV en las 24 hs iniciales de internación del paciente, acorde a los estándares de la Joint Commission International. Luego, debido a que la funcionalidad está permanentemente disponible en el módulo de indicaciones, el riesgo puede ser re-evaluado periódicamente, y con ello, la indicación siempre puede ser modificada.

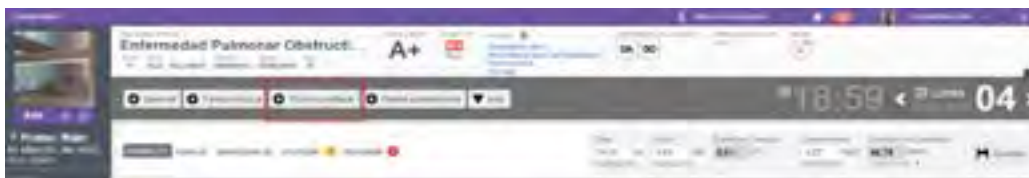


Fig 2. Imagen del Módulo de indicaciones de la Historia clínica electrónica. En el recuadro, se observa el botón de acceso al aplicativo “tromboprofilaxis”

En este sistema, el usuario tiene un rol activo en la carga de factores de riesgo de trombosis, y de contraindicaciones para recibir profilaxis farmacológica. De este modo, se obtiene una recomendación en forma de “order set” que se ajusta a los riesgos de cada paciente, basada en la evidencia actual. Este tipo de set de órdenes es optativo, permitiéndole al usuario prescribir automáticamente u omitir la recomendación. La información ingresada por los usuarios queda registrada en la HCE de cada paciente, por medio de un archivo de tipo CDA. Asimismo, retroalimenta el repositorio de datos únicos del paciente, de modo tal que ante un eventual reingreso al hospital estos datos vengan automáticamente seleccionados al ejecutar el aplicativo. En caso de rechazar la sugerencia recibida, el sistema guarda la causa del rechazo, también en el mencionado CDA.



Fig. 3: NODO DE TIPO DE PACIENTE. Representa el primer paso en la valoración del riesgo de ETV, el usuario debe seleccionar el tipo de paciente en cuestión



Fig. 4: NODO DE MOTIVOS DE INTERNACIÓN. El usuario debe seleccionar los motivos de internación

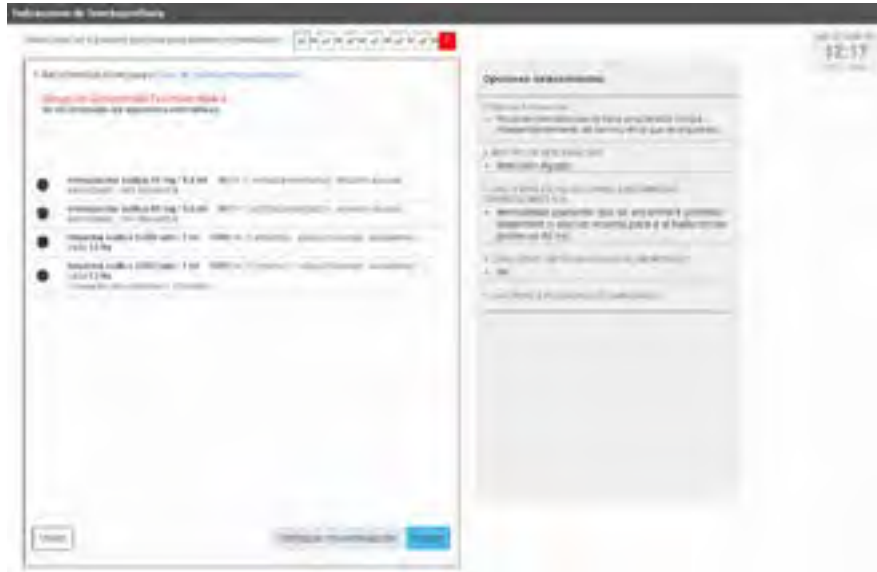


Fig. 5: Producto de salida: order set con las indicaciones farmacológicas sugeridas. Se observa link a la GPCI en la esquina superior izquierda

Discusión

En este trabajo se presentó el desarrollo e implementación de un CDSS para tromboprofilaxis. En nuestra institución se contaba con una guía que unificaba criterios de tromboprofilaxis, pero no con un sistema que estandarizara el momento de la valoración del riesgo de ETV. El aplicativo implementado logra poner al alcance del usuario la evidencia actual para cada caso de uso, ahorrando tiempo de búsqueda al profesional y enriqueciendo el repositorio de datos del paciente de manera automática, lo que favorecería la continuidad del cuidado en el tiempo. El hecho de que los usuarios puedan justificar por qué están disconformes con la sugerencia brindada por el sistema, abriría el abanico de casos de usos posibles para fases posteriores. Estos casos serán analizados periódicamente para mejorar futuras versiones.

Los pacientes internados con enfermedades agudas suelen tener cambios en la relación riesgo/beneficio del uso de la tromboprofilaxis, requiriendo una re-evaluación periódica. La herramienta implementada facilitaría la evaluación y la sistematizaría. El uso del aplicativo permitiría integrar la valoración del riesgo de ETV a la admisión de un paciente, creando una conciencia situacional en el personal de primera línea, en general el médico residente, quien es llamado a intervenir. Se reforzaría así el uso de los protocolos de tromboprofilaxis.

Como se mencionó antes, la mayoría de los trabajos publicados se centran en un único tipo de paciente (médico o quirúrgico)⁹, por lo que la fortaleza de nuestra herramienta radicaría en que abarca a todo el espectro de pacientes. Sin embargo, sólo se implementó en nuestro entorno. Como la carga de datos (factores de riesgo) por parte del usuario puede predisponer al error, se determinó que los ítems a cargar están basados en la GPCI. Esa información luego está disponible en una siguiente admisión del paciente al Hospital. Se está trabajando en la mejora de las interfaces para el proceso de carga de factores de riesgo.

Será necesario realizar un análisis más profundo habiendo pasado un tiempo prudencial desde la implementación para poder realizar futuros trabajos, y sacar conclusiones más específicas.

Conclusión

Este trabajo muestra cómo se desarrolló e implementó un CDSS para tromboprofilaxis, teniendo en cuenta la evidencia actual, siendo el primer paso para conformar una herramienta más completa que pueda ofrecer un soporte más eficiente.

Bibliografía

- [1] Francis C. Prophylaxis for Thromboembolism in Hospitalized Medical Patients. *Surv Anesthesiol* [Internet]. 2007;51(6):328–9.
- [2] Consenso de Enfermedad Tromboembólica Aguda, Área de Consensos y Normas – *Rev Argent Cardiol*. 2016; 84:74-91.
- [3] Melero MJ, Pagotto VL, Mazzei JA. Tromboprofilaxis en pacientes no quirúrgicos internados en un hospital general. *Med*. 2012;72(5):361–6.
- [4] White R. The Epidemiology of Venous Thromboembolism. *Am Hear Assoc*. 2003;107(I-4-I-8):4–9.
- [5] Dentali F, Douketis JD, Gianni M, Lim W, Crowther MA. Meta-analysis: Anticoagulant Prophylaxis to Prevent Symptomatic Venous Thromboembolism in Hospitalized Medical Patients. *Ann Intern Med*. 2007;146:278-288.
- [6] Jaspers MWM, Smeulders M, Vermeulen H, Peute LW. Effects of clinical decision-support systems on practitioner performance and patient outcomes: a synthesis of high-quality systematic review findings. *Journal of the American Medical Informatics Association : JAMIA*. 2011;18(3):327-334. doi:10.1136/amiajnl-2011-000094.
- [7] Dexter P, Perkins S, Overhage J, Kohler R. A computerized reminder system to increase the use of preventive care for hospitalized patients. *N Engl J Med* 2001; 345:965-970
- [8] Patterson R. A computerized reminder for prophylaxis of deep vein thrombosis in surgical patients. *Proceedings of the AMIA Symposium*. 1998:573-576.
- [9] Adams P, Riggio JM, Thomson L, Brandell-Marino R, Merli G. Clinical decision support systems to improve utilization of thromboprophylaxis: a review of the literature and experience with implementation of a computerized physician order entry program. *Hosp Pract* (1995). 2012;40(3):27–39.
- [10] Amin A, Spyropoulos AC, Dobesh P, Shorr A, Hussein M, Mozaffari E, et al. Are hospitals delivering appropriate VTE prevention? The venous thromboembolism study to assess the rate of thromboprophylaxis (VTE start). *J Thromb Thrombolysis*. 2010;29(3):326–39.

DESIGN OF AN INTEGRATED ANALYTICS PLATFORM FOR HEALTHCARE ASSESSMENT CENTERED ON THE EPISODE OF CARE

Douglas Teodoro¹, Nils Rotgans², Lucas Oliveira³, Lilian Correia⁴

¹Philips Research Brazil, São Paulo, Brazil

² Philips Design, Eindhoven, Netherlands

³Philips Research North America, Cambridge, USA

⁴ Hospital Samaritano, São Paulo, Brazil

Abstract: Assessing care quality and performance is essential to improve healthcare processes and population health management. However, due to bad system design and lack of access to required data, this assessment is often delayed or not done at all. The goal of our research is to investigate an advanced analytics platform that enables healthcare quality and performance assessment. We used a user-centered design approach to identify the system requirements and have the concept of episode of care as the building block of information for a key performance indicator analytics system. We implemented architecture and interface prototypes, and performed a usability test with hospital users with managerial roles. The results show that by using user-centered design we created an analytical platform that provides a holistic and integrated view of the clinical, financial and operational aspects of the institution. Our encouraging results warrant further studies to understand other aspects of usability.

Keywords: Data Mining; Quality of Health Care; Database

Resumo: A avaliação da qualidade e do desempenho do cuidado em saúde é essencial para melhorar os processos de cuidado e a gestão de saúde da população. No entanto, devido a falhas no design de sistemas de análise e a falta de acesso ao dados necessários, esta avaliação é frequentemente adiada ou não feita. O objetivo dessa pesquisa é investigar uma plataforma analítica avançada que permite avaliar a qualidade e o desempenho do cuidado em saúde. Nós utilizamos uma abordagem de design centrado no usuário para identificar os requisitos do sistema de análise, tendo o conceito de episódio de cuidado como o bloco de construção de informações para um sistema de análise de indicadores chave de desempenho. Nós implementamos os protótipos da arquitetura e da interface, e realizamos um teste de usabilidade com usuários com funções gerenciais em um ambiente hospitalar. Os resultados mostram que, usando um design centrado no usuário, fomos capazes de criar um conceito de análise que fornece uma visão holística e integrada dos aspectos clínicos, financeiros e operacionais da instituição. Esses resultados encorajadores justificam mais estudos para compreender outros aspectos de usabilidade.

Palavras-chaves: Mineração de Dados; Qualidade do Cuidado; Banco de Dados

Introduction

In the past decade, Electronic Medical Records (EMRs) have evolved from simple patient health information management systems, where demographics, clinical and administrative information were stored and retrieved for patients, to become complex enterprise resource planning systems that operate over the entire healthcare system and include related services, such as administration, finance, supplier management, human resources, and decision support. They also provide subsidies for billing and reimbursement of service providers, and serve as a base for organizational support and

cost management of healthcare facilities¹. Thus, nowadays there are several examples of non-medical functionalities that have been integrated into EMRs and are considered essential by many healthcare enterprises. EMRs also provide academic functionality to support clinical research, epidemiological studies and information sharing between multi-professional teams.

The availability of a large amount of patient records in the EMR, together with administrative, operational, and financial information, enables integrated key performance indicator (KPI) analytics across the hospital's patient population. KPI analytics provide a means to monitor and assess clinical effectiveness, patient safety, efficiency, staff orientation, and governance for quality improvement in the healthcare settings². Using metrics provided by KPIs, decisions can be made in the enterprise to improve clinical, operational and financial management³. For example, when occupation rate data is available to decision makers in a timely manner, actions can be taken on the agenda of a given period to increase or decrease the number of booked patients or staff according to the target hospital occupation metrics. Similarly, if the time between sepsis identification and antibiotic administration is known, actions can be taken to reduce potential delays in the treatment and increase survival rates⁴.

However, it is often the case that EMR systems are composed of silos containing heterogeneous clinical, administrative, operational and financial information spread in several modules or subsystems. Amongst other problems, the lack of a central and integrated data repository delays the computation of KPI metrics, jeopardizing their utilization as an actionable information source⁵. It is common that KPIs, such as contribution margin, are consolidated at the end of relatively long periods, not allowing corrective actions to be taken within the given analysis period. Furthermore, KPIs may not provide comprehensive assessment of institution metrics as they are usually calculated without considering the context of the whole healthcare enterprise, using sparse and fragmented pieces of information (e.g., using only financial or only clinical data) that are not comprehensive enough to reveal important insights for the institution.

To improve performance of population health management and the quality of health care, in this work we investigate the use of an integrated analytics repository composed of several data sources to seamlessly capture all the events related to a patient's episode of care and provide near-real time information for hospital management decision making. User insights generation and co-design sessions were organized to understand daily issues that healthcare data analysts face during hospital quality and performance assessment. Using the episode of care (EoC), i.e., the set of events related to a patient treatment, including clinical but also financial and administrative data, as a crucial backbone of information, we build a prototype framework for characterizing patient cohorts, extracting KPIs and forecasting hospital performance indicators to provide results that are more accurate and informative than those based on information silos. The prototype concepts were validated using usability workshops, where the requirements were assessed. In this paper, we introduce the preliminary analytics architecture and the results of the user evaluation.

Methods

Study Context

In this study, we use retrospective anonymized data from Philips Tasy, an EMR system with more than 80 modules that manages clinical, administrative, operational and financial healthcare information. The dataset was provided by Hospital Samaritano – São Paulo, a 300 bed philanthropic hospital. The data was de-identified using the HIPAA guidelines and permission to use it was granted by both Hospital Samaritano and Philips Research internal ethics committees.

Requirements Elicitation

To deepen our understanding about the issues that healthcare data analysts and decision makers face during hospital quality and performance assessment, user insights generation and co-design sessions were organized. The methodological approach was based on participatory design⁶, where users are seen as experts in their own experience, and projective and constructive exercises, such as collages, also coined as “visual literacy”, are used to support users sharing their experiences and reflecting on them in deeper ways. The outcomes of these sessions define the main issues that users are facing and possible solutions to solve them.

The sessions were held at Hospital Samaritano between 30/03/2015 and 02/04/2015. Fifteen members from four areas of the hospital – clinical, epidemiological, financial and operational – involved with data analytics activities participated in four co-design sessions of approximately 180 minutes each (1 session per area). In addition to these sessions, three observation sessions one hour each were conducted with the users to observe their daily analytics activities and interactions with current tools and solutions. Finally, a validation session was held to confirm and enrich the information gathered in the previous sessions, which took 120 minutes.

Prototyping Methods

In this section, we describe the methodology used to create the platform prototypes. The architecture design followed the Service Oriented Architecture (SOA) approach, where each KPI was represented by a different Representational State Transfer (REST) service⁷. The backend services were created using JAVA and Scala languages. The database choice was Hive, a high availability NoSQL database⁸. For the frontend interface, two prototypes were created. The first was a design mockup built using Adobe Illustrator, for concept creation, and Microsoft PowerPoint, to enable dynamic navigation through the design concepts using links. The second prototype was a runnable software, implemented using HTML5 and JavaScript technologies.

User Validation

To validate the prototypes, we organized evaluation sessions with the decision makers at Hospital Samaritano – São Paulo. In total, seven sessions of 1.5 hours each were held with seven managers from clinical and financial domains (3 and 4 users respectively). The goal of these sessions was to understand whether the prototypes created met the user analysis needs and to gather feedback on what further needs they might have so that the prototypes can be continuously improved in an agile fashion. The decision to focus on financial and clinical domains was based on analysis priorities defined by the hospital. The rationale to restrict the evaluation to only two analysis domains was to simplify the study. In the validation sessions, we performed moderated usability tasks combined with specific questions about how each feature supports users’ needs and what could be done to improve them. During the tasks, users were encouraged to talk while they were using the prototype.

Results and Discussion

Identification of Requirements

Despite coming from different areas/departments of the hospital, after the four co-design sessions, a set of issues and needs appeared as a pattern when analyzing KPIs at the hospital. We learned that users strive to gain as much insight as possible from the data. They want to make data actionable to create plans and activities that will bring improved results. However, this is a challenge since the preparation of the data (collection and consolidation) takes too much time, leaving no space for proper analysis and consecutive actions. In their view, the approximate percentage of time that it takes them to prepare the data is 80%, leaving only 20% to analyze it. Ideally, they would like to invert those percentages so that

can they spend more time (80%) analyzing and executing actions to improve current issues, and only 20% preparing the data. Table 1 resumes the main findings of the data requirements workshop.

Table 1: Needs and solutions for healthcare data analytics.

Needs and constraints	Solutions
Cumbersome and time consuming data collection and consolidation, limiting the time to generate insights	Centralized (impartial) location for the data
Lack of integration and synchronization between the hospital areas and the information	Use episode of care as a holistic view for operational and clinical activities
Lack of context of the data to drill down roots causes	Feature to track down targets by disaggregating dataset attributes
Data is delayed, therefore by the time the issue is found it is already late	(Near-)Real time data and easy ways to create thorough correlations combing clinical and operational attributes
Lack of ways to do forecasting and simulations	Feature to create predictive scenarios and assess possibilities in easy and fast ways

Users argue that the use of delayed data and retrospective analyses are limiting factors. Their preference is to have (near-) real time data and analyses, and predictive and simulating tools that would allow them to understand issues as they happen and to promptly act upon them. For example, a study participant said during the operational group session that: *“I aggregate information to make my analysis. But it only happens one week after the end of the month. Meanwhile, I go into the situation blind... Will I meet my goal or not? I would like to have this information daily. How much I have produced, how much I will produce. From the budget point of view, am I going to make it or not? This information only appears in a reliable form after any time for action has past. Then, I can only sit and regret”*.

Additionally, the lack of centralized data repository is a relevant issue during the user’s data analytics activities. Data needs to be fetched from different applications and placed into a new format to be queried. For example, in one of the sessions, the moderator asked *what is the most critical situation in the analytics process*, and the users replied *the manual data collection and integration from different systems*. Moreover, the lack of one integral view is an issue for data analytics. Users argue that they have a fragmented view of any problem that they analyze. This is due to the lack of context or connection between the different data locations (administration, operational, supplies, etc.). The following passage stated during the financial group session illustrates this: *“The whole [institutional view] is difficult to bring together because it [the information] does not converge... Today, we do not have this integrated view of the patient, which would look at the patient as whole, from the moment they arrive until the moment they leave [the institution]”*.

Architecture and Interface Prototypes

Architecture

Based on the requirements identified with the end users, we proposed the architecture for healthcare quality and performance assessment presented in Figure 1. This architecture provides the modules for extracting and integrating all relevant data needed to create aggregated, non-fragmented, and context-aware KPI views. It allows the integration of various healthcare data sources to provide a

comprehensive understanding of patient population flows within the hospital and the metrics associated with them. The key element of the architecture is a central and integrated EoC repository, which captures all events related to a patient treatment, including clinical but also financial and administrative data, as a single piece of information. By connecting the KPI metrics to the EoCs, at the population level, the system allows the information to be better contextualized and thus understood. We use a private cloud platform, based on the Hadoop ecosystem, to guarantee the architecture scalability in terms of both storage and computing power.

The proposed architecture is composed of five different modules: EoC Repository, EoC Extractor, EoC Builder, EoC Classifier and the KPI Processor. The EoC Extractor module provides technical and syntactic interoperability to the analytics platform⁹. The data coming from multiple data sources are highly heterogeneous, with different data types, data models, formats and semantics. First, this module is responsible for interfacing the different data sources, homogenizing APIs and connection protocols, to extract events associated to the episode of care. Second, it converts the different data models into a single format, a document model using the JSON syntax¹⁰. Finally, it provides a connector to the episode of care repository, allowing data to be loaded into it. Data streams are routinely loaded into the central repository using time stamps of the source datasets.

The EoC Repository stores all information related to a patient's episode of care found within the healthcare institution. It aggregates the data from several healthcare data sources to create a unified register with the patient population flow, encoded in the episodes of care. Due to the document-based nature of the episode of care, this repository is backed by a NoSQL database, providing high model flexibility and retrieval performance⁸.

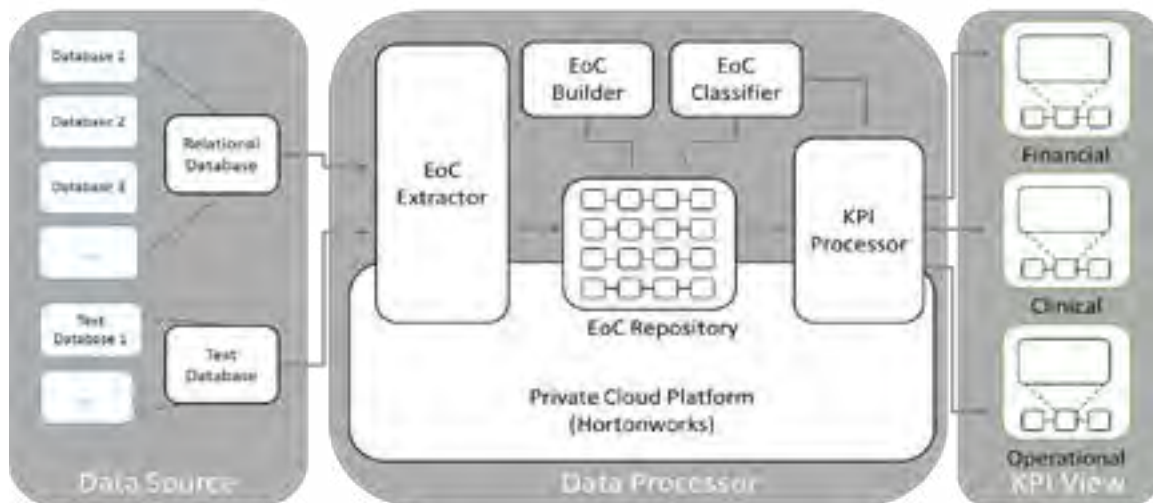


Figure 1: Integrated KPI Analytics Architecture. EoC - Episode of Care

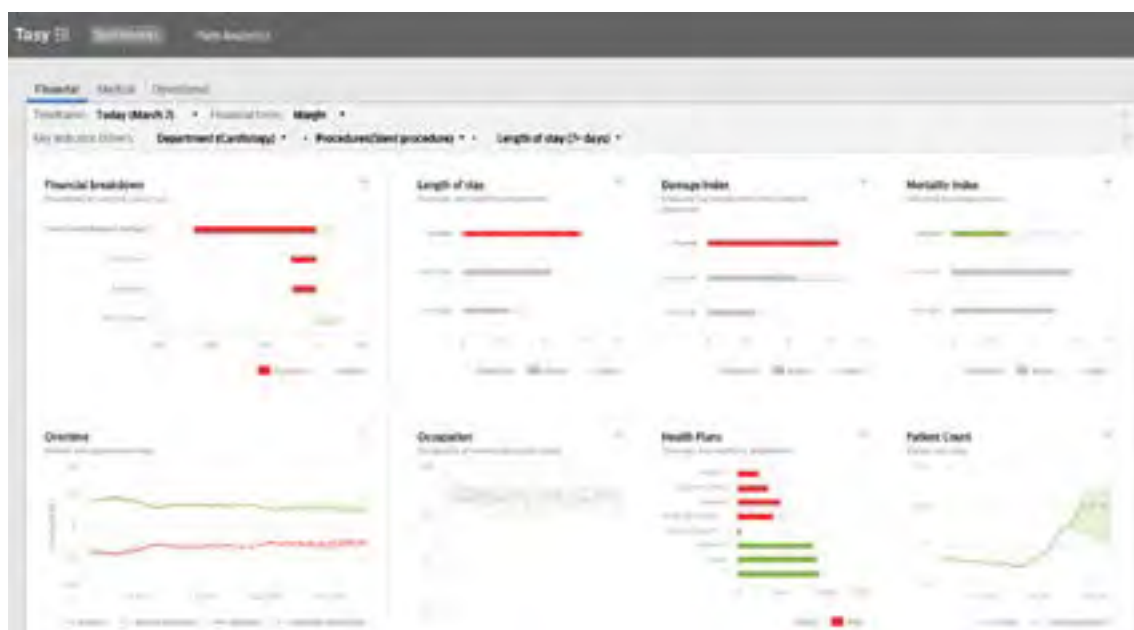
The *EoC Builder* module is responsible for linking the different events belonging to a patient's episode of care and constructing an array structure that stores all this information in the *EoC Repository*¹¹. The *EoC Classifier* is an auxiliary module, whose function is to automatically create episode of care cohorts so that KPIs can be associated to certain patient groups, and root-cause analyses can be performed¹². Finally, the *KPI Processor* provides means to actually calculate the KPIs. This module implements the statistical functions to compute the different KPI metrics displayed in the user interface, and provides a REST API to retrieve these data based on some parameters, such as period (e.g., from and to date), type of analyses (mortality, length of stay, etc.), and stratification groups (e.g., gender and age). It accesses to the *EoC Repository* online (near real-time) and computes the statistics based on the query parameters.

Interface Prototype

The interface prototypes implement the KPI View modules of Figure 2. This interface was used to validate user insights providing the end user a way to navigate through the healthcare KPIs, drilldown a specific information of interest and give some feedback about their experience. The features implemented in the interface realize the requirements identified during the workshop (Table 1). In particular, it was designed to provide an integrated view of the institution, having the patient (population) in the core of the analyses. The interface was created using user centered design methodology and implemented using HTML5. Figure 2a shows the high-level overview of the financial KPIs while Figure 2b shows KPIs for stent procedure in the cardiology department for patients with a length of stay of 7 days or more.



(a)



(b)

Figure 2: Preliminary user interface implementing few KPIs.

User Validation

The prototype validation was performed during seven different 1.5 hour sessions with decision makers from clinical and financial domains (3 and 4 users respectively). Usability tasks were performed combined with specific questions on how each feature supports users' needs, what could be done to improve them and what the rationale is behind their feature priorities. A list of findings regarding these sections are summarized in Table 2.

Users found the concept and idea of having all data in a single system valuable. The possibility of reviewing data through charts was found useful and considered an important feature needed for improving their work. Navigation and filters were the main problems that need adjustment to improve the overall experience of the system. Users expressed the need for creation of user-customized dashboards, however they also said that changing an existing dashboard, e.g., adding a new KPI or requesting a new filter, is not a usual task for them. Finally, they found the ability to interact with the dashboard important in order to be able drill down the data for deeper analysis.

Table 2: Findings of the usability validation sessions.

User	Worked Well	Needs Improvement	Improvements
Clinical and Financial	Having important information displayed as graphics	Reading some design elements (titles and chart axes) was difficult	Using darker grey or even black will result in improved readability
	Chart designs were considered easy to read and understand	Users did not understand the filter criteria	Filter providing a combination of tokens and dropdowns
Clinical	Feature to compare a cohort to another and to the hospital's average	The options to modify a KPI chart (arrow) was not easily found by most users	Moving the arrow closer to the title will make it more visible
	Filters were considered helpful to navigate through detailed information with different points of view	Non-standard charts were usually considered difficult to understand by users	Using standard stacked bar chart with legend
Financial	Having a dashboard with rich information available at once	Difficulties finding the down arrow to see more indicators	A link or button labeled "More indicators" will be clearer to users
	Track items was a useful feature	Took some time to notice some design elements and features (headlines and tracked items)	Consider using design elements that draw users' attention
	Value to see projections of what is expected for the coming months	Solid and outlined bars confused the users	Consider having only solid bars

Conclusion

By linking the different KPI views to the essential healthcare enterprise process (i.e., the episode of care), the architecture proposed here contextualizes the information generated by the KPIs and makes it uniform throughout different institution sectors. We have learned that users are interested in tools that extend their understanding of operational patterns of healthcare organizations. The way that the data is logically stored is less important for them. These tools should have customizable interfaces that reflect the user workflow in which the data can intuitively be explored according to the context. An important aspect pointed out by users is the ability to interact with the dashboard and drill down to further analyze the data. Findings of this work will lead to new concepts that will be created and validated by users in our future work. An important aspect of this research is the understanding of the needs of different users and the customization of the developed tool to meet those needs.

Even though the number of users was relatively small and statistically significant quantitative data were not obtained, the insights provided will help in understanding the requirements by different users. The next steps involve the training and test algorithms for episode of care data linkage using several sources and episode of care classification, and the finalization of the prototype for a larger clinical usability assessment.

References

- [1] van Merode GG, Groothuis S, Hasman A. Enterprise resource planning for hospitals. *International Journal of Medical Informatics*. 2004; 73(6):493-501.
- [2] Veillard J, Champagne F, Klazinga N, Kazandjian V, Arah OA, Guisset AL. A performance assessment framework for hospitals: the WHO regional office for Europe PATH project. *International Journal for Quality in Health Care*. 2005; 17(6): 487-496.
- [3] Berler A, Pavlopoulos S, Koutsouris D. Using key performance indicators as knowledge-management tools at a regional health-care authority level. *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*. 2005; 9(2): 184-192.
- [4] Rivers E, Nguyen B, Havstad S, Ressler J, Muzzin A, Knoblich B, Tomlanovich M. Early goal-directed therapy in the treatment of severe sepsis and septic shock. *New England Journal of Medicine*. 2001; 345(19):1368-1377.
- [5] Airinei D, Homocianu D. The mobile business intelligence challenge. *Economy Informatics*. 2010.
- [6] Schuler D, Namioka A, editors. *Participatory design: Principles and practices*. CRC Press. 1993.
- [7] Liu Y, Wang Q, Zhuang M, Zhu Y. Reengineering legacy systems with RESTful web service. 32nd Annual IEEE International Computer Software and Applications Conference; 2008, July. IEEE; 2008. p. 785-790.
- [8] Han J, Haihong E, Le G, Du J. Survey on NoSQL database. *Proceedings of the 6th international conference Pervasive computing and applications (ICPCA)*; 2011, October. IEEE; 2011. p. 363-366.
- [9] Teodoro D, Choquet R, Schober D, Mels G, Pasche E, Ruch P, Lovis C. Interoperability driven integration of biomedical data sources. *Studies in Health Technology and Informatics*. 2011; 169:185-9.
- [10] Kaur K, Rani R. Managing data in healthcare information systems: many models, one solution. *Computer*. 2015; 48(3):52-59.
- [11] Freire SM, de Almeida RT, Cabral MDB, de Assis Bastos E, Souza RC, da Silva MGP. A record linkage process of a cervical cancer screening database. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*. 2012; 108(1):90-101.
- [12] El-Darzi E, Abbi R, Vasilakis C, Gorunescu F, Gorunescu M, Millard P. Length of stay-based clustering methods for patient grouping. In *Intelligent Patient Management*. Springer Berlin Heidelberg; 2009. p. 39-56.

Contact

Douglas Teodoro
SIB Swiss Institute of Bioinformatics
Battelle campus
B Building - office #3.22
Rue de la Tambourine 17
CH-1227 Carouge
douglas.teodoro@sib.swiss
+41 22 546 3571

CLASSIFICAÇÃO DE COLORAÇÃO IMUNO-HISTOQUÍMICA COMBINANDO COR E TEXTURA COMO DESCRITOR

Marcelo Dornbusch Lopes^{1,2}, Aldo von Wangenheim^{1,2}, Leonardo Andrade Ribeiro³,
Antonio Carlos Sobieranski^{1,2} e Eros Comunello⁴

¹Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação (PPGCC),
Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, Brasil

²Instituto Nacional para Convergência Nacional (INCoD),

Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, Brasil

³Instituto de Informática, Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiânia, Brasil

⁴Mestrado em Computação Aplicada (MCA),

Universidade do Vale do Itajaí (UNIVALI), Itajaí, Brasil

Resumo: O presente trabalho teve por objetivo demonstrar a melhora no desempenho da classificação de coloração imuno-histoquímica em imagens microscópicas, utilizando a abordagem de aprendizado supervisionada que emprega a projeção polinomial da distância de Mahalanobis. Foi definido um descritor de características híbrido, combinando cor e textura baseada no método Local Binary Pattern, proporcionado inicialmente um descritor 23-dimensional para cada píxel. Uma análise de componentes principais foi realizada e um segundo descritor 12-dimensional foi empregado na avaliação. Os testes foram realizados em imagens e metadados obtidos no The Human Protein Atlas, avaliando uma série de medidas de acerto e erro. Com os resultados encontrados percebeu-se que a utilização do descritor híbrido tornou o processo de classificação mais específico e restritivo nas predições positivas.

Palavras-chave: Processamento de Imagem Assistida por Computador, Reconhecimento Automatizado de Padrão, Imuno-Histoquímica

Abstract: This study aimed to demonstrate the improvement in performance of immunohistochemical staining classification in microscopic images using a supervised learning approach that employs the polynomial projection of the Mahalanobis distance. A hybrid feature descriptor was defined by combining color and texture based on Local Binary Pattern method, initially provided a 23-dimensional descriptor, for each pixel. A principal component analysis was performed and a second 12-dimensional descriptor was used in the assay. The tests were performed on images and metadata, obtained on The Human Protein Atlas. With the results it can be seen that the use of hybrid descriptor has made the classification process more specific and restrictive on the positive predictions.

Keywords: Computer-Assisted Image Processing, Automated Pattern Recognition, Immunohistochemistry

Introdução

Na área médica, tipicamente o diagnóstico de câncer é feito pelo patologista através de uma inspeção visual da morfologia e cromaticidade de amostras de tecidos. Uma atividade laboriosa e sujeita a erro, onde a efetividade do método depende diretamente da atenção e conhecimento do patologista. O desenvolvimento contínuo em tecnologias relacionadas à bioimagem, especialmente na microscopia, vem estabelecendo técnicas guiadas por computador para avaliação de imagens biológicas como uma forma efetiva para extração de informações clínicas e funcionais a partir de amostras de tecido^{1,2}.

O desenvolvimento de tecnologias voltadas a sistemas para diagnóstico médico guiado por computador tornou-se um dos principais temas de pesquisa em imagens médicas e radiodiagnóstico, uma vez que cresce o consenso entre especialistas da área de análise de imagens e patologia sobre a importância da análise quantitativa de imagens patológicas. Essas análises envolvem tanto o ponto de vista do diagnóstico clínico, quanto à área de pesquisa, proporcionando o entendimento dos mecanismos biológicos das doenças³.

A Imuno-histoquímica (IHQ) é uma tecnologia aplicada no diagnóstico patológico desde a década de setenta, amplamente utilizada como uma ferramenta para a detecção de proteínas em amostras de tecido. A IHC Permite o monitoramento e a quantificação da expressão de proteínas com fins de diagnóstico e prognóstico. Os anticorpos são marcados com uma coloração específica, e a intensidade da referida expressão está relacionada com a intensidade da coloração alcançada no processo^{4,5,6}.

No trabalho proposto por Sobieranski⁷ é apresentada uma abordagem para identificação de coloração imuno-histoquímica em imagens microscópicas de amostra de pele. Baseado em um processo de aprendizado definido como Distância Polinomial de Mahalanobis (DPM), que emprega a projeção polinomial da Distância de Mahalanobis (DM) para a construção de uma função de similaridade.

O método DPM permite a classificação de padrões não lineares de IHQ em imagens microscópicas de histopatologia. A abordagem referida emprega atributos de cor no modelo cromático Vermelho, Verde e Azul (red, green e blue – RGB), como Descritores de Características (DC) para o treinamento da métrica de discriminação.

Desta forma o problema de pesquisa abordado neste trabalho está relacionado a classificação e mensuração automatizada da expressão biomarcadores em imagens microscópicas de imuno-histoquímica. Um biomarcador consiste em qualquer entidade, passível de ser mensurado e indica uma condição normal ou patológica, permitindo diagnóstico, prognóstico, planejamento no tratamento e pesquisa de doenças.

A solução desenvolvida neste trabalho, restringiu o escopo no reconhecimento de coloração de IHC, e teve por objetivo demonstrar a melhora no desempenho de classificação do método DPM (considerando taxas de acerto e erro), apresentado em Sobieranski⁷. O referido aprimoramento foi alcançado definindo um DC híbrido, combinando cor e textura.

Métodos

Trabalhos Relacionados – Uma revisão da literatura foi elaborada a partir de um protocolo de busca, onde 62 trabalhos entre 3 bases (ACM Digital Library, IEEEExplore e Science Direct) foram selecionados para análise preliminar. Destes 62, 20 foram selecionados para análise completa. O critério utilizado para inclusão dos trabalhos na análise completa foi: títulos e resumos deveriam conter informações sobre métodos e técnicas computacionais, empregados na quantificação de coloração imuno-histoquímica em imagens microscópicas.

Os critérios adotados para exclusão dos trabalhos, na fase de análise completa foram: trabalhos onde títulos e resumos eram conflitantes, ou seja, o título remetia a um assunto enquanto o resumo remetia a outro. Trabalhos que não tinham o foco voltado à segmentação e quantificação imuno-histoquímica, e ainda trabalhos especificamente voltados à área médica.

Dentre estes 20 trabalhos, foram selecionados 7 trabalhos relacionados, seguindo os critérios: (i) combinar informações de cor e textura como DC; e (ii) utilizar um método de classificação supervisionada. Dos 20 trabalhos avaliados 11 empregaram um método de classificação supervisionado (que depende de uma etapa de treinamento para construção do classificador)^{1,5,8}, baseados em redes neurais. Bem como baseados em SVM^{9,10}.

Dos 20 trabalhos avaliados nove não usaram um método de classificação supervisionado, apresentando abordagens baseadas principalmente em três técnicas: (i) limiarização, com o método Otsu

como apresentado em¹¹; (ii) crescimento de regiões, principalmente baseado no algoritmo Watershed como apresentado em^{12, 13}; (iii) ou ainda uma combinação das técnicas (i) e (ii), como apresentado em¹⁴.

Dos 20 trabalhos avaliados 13 utilizam algum espaço de cor específico durante o processo de segmentação/classificação e seis empregam alguma métrica de textura no processo de segmentação/classificação, como apresentados em^{8, 10, 12, 15, 16, 17}. A maioria dos trabalhos avaliados empregam métodos que foram utilizados na proposta (segmentação/classificação supervisionada e descritores de características formados por atributos de cor e textura).

A Tabela 1 apresenta uma comparação entre os 7 trabalhos relacionados e a presente proposta (última linha), a coluna T indica o trabalho, a coluna Descritor indica o método empregado para descrição de características, a coluna Método indica quais abordagens de segmentação/classificação, e a coluna Avaliação indica as métricas de avaliação empregadas nos trabalhos.

Tabela 1: Comparação entre os trabalhos relacionados e a proposta.

T	Descritor	Método	Avaliação
RI ¹⁸	Cor YCbCr	Modelo estatístico de deconvolução, supervisionado.	Área sob a curva ROC.
RII ¹⁵	Textura de Laws, medidas estatísticas e Cor RGB	K-NN com votos ponderados, supervisionado.	Erro médio, Acurácia.
RIII ¹⁶	Cor RGB, Textura 2D-Gaussiana	BVS, k-Means clusterização, supervisionado	Erro Absoluto, Acurácia e Entropia
RIV ¹²	Cor HSV, Textura Matriz de Coocorrência, medidas estatísticas	K-Means, Watershed, não supervisionado.	Escore de similaridade.
RV ¹⁴	Cor RGB, Tons de cinza	Limiarização, Watershed supervisionado.	Média de distância absoluta, acurácia, super e sub segmentação
RVI ⁵	Cor RGB	MLP, supervisionado	Diferença em área de segmentação.
RVII ⁷	Cor RGB	DPM, supervisionado.	SEM, ESP e FIT.
P	Cor RGB, Textura LBP, medidas estatísticas	DPM, supervisionado.	SEM, ESP, PRE, ACC, TFP, TFD e TFN.

Os trabalhos RII, RIII ajudam a comprovar a viabilidade da proposta, uma vez que tem a mesma abordagem, empregando cor e textura com um método de classificação supervisionada. O trabalho RIV tem um princípio ligeiramente diferente por empregar um método não supervisionado de classificação. A diferença entre estes trabalhos e a presente proposta está no método de textura empregado e na composição do DC, bem como a utilização específica do algoritmo de classificação DPM.

Descritor de Características – Vetores de características são representados por letras maiúsculas como x , onde cada componente x_i , representa a i -ésima medida que compõem o descritor. Normalmente os vetores são expressos na forma de matrizes $n \times l$, a natureza de cada medida que compõem um vetor de características x depende da metodologia empregada para descrever o padrão físico propriamente dito¹⁹.

Um método popular na descrição de texturas encontrado na literatura é denominado Padrão Binário Local (Local Binary Pattern - LBP), onde um descritor invariante, baseado em níveis de cinza é composto através da comparação de um píxel central com seus píxeis vizinhos. O método LBP demonstra ser um descritor de baixa complexidade computacional e menos sensível a variações de luminosidade do que muitos descritores, sendo utilizado em muitas tarefas de classificação com resultados promissores^{20,21}.

As medidas estatísticas escolhidas para compor o DC foram baseadas nas mesmas utilizadas no trabalho relacionado RII¹⁵, média, desvio padrão, assimetria, curtose e energia. Tais medidas foram computadas em cinco vizinhanças distintas, a fim de descrever um único píxel. Desta forma o DC foi formado por três componentes de cor e vinte componentes de textura. A Figura 1 mostra uma visão geral da formação do DC.

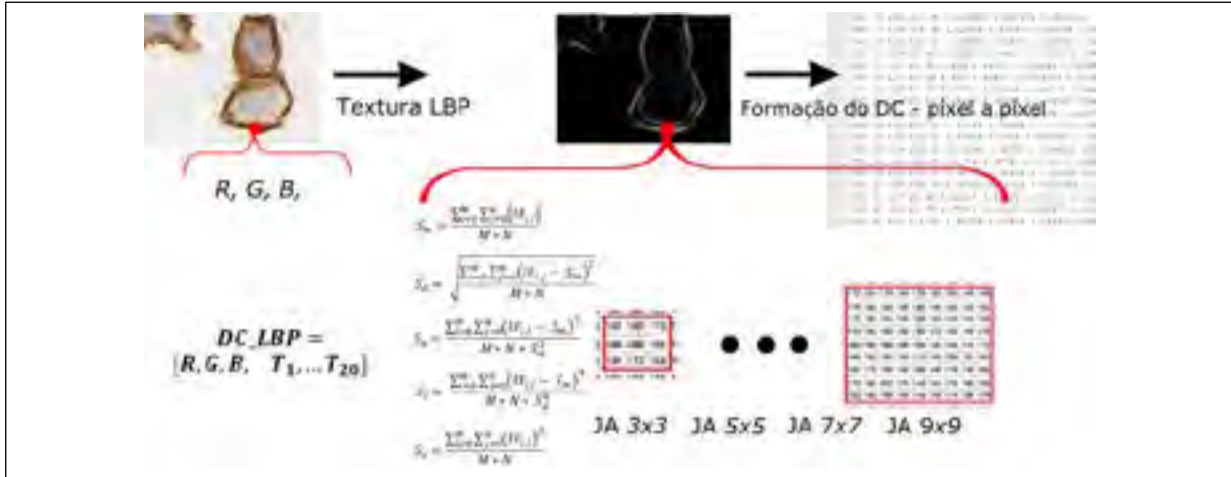


Figura 1: Visão geral da formação do DC

Classificador –O algoritmo para computar a DPM²² com a finalidade de calcular similaridade empregando polinomiais de grande ordem, considera um grupo de N descritores de características (x_1, x_2, \dots, x_N) e um x_0 usado para cálculos de covariância, a DPM entre dois descritores x_i e x_j é expressa por:

$$DPM(x_i, x_j) = DM_{\sigma^2}(x_i, x_j) + \sum_{l=1}^L DM_{\sigma^2}(g_l^i, g_l^j) \quad (1)$$

onde DM_{σ^2} , representa a distância de Mahalanobis computada com um pequeno escalar positivo σ^2 usado para anular limitações de inversão de matrizes se algum valor for zero, $L > 0$ é o número máximo de projeções de q -ordem ($q = 2L$), e os argumentos g_l^i e g_l^j são as projeções dos descritores de características x_i e x_j em seus termos polinomiais.

O processo de reconhecimento empregado ocorre em duas etapas: (i) Treinamento e (ii) Classificação, seguindo a mesma abordagem do trabalho relacionado RVII⁷, diferindo no descritor de característica utilizado. A etapa (i) é subdividida em duas fases: (i-a) geração dos descritores e (i-b) calibração do modelo. A Figura 2 mostra uma visão geral do processo de classificação.

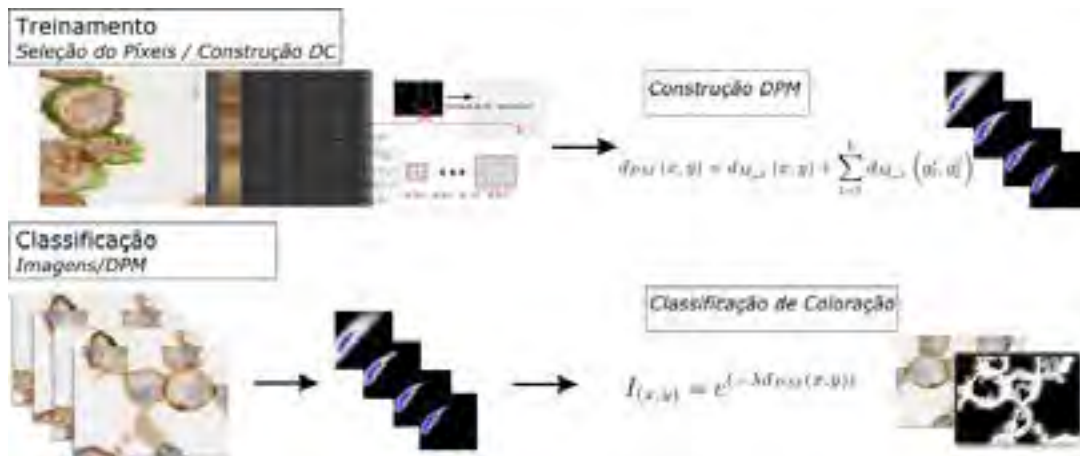


Figura 2: Visão geral da formação do DC

Na fase (i-a) são gerados os DC para formar o conjunto de treinamento, estes dados serão usados como entrada no processo de aprendizagem da métrica de distância. A Figura 2 ilustra uma imagem original, a seleção de pontos para treinamento (marcados em verde). Todos os píxeis selecionados no espaço de cor RGB e combinados com as medidas estatísticas relacionadas a textura LBP.

Na fase (i-b) da etapa de treinamento ocorre a calibração do modelo onde a métrica de distância é estabelecida. A Figura 2 ilustra a construção dos mapas polinomiais para cada ordem, onde os pontos em azul correspondem a distribuição do padrão alvo, os pontos dentro da área branca são considerados pertencentes ao padrão alvo, as áreas em preto são consideradas não pertencentes (as quatro imagens a direita, com ordens polinomiais distintas).

Na etapa (ii) classificação, ocorre a computação do cálculo de similaridade, para cada DC que representa um píxel, em um mapa polinomial de ordem q específico. Desta forma, para cada imagem processada é criada uma imagem de similaridade que define as áreas segmentadas de acordo com o padrão de coloração alvo aprendido.

Altas ordens polinomiais proporcionam diferenças significativas entre vetores de cor não similares, esta diferença aumenta de acordo com a ordem polinomial (q) escolhida. Portanto uma normalização é efetuada conforme:

$$I_{(x,y)} = e^{(-\lambda d_{PM}(x,y))} \quad (2)$$

onde a d_{PM} representa a DPM, $\lambda > 0$ representa um parâmetro de contraste para refinar o mapa polinomial. Esta normalização resulta em um valor variando entre 0 e 1 (para cada píxel (x,y)), vetores de cor similares são próximo de 1 e não similares próximo de 0.

Experimentos – Todo o Conjunto de Dados (CD) selecionado para avaliação neste trabalho foi extraído do Human Protein Atlas (HPA)²³. As imagens utilizadas são relativas ao gene CD44, a proteína codificada por este gene é classificada como um biomarcador para candidato a câncer. Estas imagens proveem de 56 linhas de células distintas, de origens variadas (p. ex. cérebro, fígado, mama, pele), e são relacionadas ao anticorpo CAB000316.

Foram utilizadas imagens da categoria linha de célula do HPA, onde são fornecidas imagens de sobreposição (metadados), com anotação píxel a píxel. O conjunto de imagens empregados nos experimentos foi composto por 24 imagens com dimensões de 508x508 píxeis com suas respectivas imagens de anotações, bem como uma imagem distinta para a extração do conjunto de treinamento.

Três grupos de experimentos foram elaborados para avaliar o DC definido: (i) Dimensionalidade, que consistiu em avaliar o grau de importância que cada dimensão do DC tinha em relação a representatividade do padrão de interesse; (ii) Desempenho, que consistiu em executar uma série de testes avaliando o resultado de classificação; e (iii) Variância que consistiu em uma análise de variância entre os testes realizados no segundo experimento.

Dimensionalidade - Em análises estatísticas conjuntos de dados com altos espaços dimensionais podem ser simplificados empregando um método definido como Análise de Componentes Principais (Principal Component Analysis - PCA)²⁴. A ideia principal consiste em prover um subespaço em que a maior parte da informação seja retida, uma vez que as medidas originais sejam projetadas neste subespaço.

O descritor definido inicialmente foi composto por 23 medidas, este experimento consistiu em avaliar a representatividade dos 20 componentes compostos por medidas estatísticas relativas ao filtro de textura, propondo um segundo DC representativo e reduzido.

Desempenho – Usualmente a medida de acurácia é a mais comum para avaliação de classificadores, entretanto ela não é suficiente quando existe um desbalanceamento entre as classes, conforme o corre nas imagens selecionadas para avaliação. Nestes casos medidas mais recomendadas são Precisão e Recall²⁵.

Dois experimentos relacionados ao desempenho de classificação foram executados: (i) Classificação Piloto (C-PI); e (ii) Classificação Principal (C-PR). O experimento C-PI teve a finalidade de definir o tamanho do conjunto de treinamento e a combinação de parâmetros, para a execução do experimento C-PR.

Para a análise do desempenho de classificação foram computadas as medidas de Sensitividade (SEN), Especificidade (ESP), Precisão (PRE), Acurácia (ACC), Taxa de Falso Positivo (TFP), Taxa de Falsa Descoberta (TFD) e Taxa de Falso Negativo (TFN). A Figura 3 mostra uma iteração dos experimentos realizados.

Todo o conjunto de imagens foi classificado pixel a pixel (C-PI e C-PR), gerando uma imagem de predição (Figura 3). Esta imagem foi confrontada com a imagem respectiva anotada (HPA), estabelecendo os valores de Verdadeiro Positivo (VP), Verdadeiro Negativo (VN), Falso Positivo (FP) e Falso Negativo (FN). Estes valores foram utilizados para calcular as medidas utilizadas na análise de desempenho.

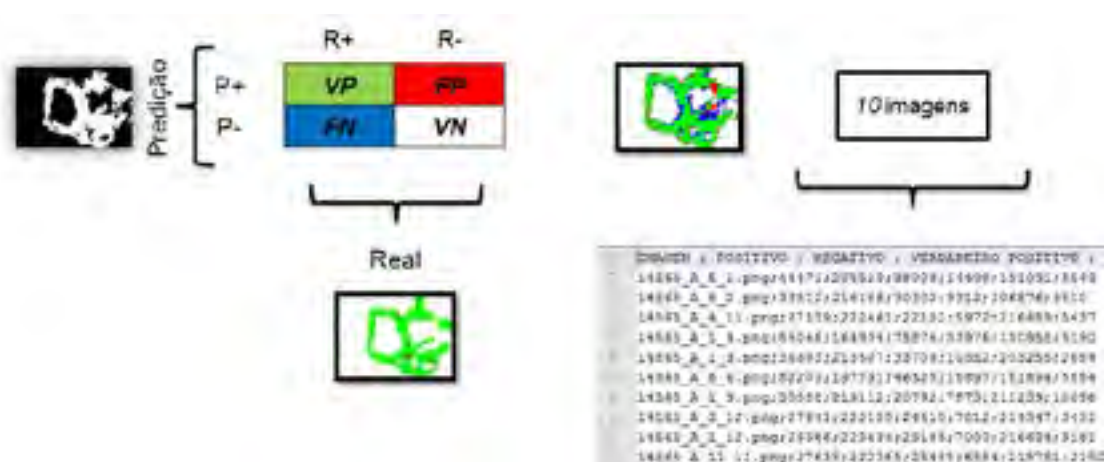


Figura 3: Experimento de Desempenho

No teste piloto de classificação foi utilizado um grupo de 10 imagens, para avaliar o comportamento dos três descritores (RGB, RGB-LBP completo, e o primeiro descritor reduzido), em combinações distintas de parâmetros.

Variância – O teste de hipótese pode assumir dois valores: H_0 , como hipótese nula ou verdadeira; ou H_a , como hipótese alternativa. Para aceitar a hipótese alternativa, o desempenho de classificação do método DPM, combinado com um descritor de características híbrido (cor mais textura), deve ser maior que o desempenho de classificação que considera o descritor simples (utilizando somente cor).

O experimento de Variância avaliou as medidas de Sensitividade, Especificidade, Precisão e Acurácia (medidas de acerto), bem como as medidas de Taxas de Falso Positivo, Falso Negativo e Falsa Descoberta.

O teste escolhido para o experimento de variância foi o Mann-Whitney (MW) ou Wilcoxon-Mann-Whitney, onde a ideia principal foi avaliar a posição central de duas populações, as hipóteses foram colocadas como:

$$H_0 : n_1 = n_2 \quad H_a : n_1 \neq n_2 \quad (3)$$

onde n_1 e n_2 são as medianas das populações 1 e 2 respectivamente, e H_a pode ser avaliada unilateralmente com $n_1 > n_2$ ou $n_1 < n_2$ de acordo com o que se deseja provar.

A hipótese nula neste experimento partiu do princípio que as variâncias entre as populações são iguais, ou seja, o desempenho de classificação dos descritores avaliados é o mesmo. Já a hipótese

alternativa investigada indica que o desempenho de classificação com o descritor baseado no método LBP é melhor do que o desempenho com o descritor que considera somente os valores de RGB, formalmente $n_2 > n_1$. Com estas definições foi possível calcular a estatística U do teste considerando um grau de confiança alfa de 0.05.

Resultados e Discussões

O descritor definido inicialmente foi composto por 23 valores, um dos experimentos planejado consistiu em avaliar a representatividade dos 20 componentes compostos por medidas estatísticas relativas ao filtro de textura. O método utilizado no experimento foi a Análise de Componentes Principais e teve como objetivo investigar a relevância de cada uma destas 20 medidas em relação ao padrão descrito.

No Figura 4 é mostrado o resultado do experimento de PCA, o eixo y relaciona os autovalores para cada componente resultante (eixo x). A linha em vermelho mostra a variabilidade acumulada do padrão descrito, ao longo das 20 componentes.

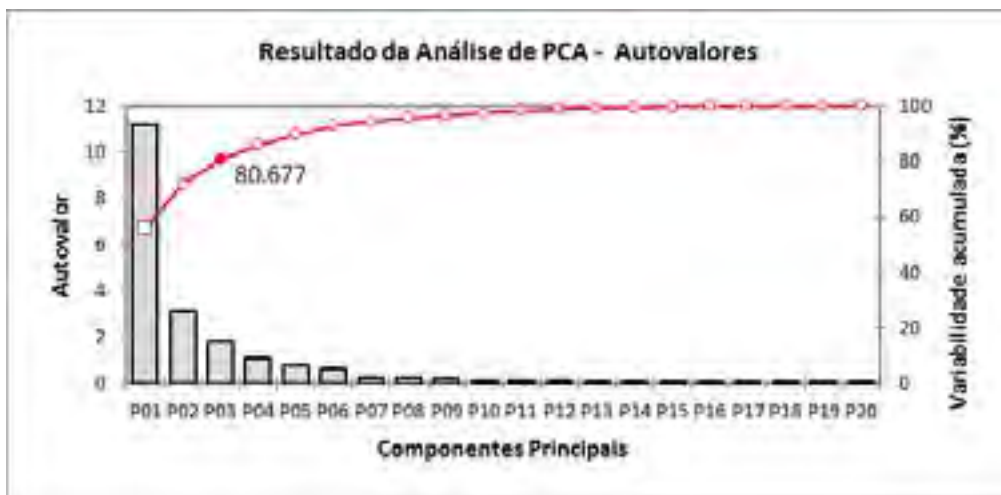


Figura 4: Resultado da análise de componentes principais sobre o DC

Como pode ser observado no gráfico da Figura 4, 80.677% (ponto preenchido com vermelho) da variabilidade (representatividade) do padrão descrito estavam contidas nas três primeiras componentes principais (P01, P02 e P03).

Um segundo descritor híbrido, combinando cor e textura foi definido (reduzido), baseado nas três medidas com maiores valores de contribuição, observadas na avaliação de PCA. Este novo descritor considerou as medidas de média, desvio padrão e energia nas janelas de 5x5 até 9x9. Este segundo descritor foi utilizado no experimento de desempenho principal, e definido por: DESC_MDE.

De acordo com os resultados encontrados durante o experimento piloto foi definido o experimento principal, com um conjunto de 23 imagens distintas das 10 imagens avaliadas preliminarmente. O conjunto de treinamento foi mantido o mesmo, 5100 amostras extraídas de uma imagem não considerada nos testes (preliminar ou principal). A Tabela 2 apresentou **à média, o desvio padrão, e a variância das medidas avaliadas.**

Na Tabela 2 é possível observar uma maior média nas medidas de ESP e PRE quando foi utilizado o descritor baseado no método LBP, nas demais medidas de acerto, a maior média foi encontrada com a utilização do descritor considerando somente os valores de cor RGB. Nas medidas de erro, as menores médias encontradas para T-FP e T-FD foram observadas empregando o descritor baseado no método LBP.

Tabela 2. Resultados do Experimento principal (média para 23 imagens)

	SEN	ESP	PRE	T-PN	T-FP	T-FD	T-FN	ACC	F1	MCC
DESC-MDE										
Média	0.701	0.991	0.866	0.978	0.008	0.134	0.022	0.971	0.767	0.761
Desvio	0.120	0.004	0.0332	0.007	0.004	0.033	0.008	0.007	0.074	0.065
Variância	0.0145	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.005	0.004
DESC-RGB										
Média	0.855	0.983	0.802	0.989	0.017	0.197	0.010	0.974	0.822	0.812
Desvio	0.100	0.007	0.045	0.006	0.007	0.045	0.006	0.007	0.046	0.045
Variância	0.010	0.001	0.002	0.001	0.001	0.002	0.001	0.001	0.002	0.002

O teste de variância foi realizado para as medidas de Precisão, Especificidade, Sensitividade e Acurácia. Com o teste de hipóteses realizado foi possível comprovar aumento no desempenho de classificação segundo a medida de precisão, quando utilizando o DC híbrido. Para as outras medidas assertivas não se observou diferença significativa. Para as medidas de erro, comprovou-se uma melhora de desempenho significativa, considerando as medidas de T-FN e T-FD. Para a medida de T-FP não se observou uma diferença significativa. Todos os testes de hipóteses foram efetuados utilizando o método não paramétrico Mann-Whitney, considerando um nível de significância alfa de 0.05.

Conclusão

Durante a execução do teste piloto, pode-se observar uma melhora no desempenho de classificação utilizando o descritor LBP, entretanto esta melhora não foi incondicional. Foi observada uma melhora nas medidas de Especificidade (Taxa de Verdadeiro Positivo) e Precisão. Já nas medidas de erros, o maior desempenho (menor valor, o que se espera de uma taxa de erro) encontrado utilizando o descritor RGB foi observado apenas na medida Taxa Falso Negativo.

Com o teste de hipóteses realizado foi possível comprovar a melhoria de desempenho de classificação segundo a medida de precisão, quando utilizando o DC híbrido. Para as outras medidas assertivas não se observou diferença significativa.

Para as medidas de erro, comprovou-se uma melhora de desempenho significativa com o DC híbrido, considerando as medidas de T-FN e T-FD. Para a medida de T-FP não se observou uma diferença significativa. Todos os testes de hipóteses foram efetuados utilizando o método não paramétrico Mann-Whitney, considerando um nível de significância alfa de 0.05. A escolha deste método deveu-se a característica de não balanceamento entre as classes.

A presente abordagem foi pensada para ser utilizada em um contexto maior de telemedicina. Como expectativa espera-se integrar o presente descritor de características a uma ferramenta Web para identificação de coloração imuno-histoquímica em imagens de alta resolução (que podem atingir valores entre 40Gb e 100 Gb, com dimensões de até 65000 x 45000 píxeis), projetada para o conceito de telepatologia, que vem sendo desenvolvida e encontra-se em fase de integração com o Sistema de Telemedicina e Telessaúde de Santa Catarina^{26, 27}.

Agradecimentos

Gostaríamos de agradecer ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio financeiro a este projeto.

Referências

- [1] Mouelhi A, Sayadi M, Mrad K, Romdhame B. K. Automatic image segmentation of nuclear stained breast tissue sections using color active contour model and an improved watershed method. *Biomed Signal Process Control*. 2013; 8(5):421-436.
- [2] Cataldo SD, Ficarra E, Macii E. Computer-aided techniques for chromogenic Immunohistochemistry: Status and Directions. *Comput Biol Med*. 2012; 42(10):1210-1225.
- [3] Gurcan M, Boucheron L, CAN A, Madabhushi A., Rajpoot N, Yener B. Histopathological image analysis: A review. *IEEE Rev Biomed Eng*. 2009; 2:147-171.
- [4] Liu B, Wang W, Fang X. Automatic extraction of positive cells in tumor immunohistochemical pathology image based on ycbcr. *WCICA 2006: Proceedings of the 6th World Congress On Intelligent Control And Automation*; 2006 Jun- 21-23, Dalian, China. IEEE; 2006. p. 9708–9712.
- [5] Wemmert C, Krüger JM, Forestier G, Sternberger L, Feuerhake F, Gançarski P. Stain unmixing in brightfield multiplexed immunohistochemistry. *ICIP 2003: Proceedings of the 20th IEEE International Conference On Image Processing*; 2003 Sep 15-18, Melbourne, Australia. IEEE; 2003. p. 1125 - 1129.
- [6] Ficarra E, Macii E, Computer-aided evaluation of protein expression in pathological tissue images. *CBMS 2006: Proceedings of the 19th International Symposium on Computer-based Medical Systems*; Jun 20-22, Porto, Portugal. IEEE; 2006. p. 413–418.
- [7] Sobieranski A, Neto SLM, Coser L, Comunello E, Wangenheim AV, Ferreira EC, et al. Learning a nonlinear color distance metric for the identification of skin immunohistochemical staining. *CBMS 2009: Proceedings of the Computer-based Medical Systems*; Aug 3-4, Albuquerque, USA. IEEE; 2009. p. 1-7.
- [8] Jitaree, S.; Phinyomark, A.; Thongnoo, K.; Boonyapiphat, P.; Phukpattaranont, P. Classifying breast cancer regions in microscopic image using texture analysis and neural network. *BMEICON 2013: Proceedings of the 6th International Conference on Biomedical Engineering*, 2013. p. 1–4.
- [9] Mete, M.; Topaloglu, U. Statistical comparison of color model-classifier pairs in hematoxylin and eosin stained histological images. *CIBCB 2009: Proceedings of the 9th IEEE Symposium on Computational Intelligence in Bioinformatics and Computational Biology*. Nashville, IEEE Computational Intelligence Society, 2009, p. 284 – 291.
- [10] Hui, W.; Zhiguo, Z.; Longmei, J. Automatic detection of lumina in mouse liver immunohistochemical color image using support vector machine and cellular neural network. *CIS 2011: Proceedings of the International Conference on Computational Intelligence and Security*. 2011, Hainan, China. IEEE; 2013, p. 1086–1090.
- [11] Dong, J.; Li, J.; Fu, A.; Lv, H. Automatic segmentation for ovarian cancer immunohistochemical image based on yuv color space. *ICBECS 2010: Proceedings of the International Conference on Biomedical Engineering And Computer Science*; 2010, Apr 23-25, Wuhan, China. p. 1–4.
- [12] Samsi S, Lozanski G, Shanarah A, Krishanmurthy AK, Gurcan MN. Detection of follicles from IHQ-stained slides of follicular lymphoma using iterative watershed. *IEEE Trans Biomed Eng*. 2010; 57(10): 2609–2612.

- [13] Zhao, P.; Mao, K.Z.; Koh, T. S.; Tan, P. H. Automatic cell analysis for p53 immunohistochemistry in bladder inverted papilloma. IEEE EMBS 2003: Proceedings of the IEEE Asian-Pacific Conference on Biomedical Engineering. Oct 20-22, IEEE2003, p. 168-169.
- [14] Mao K, Zhao P, Tan PH. Supervised learning-based cell image segmentation for p53 immunohistochemistry. IEEE Trans Biomed Eng. 2006; 53(6):1153–1163.
- [15] Kostopoulos S, Cavouras D, Daskalakis A, Bougioukos P, Georgiadis P, Kagadis GC, et al. Colour-texture based image analysis method for assessing the hormone receptors status in breast tissue sections. EMBS 2007: Proceedings of the 29th Annual International Conference on Engineering In Medicine And Biology Society; 2007 Aug 22-26, Lyon, França. p. 4985–4988.
- [16] Amaral T, Mckenna SJ, Robertson K, Thompson A. Classification and Immunohistochemical scoring of breast tissue microarray spots. IEEE Trans Biomed Eng. 2013; 60(10):2806–2814.
- [17] Signolle, N.; Revenua, M.; Plancoulaine, B.; Herlin, P. Wavelet-based multiscale texture segmentation: Application to stromal compartment characterization on virtual slides. Signal Processing. v.90, i.8, p.2412-2422, 08/2010.
- [18] Shu J, Qiu G, Mohammad I. A Semi-automatic Image Analysis Tool for Biomarker Detection in Immunohistochemistry Analysis. ICGI 2013: Proceedings of the International Conference On Image And Graphics; 2013 Jul 26-28, Shandong, China. Elsevier Science; 2013. p. 937–942.
- [19] Gonzalez RC; Woods RE. Processamento Digital de Imagens. 3. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.
- [20] Gu J, Liu C. Feature local binary patterns with application to eye detection. Neurocomputing, 2013; 113:138-152.
- [21] Nanni L. Brahmam S, Lumini A. A simple method for improving local binary patterns by considering non-uniform patterns. Pattern Recognit. 2012; 45:2012.
- [22] Grudic GZ, Mulligan J. Outdoor Path Labeling Using Polynomial Mahalanobis Distance. Robotics: Science and Systems II, pp. 16-19, 2006.
- [23] Pontén F, Jirstrom K, Uhlen M. J Pathol. 2008; 216(4): 387-393.
- [24] Pearson K. On lines and planes of closest fit to systems of points in space. Philosophical Magazine, 1901; 2(6):559-572.
- [25] Arbel R, Rokach L. Classifier evaluation under limited resources. Pattern Recognit Lett. 2006; 27:1619-1631.
- [26] Maia RS, Wangenheim AV, Nobre LF. A state wide telemedicine network for public health in Brazil. CBMS 2006: Proceedings of the 19th International Symposium on Computer-based Medical Systems; Jun 20-22, Porto, Portugal. IEEE; 2006. p. 495-500.
- [27] Wallauer J, Macedo D, Andrade R, Wangenheim AV. Creating a statewide public health record starting from a telemedicine network. IT Professional. 2008; 10(2):12–17.;

Contato

Marcelo Dornbusch Lopes, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Campus Universitário Trindade, Departamento de Informática e Estatística – sala 320, 88040-900 Fone: 55-48-37214715 Florianópolis – SC – Brazil – marcelo@incod.ufsc.br.

CONSULTA ASSÍNCRONA DERMATOLÓGICA USANDO O REGISTROS ELETRÔNICOS DE SAÚDE

ASYNCHRONOUS DERMATOLOGY TELECONSULTATIONS USING A PERSONAL HEALTH RECORD

TELECONSULTAS DERMATOLÓGICAS ASINCRÓNICAS UTILIZANDO UN REGISTRO PERSONAL DE SALUD

Janine Sommer¹, José Federico Rodriguez¹, Santiago Márquez Fosser¹,
Fernando Plazzotta¹, Daniel Luna¹

¹Departamento de Informática en Salud. Hospital Italiano de Buenos Aires, Argentina

Resumo: Tecnologías de comunicação tais como a telemedicina, fornecer alternativas para a comunicação médico-paciente. Pacientes cada vez mais, médicos e instituições que utilizam essa mídia para consulta. A consulta assíncrona requer serviço de encaminhamento Guardado e saúde informações do paciente para o especialista. Este estudo descreve a concepção e implementação de um serviço de próxima consulta assíncrona dermatológica usando o Registros Eletrônicos de Saúde e Registros de Saúde Pessoal interação no Hospital Universitário.

Palavras-chave: Telemedicina, Consulta Remota, Registros de Saúde Pessoal, Registros Eletrônicos de Saúde

Resumen: Las tecnologías de la comunicación aplicadas a la salud, como la Telemedicina, proporcionan alternativas para la comunicación médico paciente. Cada vez son más los pacientes, médicos e instituciones que utilizan este medio para realizar una consulta. La consulta asincrónica requiere de un servicio de Guardado y Reenvío de información de salud por parte del paciente hacia el médico especialista. Este estudio describe el diseño y próxima implementación de un servicio de consulta asincrónica dermatológica que utiliza la interacción de la Historia Clínica Electrónica (HCE) y Portal Personal de Salud (PoPes) en un Hospital Universitario.

Palabras clave: Telemedicina, Consulta remota, Historia Clínica Electrónica Registro personal de salud.

Introducción

Los sistemas de salud pueden ser evaluados considerando 3 grandes desafíos que deben superar: (a) obtener un mejor acceso a los servicios de salud, (b) aumentar la calidad en la atención y (c) disminuir los costos. Las Tecnologías de Información y Comunicación en Salud (TICS) disponen un conjunto de herramientas que podrían facilitar la superación de estos desafíos¹. Las aplicaciones en Telemedicina son parte de estas TICS y, en términos simples, hacen referencia a la prestación de servicios médicos a distancia. Pero lejos de ser una aplicación se trata de una nueva modalidad de asistencia sanitaria que tiene a la tecnología como uno de sus componentes, es decir, como un medio de comunicación o canal para el intercambio de información médica².

Cada vez son más los pacientes, médicos e instituciones que utilizan la Telemedicina y diferentes investigaciones muestran los beneficios terapéuticos en varias especialidades como Psiquiatría, Anatomía Patológica, Cardiología y otras especialidades³⁻⁴. Entre ellas, Dermatología parecería ser una de las especialidades ideales para implementar Telemedicina, debido a que son muchos los trabajos de investigación que describen su uso en esta modalidad de atención¹³⁻¹⁵

Una de las modalidades de implementar Telemedicina es a través de las consultas asincrónicas, también conocidas como servicio de Almacenamiento y Reenvío (Store and forward), en la que médico y paciente intercambian información en diferentes momentos. Ya fue demostrado que este tipo de consulta tiene similar fiabilidad en comparación con las consultas sincrónicas (a través de videoconferencia) y son muchos los profesionales de la salud que prefieren las consultas asincrónicas por considerarlas con una mejor costo-efectividad en relación a la consulta sincrónica⁵.

Habitualmente esta modalidad es utilizada entre profesionales del primer nivel de atención y médicos dermatólogos especialistas. Existen múltiples herramientas comerciales de consultas asincrónicas para diferentes especialidades médicas, sobre todo aquellas que se basan en imágenes. Estas soluciones generalmente utilizan plataformas y bases de datos no integradas con los sistemas de información del hospital, requiriendo que tanto médico como paciente deban acreditar identidad en el sistema de teleconsultas. No encontramos evidencia de un sistema de consultas asincrónicas solicitada por el paciente a través de un registro médico personal y una historia clínica electrónica, donde la información sea capturada por el paciente y reenviada al médico especialista.

El objetivo del presente trabajo es describir la planificación e implementación de un sistema de consultas asincrónicas en Dermatología aplicados en un Registro Médico Personal y una Historia Clínica Electrónica.

Materiales y métodos

Escenario: El trabajo se realizó en un Hospital Universitario de alta complejidad fundado en 1853. Pertenece a una red sanitaria sin fines de lucro que incluye un segundo hospital de mediana complejidad, 25 centros ambulatorios y 150 consultorios particulares distribuidos en la ciudad de Buenos Aires y el conurbano bonaerense. La infraestructura se completa con 750 camas de internación, 200 de las cuales son para cuidados críticos, 800 camas de internación domiciliaria y 41 quirófanos. En la red trabajan 2800 médicos, y otros 2800 profesionales de la salud, y aproximadamente 1900 personas de los sectores administrativos y de gestión. Anualmente se realizan aproximadamente 45.000 egresos, 3 millones de consultas y 45000 procedimientos quirúrgicos. A través de un modelo de financiamiento prepago ofrece cobertura a más de 160.000 afiliados, con un modelo de atención capitada. También posee un Instituto Universitario que dicta las carreras de Enfermería, Medicina, Bioquímica y Farmacia, y un Instituto de Ciencias Básicas y Medicina Experimental¹².

Sistema de Información en Salud: Desde el año 1998 se ha implementado de manera gradual un Sistema de Información en Salud (SIS) a partir de un desarrollo “in house” que maneja la información médica y administrativa desde la captura hasta el análisis. Incluye una única Historia Clínica Electrónica (HCE) web, episódica, modular, orientada a problemas y centrada en el paciente, que permite el registro de la atención en los ámbitos: ambulatorio, internación, emergencias y atención domiciliaria; la solicitud de estudios complementarios; prescripción farmacológica y visualización de resultados. A través de la integración con un sistema de almacenamiento y transmisión de imágenes (PACS) es posible visualizar las imágenes médicas asociadas al paciente¹².

Diseño y Evolución Del Proyecto PoPeS: En el año 2006 este Hospital inició el Proyecto Portal Personal de Salud (PoPeS), un Registro Médico Personal (Personal Health Record) integrado con la historia clínica electrónica.

El PoPeS es una aplicación Web que presenta al usuario, en una interfaz única, contenidos y funcionalidades obtenidas del sistema de información clínico. Brinda servicios y acceso a datos unificados en múltiples aplicaciones, permitiendo a los pacientes atendidos en la red acceder a consultar y actualizar la información demográfica ingresada en el padrón, consultar los turnos agendados, realizar búsquedas de profesionales médicos, ver los fármacos indicados por sus médicos a través de la HCE⁷, y el stock disponible de los mismos en las Farmacias de la Red Interna y solicitar el envío a domicilio. El PoPeS, introdujo la herramienta “mensajería” como otra alternativa para la comunicación entre médicos de cabecera y pacientes desde sus inicios. En 2012 se realizó el primer rediseño del Portal aplicando técnicas de Diseño Centrado en el Usuario (DCU), lo que permitió una interfaz más intuitiva y amigable para los pacientes⁸. Durante el año 2015 se trabajó en el segundo rediseño del PoPeS aplicando también técnicas de DCU cuya implementación se realizó en el mes de Mayo 2016 y sobre la cual se implementó la consulta asincrónica como un nuevo canal de comunicación para los pacientes.

Evaluación: Se realizó una investigación cualitativa de Noviembre a Diciembre de 2014 basada en entrevistas y grupos focales a diferentes profesionales de la salud para medir sus expectativas con respecto a la Telemedicina⁹. De este trabajo se extrajeron diferentes dominios acerca de la telemedicina, los distintos profesionales de salud referían: 1) la importancia de conocer al paciente previamente para poder iniciar una teleconsulta; 2) cómo las telecomunicaciones se habían instalado en el flujo de trabajo diario, donde ellos mismo brindaban a través de sistemas de mensajería externos como Whatsapp o correo electrónico, así mismo apreciaron la utilidad que posee este tipo de atención en pacientes que viven lejos del centro de atención; como comentarios negativos se reflejó la escasa regulación que hay sobre este tipo de consultas, el amparo legal, la pérdida de profesionalismo y la necesidad de que el hospital determinara un uso apropiado del sistema. Frente a esta problemática el servicio de Dermatología decidió impulsar esta herramienta para brindar una solución-formal, y solicitó al Departamento de Informática en Salud, el desarrollo de las consultas asincrónicas englobadas en el término ya conocido como Teledermatología.

Teledermatología: La Teledermatología se refiere al cuidado dermatológico a través de una vía de comunicación e información¹⁰. Es conocida la efectividad de la Teledermatología en la detección, diagnóstico, tratamiento y resultados de las enfermedades de la piel. Según un estudio del 2014¹¹, la Teledermatología permite obtener un cuidado de la piel mejor, más barato y más rápido”. Cuando se refiere a “Mejor” se relaciona a que las nuevas tecnologías cada vez más sofisticadas, permiten que el diagnóstico se realice en forma remota enriqueciendo el conocimiento de dermatólogos que atienden a pacientes sin necesidad de recurrir a un especialista. “Más barato y rápido” se refiere a que promueve la eficiencia, pudiendo atender a un mayor volumen de pacientes sin consumir tiempo innecesario en las consultas presenciales¹¹. Dado los numerosos estudios que hablan sobre la efectividad de la Teledermatología se optó por comenzar con este servicio para la implementación de una consulta asincrónica. Se trabajó con integrantes del servicio de Dermatología y se pautaron los contenidos necesarios para la confección de un formulario web. Junto con desarrolladores y residentes del área de informática se trabajó en el diseño de interfaz de la herramienta dentro del PoPeS, su conexión con la Historia Clínica Electrónica y la dinámica de trabajo del servicio de dermatología. Se utilizó un método iterativo en el diseño que fue cambiando con cada test de uso hasta quedar con la versión final (ver figura 1), teniendo en cuenta que se trata de un modelo genérico, en el cual dermatología era el punto de partida, pero debía ser lo suficientemente estándar como para replicarse en otros servicios. Para la taxonomía utilizada, se realizó una encuesta informal distribuida a través de redes sociales

como Twitter y Facebook para poder nombrar los diferentes servicios que engloban a la Telemedicina y en los cuales se encuentra trabajando el Hospital Universitario, así fue como quedo el nombre de “Mi salud Virtual” para llamar a esta modalidad de atención y el nombre de “Consulta diferida” para nombrar a la consulta asincrónica.



Figura 1 - Primer prototipo de baja fidelidad de la interfaz de consulta asincrónica

Hasta el momento no existía un modelo de atención que no se base en el modelo clásico de consulta ambulatoria, de guardia o internación. Implementar una nueva modalidad de atención requería modificar los sistemas administrativos incluyendo los de facturación. Se analizaron los posibles casos de uso de consulta en cuanto a la aceptación o no del caso por parte de los dermatólogos, problemas en la facturación, fallas en la transmisión de información, información incompleta o inadecuada y/o imágenes de baja calidad que no sirvieran para una orientación diagnóstica. Al tratarse de una nueva modalidad de atención, fue necesario validar los procesos relacionados con el producto a través de un comité especial de la institución, así como el asesoramiento legal para evaluar los posibles riesgos en cuanto a privacidad, confidencialidad, seguridad de la información y eventual impacto en la praxis profesional.

Implementación:

El proceso de implementación se planificó en 2 etapas, la primera en la que se realizó un piloto a cargo de los residentes de Informática clínica conjuntamente con los especialistas en Dermatología, y una segunda etapa en la cual se implementará activamente para los interesados afectando el Portal de Salud de Pacientes y la Historia Clínica Electrónica. Al cierre del presente trabajo el sistema está en la primera etapa de Piloto simulando casos a cargo de los Residentes de Informática en Salud y médicos Dermatólogos.

Resultados

Arquitectura General

Para la realización del proyecto se integró el Portal Personal de Salud y la Historia Clínica Electrónica, donde los pacientes ingresan los datos de forma estructurada, asocian imágenes, realizan el

pago de la consulta que se realiza con un sistema de pago seguro externo al hospital para que dicha consulta sea enviada a la HCE. El Dermatólogo que toman la consulta, visualiza la lista de pacientes en la página inicial de la HCE donde al acceder a la historia visualiza el documento clínico enviado desde el Portal en formato *Clinical Document Architecture (CDA)*. Desde la historia clínica se agregó un sistema de mensajería hacia la teleconsulta con el Portal para que médico y paciente puedan intercambiar mensajes con la posibilidad de adjuntar contenido multimedia. El médico tiene la posibilidad de cerrar la consulta con una recomendación hacia los pacientes, registrando una evolución final solo visible en la HCE del paciente, ver flujograma (figura 2).

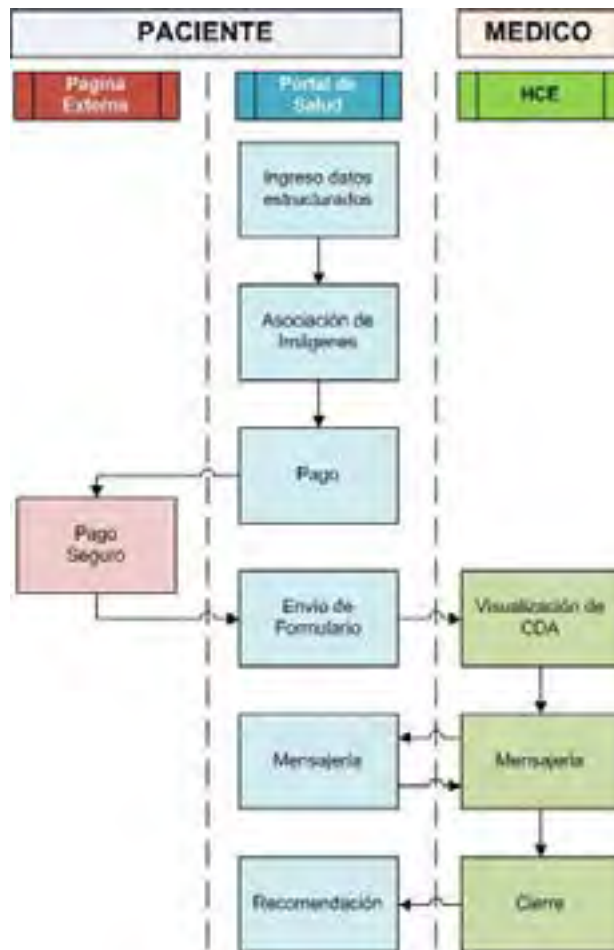


Figura 2, Interacción de datos entre el Portal y la HCE.

Portal Personal de Salud

Los pacientes acceden a través de un log con el número de Documento Nacional de Identidad (DNI) Argentino y una contraseña, proceso generado luego del empadronamiento como afiliados al Plan de Salud HIBA.

En el menú lateral izquierdo de la página inicial del Portal de Salud se agregó un nuevo módulo denominado “Mi Salud Virtual”, el cual contiene los 3 pestañas llamadas: 1) “Nueva Consulta”, 2) “Consultas Activas”, 3) “Historial”. En la primer pestaña se incluyeron 3 diferentes tipos de consultas, una de las cuales es “Consultas diferidas” que fue el nombre que se le asignó a las consultas asincrónicas (figura 3).



Figura 3, Página inicial para acceder a consultas asincrónicas.

Al acceder a “Consultas Diferidas” es necesario indicar en primera instancia la especialidad, que en nuestro caso como primer paso solo se dispone Dermatología, para luego elegir el tipo de cobertura de seguridad social. Al continuar se informa al usuario con una ventana pop up un recordatorio de 5 contenidos claves de términos y condiciones generales que se dispusieron como los más importantes, para poder avanzar es necesario tipear textualmente y en mayúsculas “ACEPTO” en un campo de texto corto (figura 4). Luego se muestran el texto completo de términos y condiciones los cuales son aceptados al final por medio de un concepto tipo checkbox y un botón continuar.

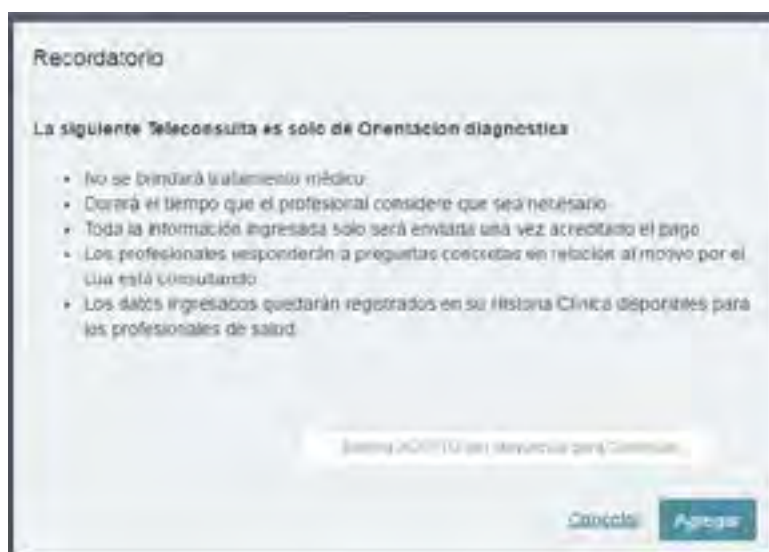


Figura 4, Recordatorio resumido con las condiciones más importantes para los pacientes.

Una vez aceptados los términos, se accede definitivamente a los campos estructurados de carga de datos (figura 5). Se dispusieron 5 pasos en forma de wizard:

1. *Datos Personales*, donde se solicitaron todos los datos filiatorios;
2. *Consulta*, que incluyó los datos del motivo de consulta describiendo características de las lesiones, y como elemento más importante un botón “examinar” para la carga de las imágenes que se adjuntan (figura 6);
3. *Antecedentes y enfermedades de la piel*, para describir aquellas patologías dermatológicas previas;
4. *Carga de estudios*, donde se pueden cargar y describir datos generales de otros métodos complementarios realizados fuera de la institución;

5. Pago de servicio, último paso en el cual se accede al pago redirigiendo a una url externa perteneciente a un servicio de pago seguro con tarjeta de crédito contratado por la institución, siendo también posible realizar una vista previa del documento CDA a enviarse a la HCE (figura 6).



Figura 5, Interfaz de los pasos para la realización de la teleconsulta.

La mayoría de los datos a ingresar se consideran obligatorios, sobre todo en los pasos 1 y 2; además para la carga de imágenes que también era mandatoria, se podrían subir más de un elemento. En la carga de otros estudios del paso 4 se pueden cargar diferentes formato de archivos tales como de procesadores de texto e imágenes.

Referido al pago en página externa, se estableció una integración entre el portal y la página, que luego de la transacción envía respuesta de transacción “aprobada” que permite de esa manera almacenar la información de forma definitiva y enviar el formulario en formato CDA para ser visualizado en la HCE. En casos en los que los pacientes por algún problema de conexión e inconsistencia de la carga de datos pierdan o sea cerrado el navegador, la información queda guardada asociada al usuario para recuperarse posteriormente desde el ingreso a “Mi Salud Virtual” y de esta manera continuar la consulta.



Figura 6, Botón examinar para adjuntar las imágenes dentro del 2do paso.

Una vez pagada y enviada la consulta hacia la HCE, dentro de la pestaña “Consultas Activas” queda registrada esa consulta con estado “en curso” conteniendo los datos del profesional que haya tomado el caso.

En este mismo lugar se establece la mensajería entre médico y paciente en la que además de intercambiar texto, se puede asociar elementos multimedia que sean de utilidad para el profesional (figura 7).

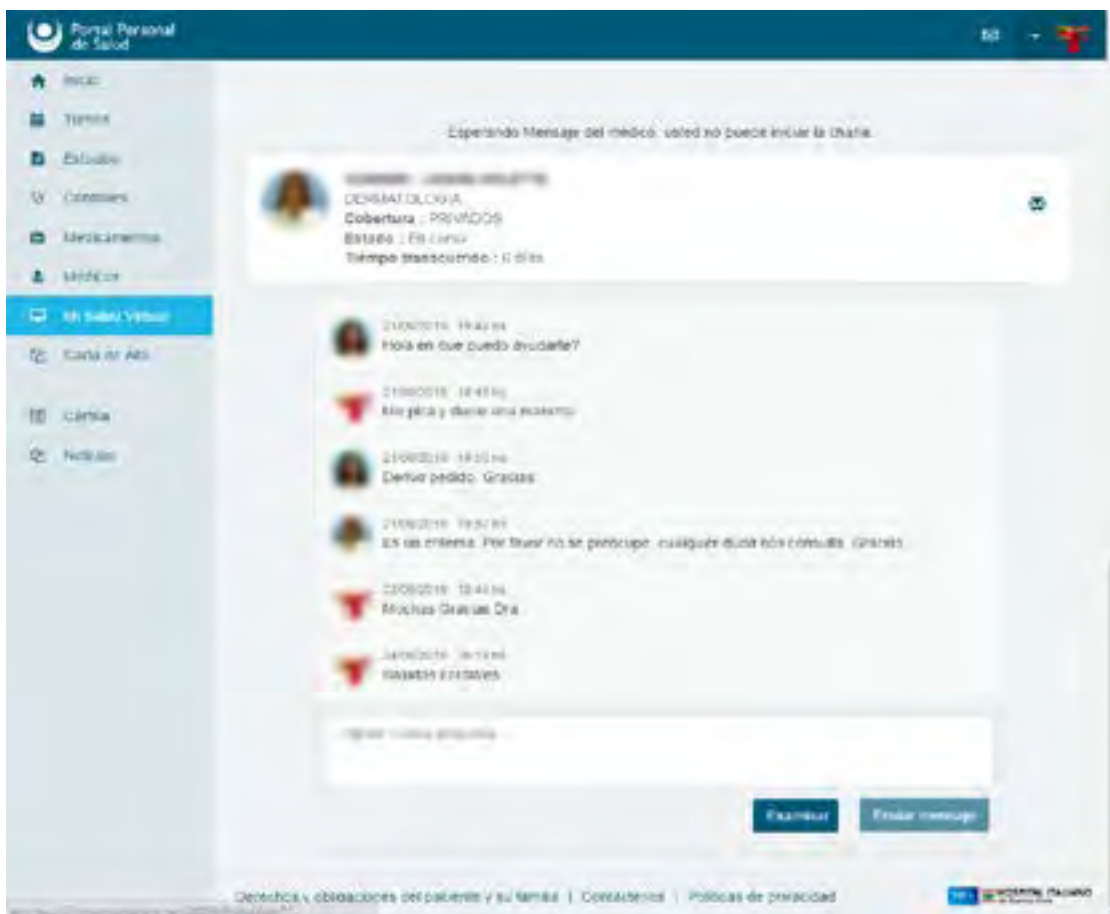


Figura 7, Interfaz de mensajería en el Portal de Salud.

La mensajería se configuró de tal manera que el médico es el que puede enviar el primer mensaje para ser respondido por el paciente, y a partir de ese momento interactuar entre ambos. Además cuando el profesional cierra la consulta desde la HCE, se deshabilita la mensajería y automáticamente la consulta queda archivada en el historial con el CDA que se envió en un primer momento (figura 8).

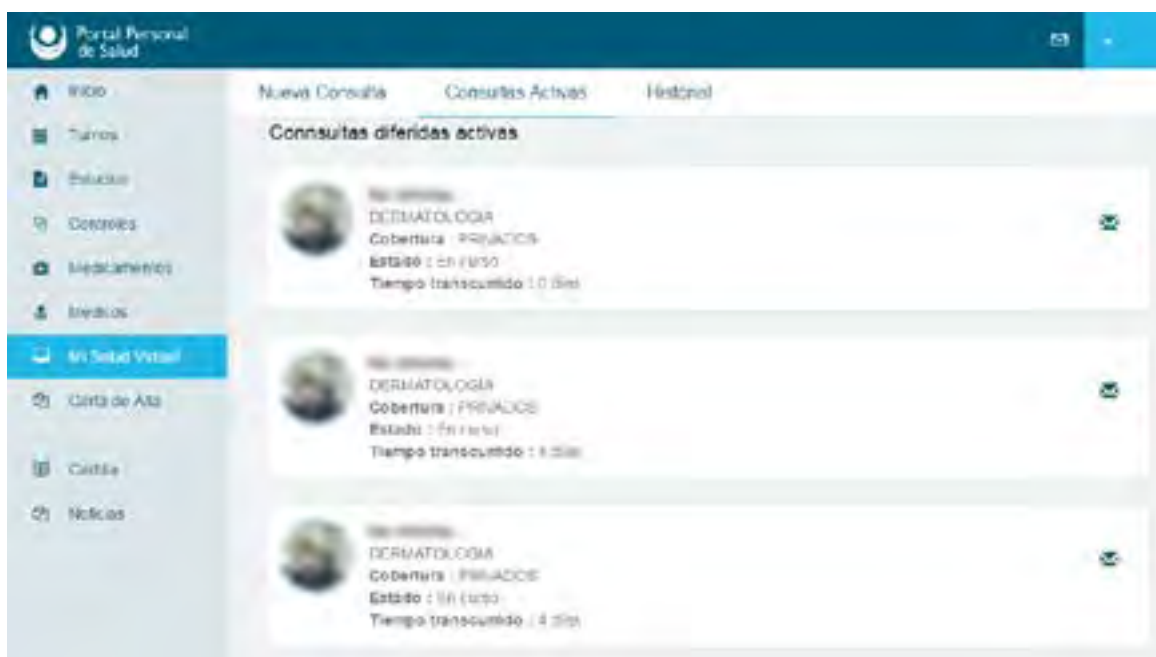


Figura 8, Visualización del historial de consultas del paciente.

Historia Clínica Electrónica

El acceso a la HCE se realiza a través de la Intranet institucional del hospital, cuando el Médico ingresa debe elegir un área jerárquica es así que la funcionalidad agregada a la historia clínica se asoció al área “Dermatología”. De esta manera se restringe la visibilidad sólo a aquellos profesionales que poseen esta área.

Otra característica importante es que se definió 2 tipos de roles de usuarios para la atención de las consultas, el primer tipo es el médico “coordinador” quien recibe las consultas enviadas desde el Portal de manera sistemática a medida que los formularios son ingresados pudiendo también tomarlas para asistir a esos pacientes o de lo contrario derivar a colegas; el segundo tipo de usuario es el médico “asistencial” quien tiene la potestad de realizar solamente atención médica de esas consultas o bien derivar (devolverlas) a los médicos coordinadores pero no reciben las nuevas consultas recién ingresadas (figura 9).

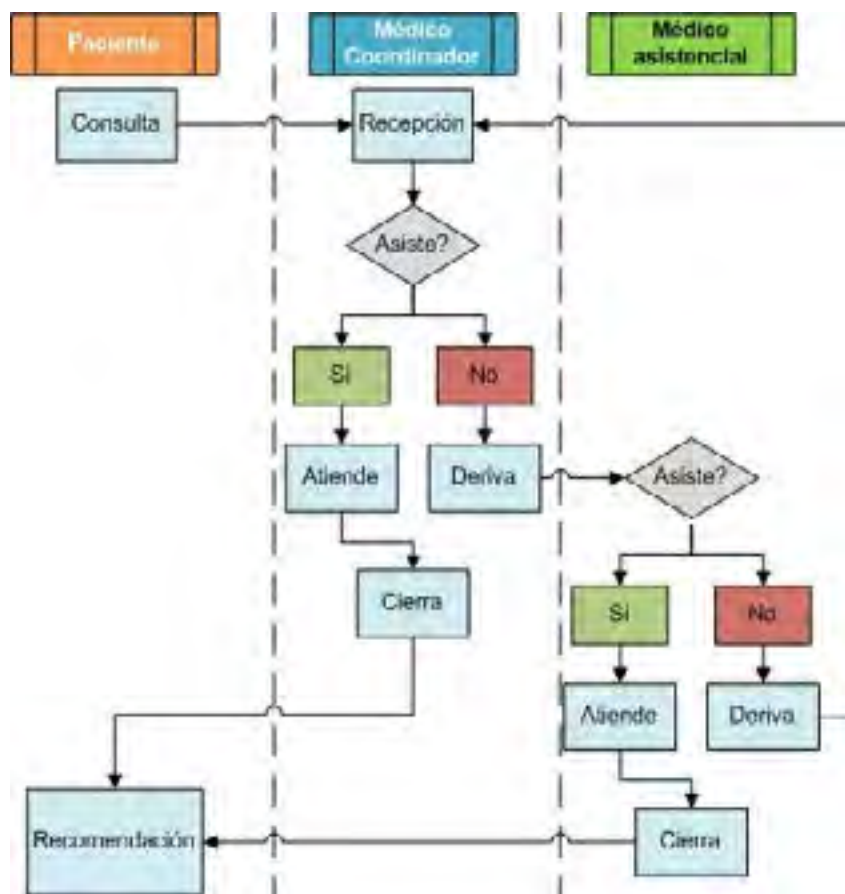


Figura 9, Descripción del proceso de atención.

En la hoja inicial de la HCE se agregó un módulo denominado “Teleconsultas” dentro de la lista de trabajo visible en una columna izquierda. Aquí se alojan cada uno de las consultas que ingresan para un usuario determinado; en el caso de coordinadores consultas nuevas y derivadas; y en asistenciales sólo aquellas derivadas.

En la ventana se enlistan todos los pacientes que realizaron las teleconsultas donde se detallan la edad, nombres y apellidos, estado de la consulta y tiempo transcurrido en días desde que se inició la misma. Con respecto a los estados, en el caso de aquellas consultas que fueron tomadas por los profesionales se pre definieron 3 estados, “Respondida”, “Para Responder” y “Finalizada” aplicables para

ambos tipos de usuarios; en el caso de médicos coordinadores tienen 2 estados extras para aquellas nuevas consultas que ingresan a los que se denominaron “Para Derivar” y “Derivado” (Figura 10).



Figura 10, Vista de página inicial de HCE en Teleconsultas.

Al ingresar a los pacientes que figuran en la lista, se accede al CDA enviado desde el Portal desde el ámbito de atención ambulatoria, donde se creó un nuevo módulo llamado “Telemedicina”, que está visible sólo a los médicos con área jerárquica “Dermatología”.

Cuando se accede a dicho módulo se visualiza el CDA donde en el encabezado se colocó un botón para tomar la consulta y otro para derivar (figura 11). Por debajo se muestra el histórico de consultas donde se visualizan las derivaciones previas si las hubiera con los datos de los otros profesionales fechas y motivos de las derivaciones.

En el extremo inferior del documento se colocó el servicio de mensajería donde el médico intercambia los mensajes con los pacientes, y además un botón para cerrar la consulta cuando el médico así lo prefiera (Figura 11).

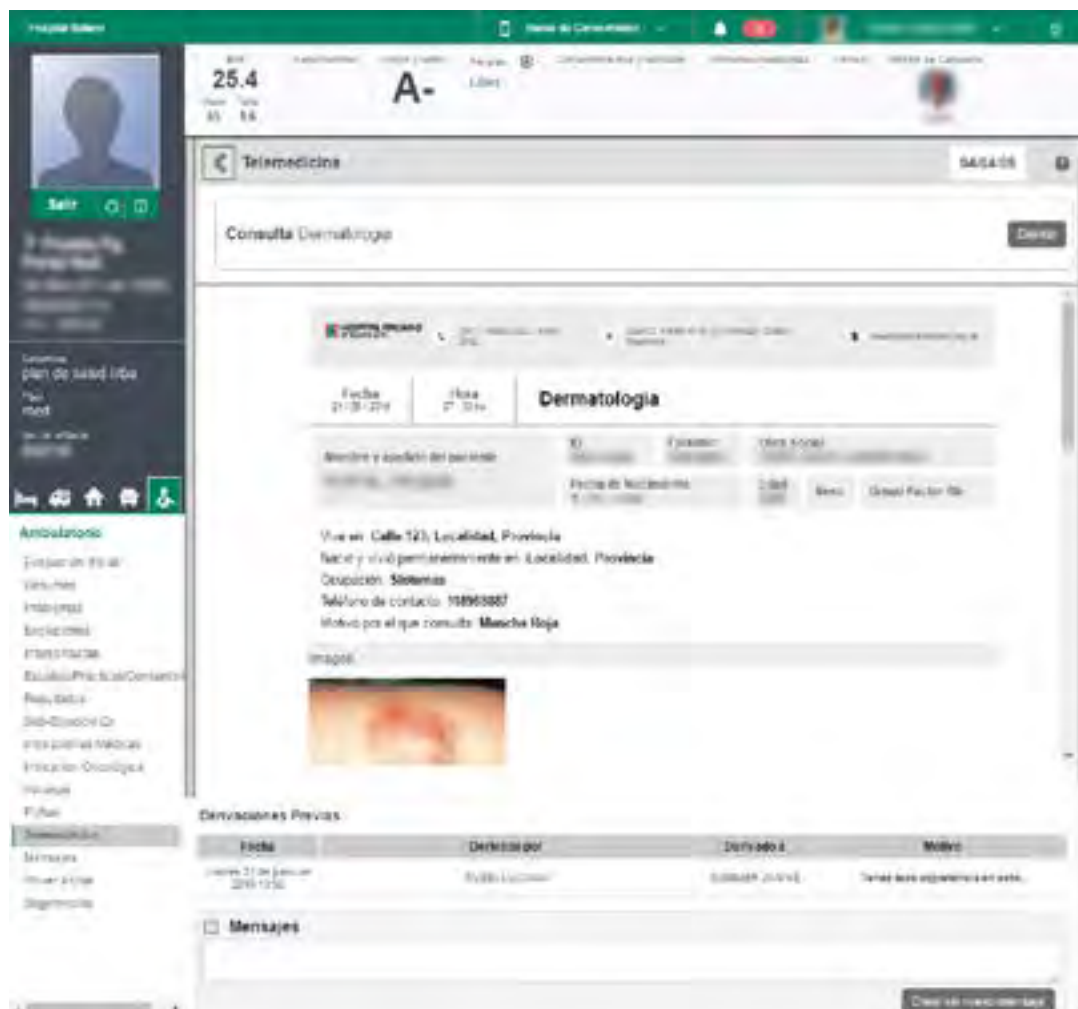


Figura 11, Visualización de derivaciones y del servicio de mensajería en la HCE.

Cuando se cierra la consulta, es necesario realizar una evaluación final a la cual se debe asociar un problema, en esta nota clínica el médico realiza un resumen de lo acontecido. Al guardar ese documento es visible transversalmente a todos los profesionales con acceso a la HCE independientemente de las áreas jerárquicas dentro del módulo de “Evoluciones”; ya que se consideró como un documento de utilidad para el cuidado de la salud del paciente.

Discusión

En cuanto a las limitaciones del artículo cabe resaltar que este flujo de atención propuesto en este tipo de atención, por ejemplo, las distintas preguntas realizadas en el formulario que envía el paciente y otras características tal vez no sea extrapolable a otros ámbitos o instituciones, pero el modelo general de atención con la descripción que se brinda en este artículo podría generar nuevas ideas y brindar las bases para futuras modalidades de atención a distancia. Una línea futura es la realización de un artículo posterior a la implementación del proyecto, ofreciendo este servicio al público en general, evaluando el funcionamiento del sistema en general y en forma cuantitativa, la satisfacción de profesionales y pacientes con la atención recibida, las interfaces utilizadas, así como estudios de costo-efectividad a largo plazo.

Conclusión

Este artículo se propuso realizar una descripción de una futura implementación de Telemedicina. A la fecha no hay descritas soluciones de teleconsultas que integren un portal personal de salud y una Historia Clínica Electrónica. En nuestra propuesta, el paciente accede a su Portal, en el que previamente acreditó su identidad, y solicita una consulta con un profesional a distancia. En un segundo tiempo, un profesional accede a la HCE, validando su identidad. De esta forma, el paciente es atendido por un profesional acreditado. Podríamos considerar que la consulta realizada desde dos aplicativos distintos, un Portal Personal de Salud orientado en la propia administración de la información de Salud por parte del paciente y la HCE institucional en la cual el médico puede visualizar toda la información actualizada del paciente en el mismo momento de responder la Teleconsulta es un valor agregado al proyecto de implementación de telemedicina en nuestro ámbito.

Referencias

- [1] El sistema de salud argentino y su trayectoria de largo plazo: Logros alcanzados y desafíos futuros. 2011 Dec 21 [cited 2014 Dec 12]; Available from: http://www.paho.org/arg/index.php?option=com_content&view=article&id=860:el-sistema-salud-argentino-trayectoria-largo-plazo-logros-alcanzados-desafios-futuros&Itemid=225
- [2] Sood S, Mbarika V, Jugoo S, Dookhy R, Doarn CR, Prakash N, et al. What is telemedicine? A collection of 104 peer-reviewed perspectives and theoretical under pinnings. *Telemed J E Health* [Internet]. 2007 Oct [cited 2014 Sep 22];13(5):573–90. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17999619>
- [3] Hailey D, Roine R, Ohinmaa A. Systematic review of evidence for the benefits of telemedicine. *J Telemed Telecare* [Internet]. 2002 Jan [cited 2014 Oct 21];8 Suppl 1:1–30. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12020415>
- [4] A comprehensive review and a meta-analysis of the effectiveness of Internet-based psychotherapeutic interventions [Internet]. Centre for Reviews and Dissemination (UK); 2008 [cited 2014 Oct 21]. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/PMH0026877>
- [5] Interobserver Reliability of Store-and-Forward Teledermatology in a Clinical Practice Setting _ G. Romero Aguilera,* P. Cortina de la Calle, E. Vera Iglesias, P. Sánchez Caminero, M. García Arpa, J.A. Garrido Martín *Servicio de Dermatología, Hospital General Universitario de Ciudad Real, Ciudad Real, Spain.*
- [6] Health information systems: integrating clinical data in different scenarios and users]. Plazzotta F, Luna D, González Bernaldo de Quirós F. *Rev Peru Med Exp Salud Publica.* 2015 Apr-Jun;32(2):343-51. Spanish. PMID: 26338397
- [7] Adrián Gómez DL. Implementación de Arquitectura Orientada a Servicios (SOA) en un proyecto de E-Salud. 2008 [cited 2014 Jul 23]
- [8] Marcela Martinez adrian gomez. Rediseño Centrado en el usuario de un Portal Personal de Salud. 2012 [cited 2014 Jul 23].
- [9] Providers Expectations on Telemedicine: a qualitative research in a large healthcare network of Latin America Giussi Bordoni MV, Plazzotta F, Sommer J, Benitez S, García G, Luna D, Gonzalez Bernaldo De Quirós F Health Informatics Department, Hospital Italiano de Buenos Aires
- [10] The Empirical Foundations of Teledermatology: A Review of the Research Evidence Rashid L. Bashshur, PhD,¹ Gary W. Shannon, PhD,² Trilokraj Tejasvi, MD,³ Joseph C. Kvedar, MD,⁴ and Michael Gates, BS¹

- [11] Teledermatology: Key factors associated with reducing face-to-face dermatology visits Shoshana M. Landow, MD,a,b Ashley Mateus, MPhil,d Kaveri Korgavkar, BS,a,f Deborah Nightingale, PhD,e and Martin A. Weinstock, MD, PhDa,b,c Providence, Rhode Island; Cambridge, Massachusetts; and Ann Arbor, Michigan
- [12] Luna D, Plazzotta F, Otero C, González Bernaldo de Quirós F, Baum A, Benítez S. Incorporación de tecnologías de la información y de las comunicaciones en el Hospital Italiano de Buenos Aires. 2012
- [13] Teledermatology and clinical photography: safeguarding patient privacy and mitigating medico-legal risk.
- [14] Two Decades of Teledermatology: Current Status and Integration in National Healthcare Systems.
- [15] An Update and Evaluation of Telemedicine and Teledermatology Publications for 2014.

Contacto

Janine Sommer
Depto. Informática en Salud – Hospital
Italiano
janine.sommer@hospitalitaliano.org.ar

ELABORACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UNA AGENDA DIGITAL EN ATENCIÓN PRIMARIA EN LA CIUDAD AUTONOMA DE BUENOS AIRES

Giussi Bordoni MV MD¹, Plazzotta F MD MSc¹, Baum A MD¹, Ilc C Ing², González Bernaldo de Quirós F MD Mg³

¹Dirección General de Informática Clínica, Epidemiología y Estadística (DGICEYE), Ministerio de Salud de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina

²Dirección General de Sistemas Informáticos (DGSI), Ministerio de Salud de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina

³Asesor en salud, Jefatura de Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina

Resumen: Introducción: un sistema de salud debe garantizar el derecho a la salud de las personas. El sistema de salud Argentino es fragmentado, inequitativo e ineficiente en la utilización de recursos. La Ciudad Autónoma de Buenos Aires implementa, desde Diciembre 2015, una Agenda Digital en Salud que colabora en revertir estas características, a la vez que hace foco en fortalecer la Red de Atención Primaria de la Salud. Métodos: Este trabajo describe los primeros 6 meses de implementación de un Sistema de Información en Salud. Resultados: la implementación piloto comprende 14 Centros de Atención Primaria y Salud Comunitaria (CeSAC) y al mes de Junio están en funcionamiento 4 de ellos con el nuevo sistema. Conclusión: un sistema de salud en red garantiza la continuidad del cuidado, mejora los indicadores en salud y la satisfacción ciudadana, así como la eficiencia en el uso de los recursos.

Palabras clave: Agenda Digital, Historia Clínica Electrónica, Atención Primaria de la Salud, Sistema de Salud.

Abstract: Introduction: It is well known that a health care system must guarantee people the right to health. Fragmentation, inequity and inefficient management of resources are characteristics of the argentinian health care system. Since December 2015 Buenos Aires city is implementing a Digital Agenda which helps reverse this situation and accompanies the plan of strengthening primary health care network. Methods: This paper describes the first 6 months of a Health Care Information System implementation in Primary Care. Results: 4 Primary Health Care Centers were full implemented in June 2016 and we hope the pilot is finished in December 2016. Conclusion: an integrated Health Care System ensures continuity of care, improves citizen satisfaction and the efficient resources utilization.

Keywords: Electronic Health Records, Health Care Systems, Digital Agenda, Primary Care.

Introducción

Los sistemas de salud deben garantizar el derecho de las personas a la Salud a través de la provisión de servicios de atención, la prevención de enfermedades y la promoción de la salud y el bienestar. El sistema de salud Argentino está compuesto por tres subsistemas: el Público, el de las Obras Sociales y el Privado, que atienden al 37%, 53% y 10% de la población, respectivamente. Esta heterogeneidad favorece la fragmentación y segmentación en la asistencia sanitaria. La falta de articulación entre subsistemas atenta contra el uso eficiente de recursos y el logro de niveles aceptables de equidad en su cobertura, a la vez que se enfrenta, al igual que otros países en vías de desarrollo, a una calidad

deficiente en la atención, dificultad y variabilidad para el financiamiento y el recupero del gasto público.^{1, 2} Al ser Argentina un país federal, las provincias y municipios tienen autonomía para gestionar sus políticas de salud, hecho que dificulta la coordinación intersectorial de políticas de cuidado integral y progresivo a la población.

Existe evidencia de que la implementación de Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) en el ámbito de la salud contribuye a mejorar los procesos asistenciales y de gestión, en este sentido, garantizan información de calidad para la toma de decisiones en salud, optimizan la utilización de los recursos, contribuyen a que el sistema de salud brinde atención sanitaria oportuna y equitativa, entre otros beneficios.^{3, 4} También existe evidencia acerca de las principales barreras en la implementación de TIC en salud, como la falta de regulación y legislación acerca de los registros clínicos electrónicos, la carencia del uso de estándares de los diferentes aplicativos implementados, problemas de infraestructura y presupuesto, y la natural resistencia al cambio en las organizaciones y las personas.^{5, 6, 7}

El desarrollo de Agendas Digitales alineadas a los objetivos de un plan estratégico de salud permite dar respuesta a las problemáticas planteadas. Al igual que Brasil, Chile y Uruguay, Argentina ha comenzado a desarrollar una Agenda Digital a nivel estatal como estrategia para la implementación de TIC en el ámbito sanitario.^{8, 9, 10, 11}

El objetivo de este trabajo es describir la implementación de un Sistema de Información de Salud Integrado en la red de Atención Primaria de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

Métodos

Este trabajo describe los primeros 6 meses de implementación de un SIS en la Red de Atención primaria de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Para la confección de este trabajo no fue necesaria la aprobación por comité de ética.

Escenario

Acerca de la Ciudad de Buenos Aires

La Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA) es la capital de la República Argentina y está situada en la región centro-este del país. Según el censo de 2010 la población de la ciudad ronda los 2.890.151 de habitantes, y la población de su aglomerado urbano, el Gran Buenos Aires, ronda los 12.801.364 de habitantes; siendo el área urbana más grande del país y la segunda de Sudamérica.¹² La ciudad se encuentra dividida en 48 barrios y desde el punto de vista político-administrativo, los barrios se agrupan en 15 comunas. Las comunas son unidades de gestión política y administrativa con competencia a nivel territorial.^{13, 14}

Red asistencial y Sistema de Salud Público de la Ciudad de Buenos Aires

El subsistema público de salud provee servicios de forma gratuita a toda la población. Según datos del 2014, el 17.8% de la población residente en CABA sólo está asegurado por este sistema. Este porcentaje alcanza un 31.2% en la zona Sur. La red también atiende a personas residentes en el conurbano bonaerense y de otras provincias aunque en menor proporción.¹⁵ La red de salud de CABA cuenta con 33 Hospitales, 43 Centros de Salud de Atención Primaria y Comunitaria (CeSAC) y Centros Médicos Barriales que se dividen en 4 regiones sanitarias. Cada región sanitaria se subdivide en áreas programáticas, cada área está compuesta por un Hospital General de Agudos de referencia y los CeSAC de la zona (Figura 1).¹⁶

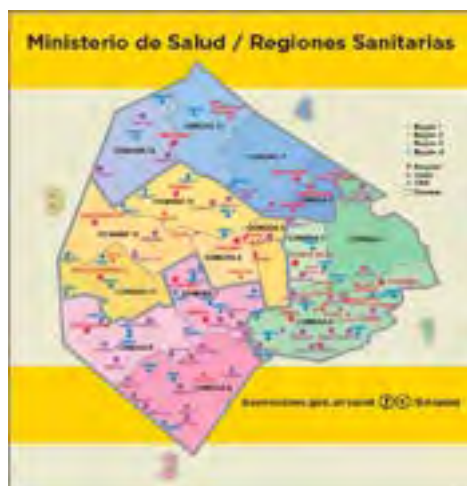


Figura 1: Mapa de Regiones Sanitarias de la Ciudad de Buenos Aires.

Los CeSAC forman parte de la red de Atención Primaria (APS) de la ciudad que atiende aproximadamente 500.000 consultas médicas por año. El 50% de las consultas corresponde a la especialidad pediatría y el otro 50% lo realizan las especialidades de Medicina General o Familiar, Clínica Médica y Tocoginecología. Además, los CeSAC atienden aproximadamente unas 260.000 consultas de especialidades no médicas, entre ellas Nutrición, Trabajo Social, Psicología, Obstetricia, Psicopedagogía, Fonoaudiología, Kinesiología y Odontología.¹⁷

Plan de Salud de la Ciudad de Buenos Aires

Para la gestión 2016-2019, el Plan de Salud de la ciudad se resume en los siguientes objetivos estratégicos:

1. Desarrollar servicios de APS, de acceso universal, equitativo y oportuno, logrando una intervención integral, programada y con participación ciudadana, haciendo foco en los problemas de salud de la población y en los determinantes sociales.
2. Conformar una Red de Hospitales con perfil complementario a la Red de APS.
3. Elaborar una Agenda Digital que incluya Sistemas de Información en Salud (SIS) abiertos, que mejoren la toma de decisiones en el cuidado de la salud.
4. Promover el desarrollo de recurso humano con perfil apropiado y ajustado a las necesidades de la población.
5. Gestionar eficientemente los recursos.
6. Mejorar la visión de los ciudadanos acerca del sistema de salud.

Diseño de una Agenda Digital para CABA

Con el propósito de dar respuesta al objetivo estratégico de elaborar e implementar una Agenda Digital que incluya un Sistema de Información en Salud integrado se diseñó un Plan Operativo Anual (POA) basado en 4 proyectos:

1. Implementar una Historia Clínica Electrónica (HCE) interoperable y escalable.
2. Elaborar una Ley de HCE que brinde el marco normativo adecuado para la implementación.
3. Integrar el sistema de turnos de salud con el sistema de turnos que posee la CABA para cada uno de los servicios que brinda.
4. Desarrollar un plan de Salud Móvil que complemente la estrategia de APS y facilite el cumplimiento de controles de salud y prácticas preventivas

El plan operativo comenzó en diciembre 2015 con la conformación del equipo de trabajo. La implementación de HCE se dividió a su vez en 3 etapas (Figura 2):

1. Diagnóstico de Situación
2. Estandarización de procesos e Ingeniería de requerimientos
3. Implementación Piloto en CeSAC de zona sur CABA (n=14)

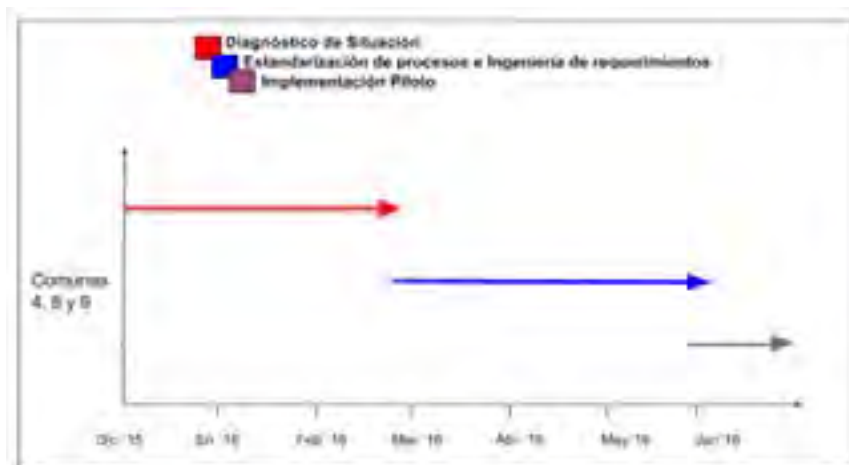


Figura 2: Etapas del POA.

Equipo de Trabajo

Se constituyó un equipo de trabajo interdisciplinario conformado por 6 médicos especialistas en Informática Clínica, 6 Ingenieros en Sistemas, 2 Analistas de Procesos, 2 Sociólogas, 1 Diseñadora Gráfica, 6 Implementadores, un grupo de especialistas destinados a dar soporte técnico, un equipo responsable del equipamiento informático y del mantenimiento.

Resultados

Diagnóstico de situación

El diagnóstico de situación está basado en un relevamiento inicial llevado a cabo por Informática Clínica, se tuvieron en cuenta todos los procesos que acompañan a la implementación de una Historia Clínica Electrónica y se detallan a continuación.

Identificación de personas:

El proceso no está estandarizado, por el contrario, cada CeSAC utiliza un método de identificación y recepción de pacientes basado en papel y con la finalidad de identificar la Historia Clínica. También es diversa la modalidad de acreditación de identidad.

Asignación de turnos para la asistencia sanitaria:

Solo 2 de los 14 CeSAC utilizan turneras electrónicas, el resto de los CeSAC realiza la gestión de turnos en papel y con múltiples formatos para la estructuración de las agendas dependiendo del contexto poblacional, de las especialidades ofrecidas y de los equipos profesionales.

Ciclo del dato e Historia clínica:

La historia clínica se encuentra en papel en los cesac y puede ser individual o familiar. Cada CeSAC tiene su propia forma de ordenar las historias clínicas en un archivo local que en general se encuentra dentro del office de administración. Para las estadísticas los profesionales completan una plantilla con motivos de consultas codificados y luego personal administrativo realiza la carga en una base de datos para su posterior consolidación y procesamiento.

Sistemas departamentales:

Laboratorio: 12 de los 14 CeSAC toman muestras para determinaciones de laboratorio que son trasladadas al hospital de referencia. La prescripción y protocolización de la muestra es un proceso manual y en papel donde interviene un profesional médico y personal de enfermería o extraccionistas de laboratorio, con alta heterogeneidad en la identificación de las muestras así como en la modalidad de información de los resultados a los pacientes.

Farmacia: tanto la prescripción como la dispensación de fármacos son realizadas en papel.

Mantenimiento y soporte:

El mantenimiento y soporte a los CeSAC depende de cada área programática. La principal vía de comunicación es telefónica a los diferentes actores. Esta modalidad dificulta la resolución de problemas y no permite una adecuada gestión de los pedidos de mantenimiento.

Infraestructura:

Hardware: los 14 CeSAC del plan piloto cuentan con conexión a internet por cable, equipamiento informático adecuado y puntos de acceso inalámbrico.

Software: SIGEHOS (Sistema de GEstión HOSpitalaria) es una solución web modular desarrollada “in house”. Al inicio del proyecto cuenta con módulos para la gestión de turnos y facturación hospitalaria. A pesar de que dispone de un módulo de Historia Clínica, éste no estaba en uso en ningún punto de la red de salud.

Estandarización de procesos e ingeniería de requerimientos

Identificación Unívoca de Personas:

Con el fin de mantener un Padrón Único de Personas, se agregó a SIGEHOS el módulo “Padrón” basado en el estándar CORBAMED. Además se diseñó una norma que reglamenta el ingreso de personas al padrón y un procedimiento que establece la existencia de un proceso de auditoría.

Manejo de agendas y turnos en APS:

Se creó una central de agendas con el fin de unificar la gestión de las agendas de profesionales de la salud de los CESAC y facilitar la cancelación y reasignación de turnos dentro de la red de APS, a la vez que se trabajó con el quipo a cargo del sistema de turnos de la Ciudad que provee turnos para la gestión ciudadana de manera telefónica y a través de una página web.

Normas y procedimientos

Se creó un área que estudia los procesos, confecciona las normas y procedimientos que regulan las acciones que implementa el equipo de informática clínica. El área está conformada por dos Analistas Funcionales.

Ingeniería de requerimientos

El equipo de informática clínica se focalizó en la especificación de requerimientos funcionales y junto al equipo de sistemas informáticos se conformo un grupo de trabajo y discusión semanal acerca de las funcionalidades de SIGEHOS.

Los primeros requerimientos trabajados para el piloto fueron: Empadronador y Auditoría de Empadronamiento, Mejoras generales del sistema, Circuito de prescripción electrónica de medicamentos y la incorporación de CPOE.

Comunicación, soporte y mantenimiento de los CESAC

Entre los meses de Abril y Mayo se implementó un portal web como página de inicio de los navegadores de todas las computadoras que se encuentran en los CeSAC (Figura 3). Allí se concentra información de utilidad para los profesionales (acceso a fuentes de información, manuales y procedimientos, actividades de la red APS) y accesos a aplicaciones de CABA.



Figura 3: Portal Intranet de APS

Entre las aplicaciones se encuentran los módulos de SIGEHOS, las Mesas de Ayuda de APS y de Informática que corren en una versión gratuita del software Help Desk de SysAid (Figura 4).



Figura 4: Interfaz Mesa de ayuda

Implementación SIS Piloto

En Junio comenzó la implementación de los aplicativos “Padrón”, “Agendas y turnos” e “Historia Clínica Electrónica” de SIGEHOS en 4 de los 14 CeSAC que forman parte del piloto. Al cierre del

presente trabajo los 4 centros de atención se encuentran funcionando con la nueva modalidad en un 100%.

Aplicativo Padrón

Todo ingreso de una persona nueva al padrón comienza con búsqueda de candidatos en el padrón existente de la ciudad de Buenos Aires, hecho que, junto a la normalización fonética en los campos nombre y apellido, minimiza el ingreso de duplicados. La interfaz de auditor permite modificar el set de datos *mínimo de* identificación de una persona teniendo visible su documento de identidad (Figura 5).

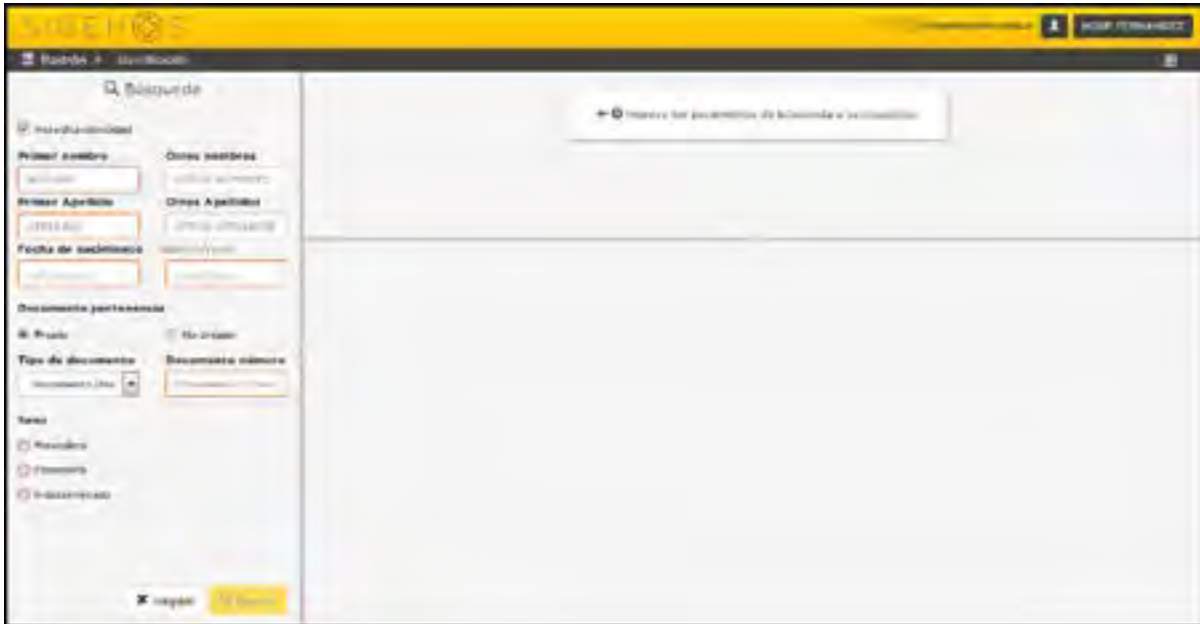
The image shows a web application interface for 'SIGEHOS'. At the top, there is a yellow header with the logo and a user profile icon labeled 'INGRESO PATERNA-HECOT'. Below the header, the main area is titled 'Búsqueda' (Search). On the left side, there are several filter sections: 'Institución' with a dropdown menu; 'Apellido' with 'Apellido' and 'Otros Apellido' input fields; 'Fecha de nacimiento' with 'Fecha de nacimiento' and 'Otros Apellido' input fields; 'Documento pertenencia' with radio buttons for 'Si tiene' and 'No tiene'; 'Tipo de documento' with a dropdown menu; and 'Documento número' with an input field. At the bottom left, there are radio buttons for 'Masculino', 'Femenino', and 'Indeterminado'. At the bottom right, there is a yellow 'Buscar' button.

Figura 5: Interfaz Padrón SIGEHOS

Aplicativo Turnos

Consiste en una grilla de turnos electrónica en la que se representan los horarios de atención de los profesionales con la funcionalidad de otorgamiento de turnos (Figura 6).

El aplicativo además permite confirmar y cancelar turnos y sacar reportes en *línea de todas* las acciones.

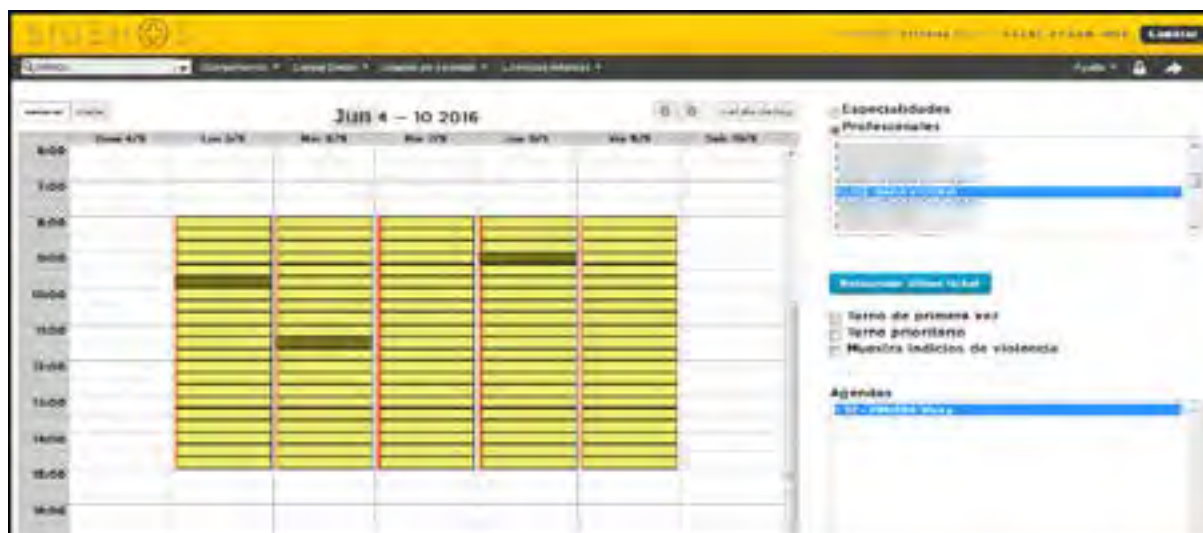


Figura 6: Interfaz Turnos SIGEHOS

Aplicativo Historia Clínica Electrónica (HCE):

Se implementó el módulo HCE de SIGEHOS. Esta versión permite ingresar notas clínicas asociadas a un problema de salud, valores antropométricos, signos vitales y registro de vacunas según calendario nacional vigente (Figura 7). Los problemas de salud utilizan servicios terminológicos.



Figura 7: Interfaz HCE de SIGEHOS

Discusión

La elaboración de la Agenda Digital de CABA se realizó en el marco del objetivo ministerial estratégico de fortalecer la red de APS y lograr un sistema de salud integrado y eficiente, que ofrezca cuidado oportuno y equitativo a las personas. La fortaleza de comenzar en el ámbito de la Atención Primaria se basa en que el primer nivel de atención es capaz de resolver más del 80% de los problemas de salud de la población y tiene un gran impacto en la promoción y protección de la Salud de las personas.¹⁸ Por otra parte, la complejidad de este nivel para el desarrollo e implementación de un SIS es menor respecto del 2° y 3° nivel de atención debido a la menor cantidad de prestadores, prestaciones y prácticas, medicamentos e insumos a representar en los sistemas. La definición de comenzar por

la zona Sur de CABA se debe a que en ella habita la población más vulnerable y que más utiliza el subsistema público de salud, lo que determina mayor impacto en la implementación.

La gobernanza política, la elaboración de un plan de salud y de TIC en consonancia, y la conformación de un equipo interdisciplinario de trabajo, pero sobretudo con recurso humano formado en SIS, son componentes claves para el desarrollo de una agenda digital y la gestión del cambio.^{19 20} Con respecto a la implementación del SIS, uno de los puntos más críticos a considerar, es la creación de un Padrón único de personas que asegure la identificación unívoca de las mismas. La utilización del estándar CORBAMED basado en la Federación de Dominios tiene la ventaja de que puede ser aplicable en los 3 niveles de Salud: Institucional o Local, Regional y Nacional, lo cual otorga escalabilidad al proyecto de CABA.^{21 22}

La centralización de la gestión de turnos permite cuantificar la oferta de servicios de atención y mejorar la accesibilidad al 1º nivel de atención, a la vez que disminuye la demanda insatisfecha al subsistema público que en la actualidad es gobernada por la cultura hospitalaria. La incorporación de la HCE al sector no solo evita los problemas naturales del registro en papel como la ilegibilidad, la fragmentación de información o duplicación de registros ante la falta de información, sino que además posibilita la captura de información en el momento que se genera y mejora el acceso a la misma, tanto para la toma de decisión en el punto de cuidado, como para facilitar el desarrollo de políticas de salud. Beneficio que se ve facilitado por la utilización de servicios terminológicos.^{23 24}

Sin duda, para que los proyectos sean viables a largo plazo, la comunicación, la capacitación y el soporte son tan imprescindibles como contar con la infraestructura necesaria. La implementación conjunta del portal web con la mesa de ayuda son canales para mejorar la comunicación entre todos los actores del sistema. El uso del portal permite homogeneizar la información que llega a los profesionales que trabajan en distintos puntos de la red de APS, además pone a disposición guías de práctica clínica y otras fuentes de información que sirven para la toma de decisiones y la educación continua.²⁵ La Mesa de Ayuda por otra parte permite documentar los tipos de problemas que enfrentan los CeSAC, dando lugar a un accionar anticipado en la resolución de los mismos, también permite medir los tiempos de respuesta que ofrecen los distintos proveedores con los que CABA terceriza algunos de sus servicios permitiendo comenzar a realizar planes de mejora.

Comentarios finales

Este trabajo describe las etapas de elaboración e implementación de una agenda digital en CABA, así como los hitos que se tuvieron en cuenta para la implementación de un SIS robusto, integrado y escalable, capaz de dar entidad a una red de cuidados asistenciales. Esta experiencia puede ser de utilidad y servir como guía para otros proyectos similares.

Un sistema de salud en red con adecuación de procesos sanitarios y de referencia y contra referencia, inter e intra niveles de atención, garantiza la continuidad del cuidado, logra mejores indicadores en salud y mayor satisfacción ciudadana a la vez que mejora la eficiencia en el uso de los recursos.

Estamos realizando diferentes investigaciones y evaluaciones acerca de esta experiencia con la finalidad de documentar el impacto de esta implementación y poder contribuir con más evidencia a la disciplina.

Direcciones futuras

Para el mes de Octubre de 2016 se implementará una segunda versión de la HCE que integrará la solicitud y visualización de prácticas de laboratorio y el circuito de prescripción electrónica de medicamentos y dispensación por farmacia en los centros de atención. Durante el año 2017 se planifica

continuar la implementación de SIGEHOS en el resto de las regiones sanitarias de CABA hasta alcanzar antes de finalizar dicho año a los 43 CESAC que conforman el primer nivel. Para la segunda etapa de gestión se proyecta la implementación del programa de salud móvil basado en APS y destinado a fortalecer las instancias de promoción y prevención de la salud. A la vez que se proyecta comenzar con Identificación unívoca de personas en Hospitales y agregar a SIGEHOS un módulo de epicrisis hospitalarias que tendrá valor en el circuito de referencia y contra referencia entre niveles de atención. Este será el puntapié inicial para escalar el proyecto SIS a los niveles de atención secundario y terciario, con la mirada hacia una verdadera red integrada de cuidados de salud. Se espera además que en el transcurso del año 2017 este proyecto se replique en diferentes municipios de la provincia de Buenos Aires que actualmente se encuentran en las etapas de diagnóstico de situación y adecuación de procesos.

Referencias

- [1] Cetrángolo O, UNDP Argentina, Pan American Health Organization, C. B. A. *Aportes para el desarrollo humano en Argentina 2011*. Disponible en <http://goo.gl/Rz5KR9>.
- [2] Gonzalez García Ginés, T. R. Políticas de Salud - Programa Médicos Comunitarios. *Programa Médicos Comunitarios* 159 (2010). Disponible en <http://goo.gl/Rz5KR9>.
- [3] Garde, S. Change management - an overview. *Stud. Health Technol. Inform.* 151, 404–12 (2010).
- [4] Ash, J. S., Gorman, P. N., Lavelle, M. & Lyman, J. Multiple perspectives on physician order entry. *Proc. AMIA Symp.* 27–31 (2000).
- [5] Kruse, C. S., Kothman, K., Anerobi, K. & Abanaka, L. Adoption Factors of the Electronic Health Record: A Systematic Review. *JMIR Med. informatics* 4, e19 (2016).
- [6] Tang, P. C., Ash, J. S., Bates, D. W., Overhage, J. M. & Sands, D. Z. Personal health records: definitions, benefits, and strategies for overcoming barriers to adoption. *J. Am. Med. Assoc.* 13, 121–6.
- [7] Glaser, J. Interoperability: the key to breaking down information silos in health care. *Healthc. Financ. Manage.* 65, 44–6, 48, 50 (2011).
- [8] Vilches, C. Biblioguias: Tecnologías de la información y de las comunicaciones (TIC): Agendas digitales. <http://biblioguias.cepal.org/TIC/agendasdigitales>.
- [9] Presidencia de la Nación Argentina. Plan Federal de Internet. (2016). Available at: <https://www.argentina.gob.ar/planfederaldeinternet>.
- [10] Capurro, D. Health informatics in Chile: responding to health reforms. *Health Info. Libr. J.* 24, 287–91 (2007).
- [11] *Agenda Digital Uruguay. Agenda Digital* (2011). <https://www.agesic.gub.uy>
- [12] Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires. Ciudad de Buenos Aires. 2016 Available at: <http://www.buenosaires.gob.ar/laciudad/ciudad>.
- [13] Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires. *Constitución de la Ciudad de Buenos Aires*. (1996). http://www.buenosaires.gob.ar/areas/leg_tecnica
- [14] Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires. *Boletín Oficial de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires* N° 2292. *Ley Orgánica de comunas*. (2005). http://www.buenosaires.gob.ar/areas/leg_tecnica
- [15] *Encuesta Anual de Hogares 2014 Ciudad de Buenos Aires. Síntesis de resultados* (2014). <https://www.estadisticaciudad.gob.ar/eyc/?cat=83>
- [16] *Boletín Oficial de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires* N° 2864. *RESOLUCIÓN N° 31/GCABA/MSGC/08. Creación de Regiones Sanitarias*. (2008). <http://lagremial.com.ar/comunas/resolucion%2031-08.pdf>
- [17] *Anuario Estadístico 2014 Ciudad de Buenos Aires*. (2015). <https://www.estadisticaciudad.gob.ar>
- [18] Green, L. A., Fryer, G. E., Yawn, B. P., Lanier, D. & Dovey, S. M. The ecology of medical care revisited. *N. Engl. J. Med.* 344, 2021–5 (2001).

- [19] *Incorporación de tecnologías de la información y de las comunicaciones en el Hospital Italiano de Buenos Aires.* (2012). <http://www.cepal.org>
- [20] Sittig, D. F., Krall, M., Kaalaas-Sittig, J. & Ash, J. S. Emotional aspects of computer-based provider order entry: a qualitative study. *J. Am. Med. Inform. Assoc.* 12, 561–7 (2005).
- [21] Cols., N. P. y. Construcción de un Sistema de Identificación de Personas con énfasis en los procesos de Control de Calidad de los datos.
- [22] Person Identification Service (PIDS) Specification. *IDX Syst. Corp. Copyr. IONA Technol. PLC Copyr. Oacis Healthc. Syst. Copyr.* (1997).
- [23] Rose, J. S. *et al.* Common medical terminology comes of age, Part One: Standard language improves healthcare quality. *J. Healthc. Inf. Manag.* 15, 307–18 (2001).
- [24] Rose, J. S. *et al.* Common medical terminology comes of age, Part Two: Current code and terminology sets--strengths and weaknesses. *J. Healthc. Inf. Manag.* 15, 319–30 (2001).
- [25] Garcia, G. *et al.* Communication problems between end-users and technicians through a Help Desk in a Health Information System. *Stud. Health Technol. Inform.* 216, 985 (2015).

Contacto

Dra. Giussi Bordoni María Victoria
Médica de familia. Especialista en Informática en Salud.
Líder de Proyecto
Dirección de Informática Clínica,
Epidemiología y Estadística
Ministerio de Salud, CABA.
mgiussibordoni@buenosaires.gob.ar
Tel: +54911 4123-3215

A SYSTEMATIC REVIEW ON CONTENT-BASED MEDICAL VIDEO RETRIEVAL

Vagner Mendonça Gonçalves¹ and Fátima de Lourdes dos Santos Nunes¹

¹School of Arts, Sciences and Humanities/University of São Paulo – USP, São Paulo, Brazil

Resumo: Objetivo: Identificar o estado da arte com relação à aplicação de recuperação de vídeos baseada em conteúdo no contexto de vídeos médicos. Nossa contribuição é fornecer uma visão geral sobre estudos anteriores, bem como vantagens e desafios a serem explorados no tema por pesquisadores da área de aplicações de informática em saúde. Métodos: Nós conduzimos uma revisão sistemática nas principais bases de trabalhos científicos das áreas da computação e medicina. Depois de definir um protocolo, nós conduzimos uma busca por artigos e tecemos uma discussão crítica sobre os estudos encontrados. Resultados: Os resultados mostraram que a aplicação do conceito de recuperação de vídeos baseada em conteúdo na área médica é recente e ainda pouco explorada. Conclusões: Nos trabalhos analisados, as aplicações de interesse consistem na identificação e descrição de estruturas representadas nos vídeos para posterior indexação e recuperação. Os objetivos mais comuns verificados são auxílio ao diagnóstico, análise de procedimentos e tomada de decisão.

Palavras-chave: Armazenamento e Recuperação da Informação; Diagnóstico por Computador; Literatura de Revisão como Assunto.

Abstract: Objective: Identify the state of the art about the application of content-based video retrieval in the context of medical videos. Our contribution is to provide an overview of previous studies as well as advantages and challenges to be explored on this subject to the researchers interested in the applied health informatics field. Methods: We conduct a systematic review in the main scientific databases of the computing and medical fields. After defining a protocol, we conducted a search and, then, a critical discussion about the studies. Results: The results showed that the application of the concept of content-based video retrieval in the medical field is recent and has been little explored. Conclusions: Applications of interest in the analyzed works consist in the identification and description of structures depicted in the videos for later indexing and retrieval. The most common goals are to aid diagnosis, procedures analysis, and decision making.

Keywords: Information Storage and Retrieval; Diagnosis, Computer-Assisted; Review Literature as Topic.

Introduction

Digital videos have an important role in multimedia applications. In the medical field, different modalities of videos have been employed in tasks ranging from diagnosis (ultrasound and endoscopy, for example), through the monitoring of procedures and surgeries, to computer-aided medical education.

Content-Based Video Retrieval (CBVR) refers to the extraction and comparison of features automatically extracted from videos to allow the query on a database providing a video or video sequence as parameter. Then, the application must retrieve the most similar videos or video sequences indexed

at the database. The feature extraction is generally related to colors, textures, shapes, movement and sound.

Although there is a considerable number of techniques used in CBVR considering the medical field, there is no studies that group them in a categorized way. Thus, it is necessary to analyze these works to describe efficient automated techniques for analysis, interpretation and retrieval of such data.

In this paper, we present the conduction and results of a Systematic Review (SR) whose aim was identifying the state of the art about the application of CBVR in the context of medical videos. Our contribution is to provide an overview of previous studies as well as advantages and challenges to be explored on this subject to the researchers interested in the Applied Health Informatics field.

The paper is organized as follows. In the Section “Materials and Methods”, we present concepts of SR, the protocol used and the conduction process. We present and discuss the results in the Section “Results and Discussion”. Finally, we present our final considerations in the Section “Conclusion”.

Materials and Methods

The SR is a rigorous methodology of bibliographic research that aims to identify primary and secondary studies related to a particular research topic¹. An SR is carried out in three well defined phases: planning, conduction and analysis of results^{1,2}. In the planning phase a protocol is defined specifying the research questions and the methodology to be employed in the conduction of the review, among other specific points that will guide the search. In the conduction phase, the bibliographic research itself is carried out. It is in this phase that the selection of the studies occurs, according to the criteria for inclusion and exclusion defined. Finally, in the analysis of results phase the data extraction is performed allowing to compare the results in order to obtain the conclusions about them.

Planning – Our interests in this SR are applications, techniques and possible challenges related to the subject. In this context, the following research questions were defined:

- What are the current interests in the application of CBVR in the context of medical videos?
- What techniques and methodologies have been applied to CBVR in the context of medical videos?

An exploratory analysis on the subject was previously conducted using the Google Scholar tool. This first analysis provided evidences that the research on this subject by the scientific community is recent. We retrieved works which investigated the processing of medical videos throughout the 2000s, but papers dealing with CBVR were observed only in the end of the 2000s and early 2010s. Then, we do not limit the time period in our queries for searching studies of interest.

This first exploration of related works guided the selection of the reference sources and the definition of the keywords used in the SR. We have consulted bases which traditionally publish articles on the subject, according to the experience of previous works of our research group and the information collected in the preliminary exploratory analysis.

The following databases, listed in the order in which they were consulted, were selected:

- PubMed;
- PubMed Central;
- IEEE Xplore Digital Library;
- ACM Digital Library;
- Scopus.

To search in the selected databases, we used the following composition of terms: (“video retrieval” OR CBVR) AND (“computer-aided diagnosis” OR “computer-assisted diagnosis” OR “medical image” OR “medical imaging” OR surgery). The terms had to be present in the title, abstract, keywords

or indexation topics in order to make a paper be retrieved. These options were defined by means of advanced search tools available in the databases.

Only in PubMed and PubMed Central, which do not offer advanced features in their query tools, a simple search was performed using the term “video retrieval”. Thus, the retrieval of all works of these bases which mention the key term was possible.

Table 1 presents the compositions of terms translated for each of the search engines of the consulted databases.

Table 1: Composition of terms used in the researches.

Source	Search tool	Composition of terms
PubMed	Search	“video retrieval”
PubMed Central	Search	“video retrieval”
IEEE	Command Search	(“Document Title”:”video retrieval” OR “Abstract”:”video retrieval” OR “Author Keywords”:”video retrieval” OR “Index Terms”:”video retrieval” OR Topic:”video retrieval” OR “Document Title”:CBVR OR “Abstract”:CBVR OR “Author Keywords”:CBVR OR “Index Terms”:CBVR OR Topic:CBVR) AND (“Document Title”:”computer-aided diagnosis” OR “Abstract”:”computer-aided diagnosis” OR “Author Keywords”:”computer-aided diagnosis” OR “Index Terms”:”computer-aided diagnosis” OR Topic:”computer-aided diagnosis” OR “Document Title”:”computer-assisted diagnosis” OR “Abstract”:”computer-assisted diagnosis” OR “Author Keywords”:”computer-assisted diagnosis” OR “Index Terms”:”computer-assisted diagnosis” OR Topic:”computer-assisted diagnosis” OR “Document Title”:”medical image” OR “Abstract”:”medical image” OR “Author Keywords”:”medical image” OR “Index Terms”:”medical image” OR Topic:”medical image” OR “Document Title”:”medical imaging” OR “Abstract”:”medical imaging” OR “Author Keywords”:”medical imaging” OR “Index Terms”:”medical imaging” OR Topic:”medical imaging” OR “Document Title”:surgery OR “Abstract”:surgery OR “Author Keywords”:surgery OR “Index Terms”:surgery OR Topic:surgery)
ACM	Advanced Search	(“video retrieval” or Keywords:”video retrieval” or CBVR or Keywords:CBVR) and (“computer-aided diagnosis” or Keywords:”computer-aided diagnosis” or “computer-assisted diagnosis” or Keywords:”computer-assisted diagnosis” or “medical image” or Keywords:”medical image” or “medical imaging” or Keywords:”medical imaging” or surgery or Keywords:surgery)
Scopus	Search	(“video retrieval” OR CBVR) AND (“computer-aided diagnosis” OR “computer-assisted diagnosis” OR “medical image” OR “medical imaging” OR surgery)

In order to select only relevant works, we defined inclusion and exclusion criteria. We included only studies that met the inclusion criteria and any of the exclusion criteria. The defined inclusion criteria were:

(a) present or address applications and methodologies for the use of CBVR in the context of medical videos.

The exclusion criteria were as follows:

(b) not address applications or methodologies for the use of CBVR in the context of medical videos;

(c) be similar, in content and results, with other study(ies), by the same authors, that may also come to be retrieved in any of the consulted databases;

(d) not be fully available in the consulted databases or in any other database accessible on the Internet.

Conduction – The researches were carried out between March and July 2014. In total, 154 studies were retrieved. As a whole, just 8 studies (5.19%) were included. Every conduction stage of the SR was duly documented based on the models proposed in reference works^{1,2}. Figure 1 shows a flow diagram³ which summarizes the selection of the studies.

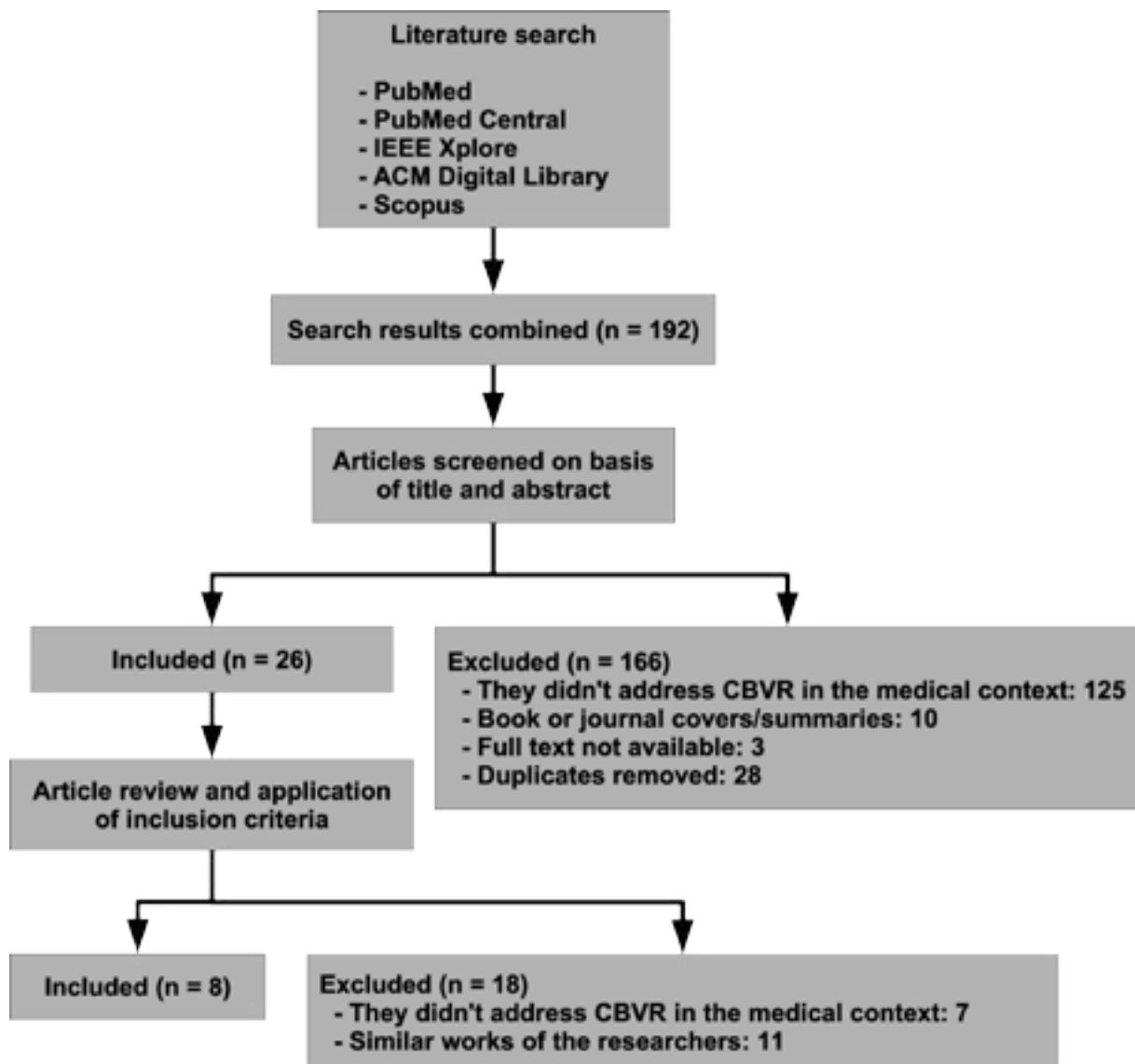


Figure 1: Flow diagram summarizing the selection studies stage.

The next section presents and discusses the results obtained through this SR.

Results and Discussion

Included works and considerations about the results – Table 2 presents the included works as well as the topics extracted from each one that are of most interest to this SR.

Table 2: Included works and topics of interest to the review.

Ref.	Modality	Body region / procedure	Application	Feature extraction	Retrieval approach
4	Monitoring of surgeries	Eyes / Cataract and epiretinal membrane surgeries	System for analysis of video sequences and identification of surgical tasks in real-time.	Texture and color through Wavelet analysis; motion by analyzing the optical flow between frames.	Search of nearest neighbors using a variation of k-d tree.
5	Confocal endomicroscopy	Colorectal region	Classification of colorectal polyps.	Visual signature characteristics obtained by an adaptation of the Bag-of-Visual-Words method.	Feature extraction; measurement of the similarity between depicted objects; training of a classifier k-nearest neighbors. Extraction of visual characteristics; using a probabilistic approach (Fisher) to estimate, given a vector of visual characteristics, is a semantic concept is present in the video segment.
6	Confocal endomicroscopy	Colorectal region	Video retrieval system that combines visual characteristics with semantic concepts in order to reduce the gap.	Visual signature characteristics obtained by an adaptation of the Bag-of-Visual-Words method.	Extraction of visual characteristics; using a k-nearest neighbors classifier to identify the most similar video.
7	Confocal endomicroscopy	Colorectal region	System (Atlas) of endomicroscopy videos with support to retrieve by visual content.	Visual signature characteristics obtained by an adaptation of the Bag-of-Visual-Words method.	Extraction of visual characteristics; using a k-nearest neighbors classifier to identify the most similar video.

8	Echocardiography	Heart	Retrieval by extracting features derived from texts written in the video. The texts indicate measurements performed during the exam.	Detection of only textual frames; removal of any non-text content; usage of an OCR engine to extract words in the textual regions; usage of the measures identified to compose feature vectors.	Comparison by similarity between the vector of a video model and the vectors of the videos in database.
9	Laparoscopic surgical video	Intra-abdominal region / Laparoscopy	Content-based retrieval approach in which, by means of a query image, are retrieved the video frames that contain the instrument depicted in the image model.	Feature extraction using color histogram, Hough Transform (linearity of the border) and compactness level of the object of interest in the image.	Measurement of similarity between the model image characteristics and the characteristics of each frame. A threshold indicates when the similarity is such that the frame should be retrieved. Usage of Support Vector Machine to classify the identified objects in a hierarchical way; assignment of semantic concepts the videos according to the result of the classification; users search by key terms that refer to classes/concepts annotated.
10	Videos for medical education	Monitoring of surgeries	Automatic annotation of videos focused on medical education.	Identification of objects over the frames of the videos; characterization of the objects detected by means of low-level features (color and texture).	

11	Colonoscopy	Colorectal region	Content-based retrieval approach for detection of biopsy or therapy interventions in the video.	Automated identification of interventions over video by identifying instruments used by the physician (described by Fourier descriptors based characteristics); identification of words that define the region of the colon under analysis and the actions taken during the examination (usage of software that, given and audio segment, generates the text pronounced in the speech).	Users select a single image that represents the intervention, a selected scene of the intervention or a speech snippet identified at the time of the intervention. The choice of the user refers to the video sequence that contains the intervention.
----	-------------	-------------------	---	---	--

As shown, the amount of retrieved works is small against the vast scientific literature involving, for example, computer-aided diagnosis. In this scenario, the hypothesis previously raised that the concept of CBVR has been little explored in the medical context is enhanced. In addition, it is a recent issue since most of the studies included were published in the end of 2000s and early 2010s. This result demonstrates that the exploitation of techniques for processing, analysis and retrieval of medical videos is a research opportunity that can generate significant contributions in the coming years.

Endoscopic techniques – From the included studies, we can observe that the most frequent interest is the analysis, description and retrieval structures from videos of endoscopic techniques. Computer-aided diagnosis in videos from Confocal Endomicroscopy is a topic of interest^{5,6,7}. Confocal Endomicroscopy is a technique which allows real-time analysis with high resolution (microscopic level) of epithelial tissue of the gastrointestinal tract⁵.

Works have presented studies aiming to develop a tool that uses CBVR to aid the diagnosis of colorectal cancer. They propose different goals that together tend to develop the tool, such as application of video retrieval techniques based on visual characteristics⁷, combination between content-based retrieval and semantic annotation⁶, and an approach that uses endomicroscopy video retrieval for classification of colorectal polyps⁵.

All these works involve extraction of low-level features to describe videos. However, a concern of the researchers is the semantic gap, i.e. the difference between the meaning attributed to a video through its low-level features (colors, textures, shapes, movements) and the real meaning of the situation represented by it. All approaches presented propose adding semantic criteria in CBVR to reduce the mentioned problem⁶.

A content-based retrieval approach applied to videos from another endoscopy technique, the laparoscopy, also was presented⁹. Laparoscopy is a minimally invasive surgical technique¹². It is applied to display and operate intra-abdominal structures and organs through an incision and insertion of a device called laparoscope. The interest of the researchers was to retrieval the video frames containing the instrument used in the procedure and represented in an image provided by reference. According

to the researchers, such task is of interest to manufacturers of the instruments used in the procedures. They can analyze how their products are used, avoiding having to scan the entire video to find snippets of interest.

A content-based retrieval approach to detect therapy or biopsy interventions in videos from colonoscopy also was presented¹¹. Colonoscopy is an endoscopic technique that allows the inspection of the entire colon and performing therapeutic operations such as removal of polyps¹¹. The objectives of the approach range from facilitate further analysis of complications from procedures performed by colonoscopy, to the development of a CBVR system capable of supporting education and endoscopic research.

Monitoring of surgeries – In this context, an approach which aimed to develop a real time search tool for video sequences similar to a video recorded during an ophthalmic surgical procedure was presented⁴. The researchers investigated the specific cases of epiretinal membrane and cataract surgeries. The technique involves identifying the surgical task being performed in the processed video sequence. According to the researchers, this approach can warn the surgeon as well as aids the professional to make a decision when an atypical or risk situation during occurs during the procedure.

The semantic gap was also a concern⁴. The researchers used a feature weighting approach to improve the correlation between low-level features and semantic concepts related to surgical tasks.

An approach aiming to automatic annotation of videos from monitoring of surgeries focused on medical education also was presented¹⁰. This is a mixed approach of CBVR and keyword-based retrieval, in which the description of the video contents through extractors is used in assigning labels to them. The user uses keywords that refer to the labels assigned to find videos of interest.

Echocardiography – An approach to retrieve videos from echocardiography exams was presented⁸. According to the researchers, this kind of video is an important source of information to aid cardiac diagnosis, being able to show shape and movements of the heart from different angles.

However, the feature extraction technique presented by the researchers is quite different from other mentioned in this paper. Features are extracted from the interpretation of texts featured throughout the video segment. The texts indicate measurements performed during the exam. An Optical Character Recognition (OCR) engine is used. The measures identified from the texts are used in the composition of feature vectors, which in turn allow measuring the similarity between videos.

Methods and techniques applied in the included works – The included works in this SR show different approaches for feature extraction to describe video content as well as training approaches for classifiers to obtain useful models to retrieve similar videos and different retrieval approaches.

Works have applied approaches to define visual signatures for describing confocal endomicroscopy videos⁷. This is an adaptation of the method originally presented in another referenced work¹³, called Bag-of-Visual-Words. To calculate these signatures techniques to split video frames in regions and grouping these regions are used in order to identify concepts represented in the frames⁷. The description of these concepts using mathematical and statistical tools allow users to compare the signatures of different videos.

Thinking about this approach for identification of regions linked to concepts in pictures or videos, we can observe that it is an interesting approach to aid diagnosis because it can help to identify anomalies in the image or video under analysis.

Color and texture characteristics extracted using the Wavelet Transform, as well as motion characteristics extracted using the concept of optical flow, are other techniques applied⁴. In the case of surgical monitoring, descriptive characteristics of movements are very interesting, perhaps even more than the traditional characteristics such as color, shape, and texture. Description of movements in

videos of this modality can be very useful to identify actions that occurred in the recorded procedure and deserve the attention of the specialist or surgeon.

Most studies presented including approaches to increase the semantic significance of the retrieval results, thus reducing the problem of semantic gap. For these approaches usually the researchers used classification techniques such as k-Nearest Neighbors and Support Vector Machine in order to obtain semantically efficient models using videos labelled by experts as training data.

Conclusion

In this paper we presented the results of a Systematic Review conducted to identify the state of the art about the application of CBVR in the context of medical videos. Eight works that developed techniques and approaches in this context were analyzed. The works were retrieved through systematic searches in five important databases of scientific papers.

Information systems have increasingly included multimedia data aiming to realize several goals: solve complex problems, find information in complex data, improve interaction with users, among others. Most of these challenges is due to the large growth of available digital data, due to the advancement of information and communication technologies.

In the medical field, the large volume of available digital data has potential to require the development of technologies that can help health professionals in tasks such as analysis and interpretation, computer-aided diagnosis and medical education. Therefore, efficient methods for description, storage and retrieval of such data are needed.

Currently we have as extensive amount of mathematical and statistical tools for processing and interpretation of digital images and videos. These tools can be employed in CBVR approaches for different imaging modalities and many different tasks such as computer-aided diagnosis, surgical monitoring, and medical education.

With regard to the challenges of the area, the most cited by researchers are reducing the semantic gap at the different levels of CBVR applications: data modelling, description, classification and retrieval. Another challenge is the selection and reduction of features for efficient description of videos.

The results of this SR showed that the application of the concept of CBVR in the medical field is recent and is still underexplored. Therefore, processing, analysis and retrieval of medical videos are a research opportunity that can generate significant contributions in the coming years.

Applications of interest in the works analyzed consist in the identification and description of structures depicted in the videos for later indexing and retrieval. The most common goals are to aid diagnosis, aid procedures analysis, aid the surgeon in decision making and provide easily retrievable content for medical education.

References

- [1] Kitchenham BA. Procedures for Performing Systematic Reviews. Computer Science Department, Keele University and National ICT; 2004. TR/SE-0401.
- [2] Biolchini JCA, Mian PG, Natali ACC, Conte TU, Travassos GH. Scientific research ontology to support systematic review in software engineering. *Adv Eng Inform.* 2007;21(2):133-151.
- [3] Liberati A, Altman DG, Tetzlaff J, Mulrow C, Gotzsche PC, Ioannidis JPA, et al. The PRISMA Statement for Reporting Systematic Reviews and Meta-Analyses of Studies That Evaluate Health Care Interventions: explanation and Elaboration. *PLoS Med.* 2009 jul;6(7):e1000100-1-e1000100-28.
- [4] Quellec G, Charrière K, Lamard M, Droueche Z, Roux C, Cochener B, et al. Real-time recognition of surgical tasks in eye surgery videos. *Med Image Anal.* 2014;18(3):579-590.

- [5] André B, Vercauteren T, Buchner AM, Krishna M, Ayache N, Wallace MB. Software for automated classification of probe-based confocal laser endomicroscopy videos of colorectal polyps. *World J Gastroentero.* 2012;18(39):5560-5569.
- [6] André B, Vercauteren T, Buchner AM, Wallace MB, Ayache N. Learning Semantic and Visual Similarity for Endomicroscopy Video Retrieval. *IEEE T Med Imaging.* 2012;31(6):1276-1288.
- [7] André B, Vercauteren T, Buchner AM, Wallace MB, Ayache N. A smart atlas for endomicroscopy using automated video retrieval. *Med Image Anal.* 2011b;15(4):460-476.
- [8] Syeda-Mahmood T, Beymer D, Amir A. Disease-Specific Extraction of Text from Cardiac Echo Videos for Decision Support. In: *Proceedings of the 10th International Conference on Document Analysis and Recognition*; 2009. p. 1290-1294.
- [9] Chattopadhyay T, Chaki A, Bhowmick B, Pal A. An application for retrieval of frames from a laparoscopic surgical video based on image of query instrument. In: *Proceedings of the TENCON - IEEE Region 10 Conference*; 2008. p. 1-5.
- [11] Cao Y, Li D, Tavanapong W, Oh J, Wong J, de Groen PC. Parsing and Browsing Tools for Colonoscopy Videos. In: *Proceedings of the 12th Annual ACM International Conference on Multimedia.* New York: ACM; 2004. p. 844-851.
- [12] Schuessler WW, Schulam PG, Clayman RV, Kavoussi LR. Laparoscopic radical prostatectomy: Initial short-term experience. *Urology.* 1997;50(6):854-857.
- [13] Sivic J, Zisserman A. Video Google: Efficient Visual Search of Videos. In: Ponce J, Hebert M, Schmid C, Zisserman A, editors. *Toward Category-Level Object Recognition.* vol. 4170 of *Lecture Notes in Computer Science.* Springer Berlin Heidelberg; 2006. p. 127-144.

Contact

Corresponding author: **Vagner Mendonça Gonçalves**. Student on the Master of Science Graduate Program in Information Systems at the University of São Paulo.
Phone number: +55 11 99699-4158.
Email: vagner.goncalves@usp.br.

MISSÃO KID: UM EXERGAME DE APOIO AO COMBATE À OBESIDADE INFANTIL

José Eurico de Vasconcelos Filho¹, Carmina Maria Goersch Fontenele Lamboglia² e Lucas de Moura Carvalho³

¹Núcleo de Aplicação em Tecnologia da Informação/Universidade de Fortaleza, Fortaleza, Brasil

² Departamento de Educação Física/Universidade de Fortaleza, Fortaleza, Brasil

³Núcleo de Aplicação em Tecnologia da Informação/Universidade de Fortaleza, Fortaleza, Brasil

Resumo: Objetivo: Apresentar uma abordagem tecnológica em saúde, baseada em um aplicativo para dispositivos móveis, um jogo sério, de apoio ao combate da obesidade infantil, através da motivação para a prática de exercícios físicos e adoção de hábitos saudáveis. Método: Apoiado pelo design de interação participativo e centrado no usuário e em conceitos e métodos das áreas de Jogos Sérios, mHealth, Inteligência artificial e saúde coletiva foi desenvolvido um sistema web (de acompanhamento) e um jogo *mobile*, voltado para a promoção da saúde de crianças, fundamentalmente as com sobrepeso e obesidade. Resultados: Testes preliminares apresentam indícios positivos da internalização dos conceitos de estilo de vida ativo e alimentação saudável pelas crianças. Também foi avaliada a eficácia da estratégia de validação automática dos exercícios praticados pelos usuários no contexto do jogo, mostrando um resultado semelhante. Conclusão: O projeto apresenta uma abordagem tecnológica em saúde com resultados preliminares positivos, há ainda estudos em andamento quanto às estratégias de adesão utilizadas bem como quanto a validação dos exercícios.

Palavras-chave: Aprendizado de Máquina; MHealth; Jogos Sérios; Obesidade Infantil.

Abstract: Objective: To present a technological approach in health, based on an application for mobile devices, a serious game, to support coping the childhood obesity through motivation for physical exercise and healthy habits. Method: Backed by the participatory interaction design and user-centered design besides other concepts and methods in the areas of Serious Games, mHealth, artificial intelligence and collective health, it was developed a mobile game and a web system (for monitoring), focused on health promotion about overweight and obesity. Results: Preliminary tests show positive evidences of internalisation of active lifestyle concepts and healthy eating for children. Also the effectiveness of the strategy of automatic exercise validation was evaluated, showing a similar result. Conclusion: The project presents a technological approach in health (mHealth) with positive preliminary results. There are still ongoing studies as accession strategies used as well as the validation exercise.

Keywords: Machine Learning; MHealth; Serious Games; Obesity.

Introdução

A obesidade infantil é um dos males mundiais com fortes reflexos no Brasil. Segundo o censo do IBGE de 2010, uma em cada três crianças com idade entre 5 e 9 anos é diagnosticada com sobrepeso.

As novas tecnologias são apontadas por Silva *et al.*¹⁴ como um dos fatores para o agravamento da situação da obesidade. Baughcum *et al.*¹³ revelam que o tempo consumido na frente de aparelhos eletrônicos contribui para o aumento do sobrepeso e da obesidade, especialmente em crianças, o que nos revela uma associação positiva entre avanços tecnológicos e adoção de hábitos sedentários. Com efeito, a tecnologia assume atitude desfavorável em relação à saúde, vinculada, direta e significativamente

relevante, na predição do aumento da adiposidade e de mudanças consideráveis no aumento do índice de massa corporal (IMC) e nas taxas de sobrepeso e obesidade em crianças. Manuscritos recentes, no entanto, relatam que as novas tecnologias podem estar aliadas à promoção da saúde e adoção de comportamentos e hábitos mais saudáveis. Dentre tais tecnologias, se destaca a utilização dos jogos sérios e dos aplicativos móveis de saúde, que mostram alto potencial em promover resultados em saúde no enfrentamento às doenças crônicas não transmissíveis, de maneira recreativa e lúdica⁹.

Jogos sérios¹³, ou *serious games*, são uma nova modalidade de jogos digitais, caracterizada pela inserção dos elementos dos jogos para um propósito sério, como transmitir uma mensagem, ensinar determinado conteúdo e propiciar uma experiência. Michael e Chen¹³ acrescentam, ainda, que o entretenimento não assume papel principal nos jogos sérios. Na verdade, existe um objetivo maior que se relaciona diretamente com a realidade e o contexto da pessoa, podendo se exprimir nas seguintes áreas: treinamento corporativo, cuidados em saúde, educação, fins militares, arte e cultura, religião e publicidade. Os aplicativos móveis em saúde (ou *mHealth*) propõem a utilização das tecnologias de computação e comunicações móveis no contexto dos cuidados em saúde, proporcionando sistemas de apoio a intervenções e coleta de dados para profissionais de saúde, auxiliando no apoio a mudanças de comportamentos saudáveis e combate às doenças crônicas¹⁷.

No contexto dos jogos sérios relacionados à saúde, os *exergames* destacam-se como ferramenta que combina exercício físico e jogo virtual, em que já se evidenciam resultados significativos no público infantil quanto ao crescimento do nível de atividade física e gasto energético, diminuição da adiposidade central e de comportamentos sedentários¹². Podendo ser vistos como uma subárea da *mHealth* vê-se também a possibilidade de modificações no comportamento, adoção de um estilo de vida ativo e a hábitos alimentares saudáveis. Assumindo tal relevância, a tecnologia se torna aliada na promoção da saúde e pode atuar como ferramenta de apoio ao combate e enfrentamento à obesidade infantil.

Defronte dos aspectos positivos fornecidos por esta nova tecnologia, vislumbra a sua inserção no âmbito de uma intervenção para enfrentamento à obesidade infantil, tendo visto a prática e a adoção de abordagens exclusivamente tradicionais e pouco atrativas para o atual público infantil. Acredita-se que as intervenções de cunho tradicional são efetivas (o que é devidamente comprovado cientificamente), porém este não privilegia nenhum aspecto inovador, podendo desencadear desinteresse, desmotivação e futuro desligamento das atividades, impossibilitando de atingir as metas da adesão à prática de exercício físico e hábitos saudáveis a longo prazo.

O presente trabalho direciona da forma correta a utilização das novas tecnologias aliadas à pesquisa para um papel diferente do de vilão, no que tange à obesidade infantil, transformando-as em aliadas no enfrentamento desse mal. Esta transformação pode ser viabilizada por meio de um *exergame*¹³. Para auxiliar no enfrentamento da doença, foi proposto um jogo sério como ferramenta de apoio, utilizando a imersão proporcionada pelo universo lúdico dos jogos. O objetivo por trás do jogo é internalizar conceitos de hábito ativo e alimentação saudável, como também o aumento do tempo de execução de atividades físicas..

Métodos

Primeiramente foi realizada uma pesquisa nos trabalhos dos principais autores das áreas de *exergames* e reconhecimento de atividades humanas com o objetivo de fazer um levantamento bibliográfico do que foi produzido.

Exergames e reconhecimento de atividades humanas

Exergames, *exertainment* ou *exergaming*, são uma combinação entre o exercício físico e o jogo, com vistas a fazer da realização do exercício físico uma atividade mais atraente, utilizando dos elementos mentais envolventes dos jogos digitais. Diversos autores comprovaram a utilização dos

exergames no aumento do gasto energético e do nível de atividade física, diminuição da porcentagem de gordura e do perímetro da cintura, aumento da frequência cardíaca e do consumo de oxigênio e diminuição do tempo consumido na frente da tela¹⁵. Tais estudos confirmam a utilização dos *exergames* como incentivo à adoção de um estilo de vida mais ativo e como estratégia de promoção à saúde.

Exergames passaram cada vez mais a serem usados por meio de telefones celulares visto que estes dispositivos estão permitindo o reconhecimento automático de atividades humanas. O reconhecimento de atividades humanas é uma importante área de pesquisa em aprendizado de máquina por causa de suas aplicações no mundo real. Sendo um campo mais específico na computação, onde os pesquisadores visam conhecer as ações dos usuários, e de principalmente observar as ações humanas para obter a compreensão sobre os tipos de atividades que os humanos realizam dentro de um intervalo de tempo⁴.

O reconhecimento automático de atividades humanas ganhou atenção como tema de pesquisa devido ao aumento da disponibilidade de acelerômetros em produtos de consumo, como os *smartphones* e das muitas aplicações potenciais que podem surgir⁸. Por outro lado, o reconhecimento de atividades humanas é uma importante área de pesquisa em aprendizado de máquina devido as suas diversas aplicações no mundo real.

Missão Kid

Missão Kid é um jogo sério (*exergame*) para dispositivos móveis cujo objetivo é estimular jovens e crianças à prática de exercícios físicos (com aumento de gasto calórico) e à adoção de hábitos saudáveis. O jogo é fruto de um projeto multidisciplinar das áreas de saúde coletiva, design de jogos e ciência da computação, sendo parte de uma metodologia de enfrentamento a obesidade infantil¹⁰. No enredo do jogo, a criança assume o papel de treinador do personagem Spock, um jogador intergaláctico que está desmotivado e fora de forma física (Figura 1 - a). A missão da criança é melhorar o condicionamento físico do personagem de modo a torná-lo apto a participar de uma grande competição que está por vir. O desafio de treinamento do jogo transcorre durante um intervalo de três meses, período este proposto na metodologia de enfrentamento que o jogo está inserido¹⁰. No final deste período, o técnico do time avaliará a evolução do personagem, permitindo ou não sua participação na competição.



Figura 1: Interfaces do Missão Kid.

A medida que Spock se condiciona física e psicologicamente, seu estado visual muda (coloração, postura e forma física) tornando possível a percepção e acompanhamento dessa evolução pela criança (vide Figura 1 - d). Caso ao final de três meses o personagem não tenha conseguido atingir o condicionamento necessário, treinador e personagem são dispensados da competição e convidados a tentar novamente para um próximo campeonato. Caso Spock consiga atingir o condicionamento ele vai para o campeonato e a criança é convidada para um novo desafio de treinamento com um nível de dificuldade mais alto.

Nesse contexto a principal ação da criança no jogo para apoiar Spock é exercitar-se diariamente com o personagem em séries de exercícios programadas. Outras ações como auxiliar Spock a consumir quantidades adequadas de água e alimentos saudáveis, obter vitaminas, vestimentas e acessórios adequados para a prática de esportes complementam as ações da criança e dão motivação a interação com o jogo.

Diariamente, em um horário específico, a criança é notificada “por seu técnico” que está na hora de treinar Spock. Um exercício específico é apresentado para a criança (Figura 1 - b) que é solicitada a prender o *smartphone* em seu braço em um *armband* e executar o exercício apresentado, com cadência e tempo controlados (sonoramente) pelo jogo. Os tipos de exercício e o tempo de execução das séries foram propostos por educadores físicos tendo em vista a idade das crianças, a possibilidade de execução em espaços pequenos e o baixo risco de lesão. A medida em que a criança executa os exercícios (corretamente) e realiza as outras atividades propostas pelo jogo, o personagem vai evoluindo seu condicionamento físico e mental, a criança por sua vez, ganha méritos (moedas e troféus) como treinadora. As moedas adquiridas pela criança como treinadora, permitem a aquisição de acessórios e suplementos para o personagem (Figura 1 - c), auxiliando em seu condicionamento físico e psicológico.

No cenário de interação proposto pelo jogo, os exercícios podem ser executados pela criança sem a presença de um profissional ou adulto que os valide. Nesse contexto, identificou-se dois possíveis cenários negativos para o objetivo metodológico do jogo: 1) a criança tentar burlar o jogo apenas simulando a prática do exercício para ganhar moedas sem esforço, ou 2) a criança de fato executar os exercícios, mas de forma incorreta. Tendo em vista esses cenários vimos a necessidade de criar estratégias de monitorar automaticamente a execução dos exercícios verificando sua execução e qualidade. Essa estratégia será apresentada nas sessões seguintes.

Aprendizado automático da qualidade de exercícios físicos

O módulo de monitoramento da qualidade dos exercícios físicos feitos pelas crianças se baseia no uso de aprendizagem automática para reconhecimento de movimentos. A Figura 2 descreve os principais módulos do módulo de monitoramento de Missão Kid. A ideia geral é de construir uma base de conhecimento, a partir de exemplos de exercícios físicos realizados, de forma que se possa classificar uma sessão de exercícios como sendo satisfatória (em termos de gasto calórico e bem-estar) ou não. A estratégia é de equipar crianças, durante o processo de realização dos exercícios, com celulares funcionando como sensores de movimento. Durante esse processo, as crianças eram ainda filmadas e os dados dos sensores armazenados. Numa fase seguinte especialistas em educação física foram chamados a analisar os vídeos e rotulá-los. A base de dados rotulada é então entrada para um algoritmo de classificação que vai aprender o que é um exercício correto ou não. Depois do processo de aprendizagem executado, o conhecimento aprendido por classificação é embarcado em Missão Kid de forma que o monitoramento dos exercícios executados durante o *exergames* pode ser automaticamente avaliado.

As etapas seguidas para viabilizar essa ideia serão detalhadas a seguir.



Figura 2: Processo de aprendizado e processo de validação no *exergame*.

Coleta de dados

Para gerar os padrões dos exercícios, foi desenvolvido um aplicativo na plataforma Android para capturar aceleração e ângulos nos eixos x,y,z dos exercícios propostos no jogo, através do acelerômetro do *smartphone*. O parâmetro de frequência do acelerômetro, conforme sugestão de Dernbach⁶ estava configurado em 100 Hz, ou seja, 100 coletas de dados a cada 1 segundo.

Ainda nesta fase inicial, buscamos analisar o comportamento das crianças quando estavam cansadas. Solicitamos que cada uma das cinco crianças que realizassem a seguinte bateria de exercícios: 60 polichinelos, 50 agachas, 60 saltitos, 75 corridas estacionárias e 15 deslocamentos laterais. Perto do fim da sessão de exercícios as crianças se cansavam e acabavam por executar os exercícios de maneira incorreta. Identificamos ainda que algumas crianças passaram a tentar burlar os monitores que as avaliavam durante os exercícios com mais frequência, muito provavelmente devido ao cansaço das mesmas.

Essas observações iniciais nos foram muito importantes, pois permitiram-nos ter uma ideia do tempo adicional que poderíamos adicionar aos exercícios de forma a levar as crianças a fazer os exercícios de forma incorreta sem que as mesmas se machucassem. Isso foi necessário, pois precisávamos alimentar o classificador automático com exemplos positivos e negativos (exercício correto e exercício incorreto) dos exercícios. O tempo adicional de 15 segundos foi considerado o ideal para isso. Isso foi feito sob o acompanhamento de um educador físico.

A partir da sondagem feita inicialmente com os cinco alunos, passamos a fase de coleta de dados completa. Utilizamos uma amostra de 30 alunos. Na coleta de dados, os movimentos das crianças eram coletados utilizando o aplicativo de captura de dados instalado em um *smartphone* preso por uma braçadeira *armband* ao braço esquerdo da criança, foi utilizada também uma filmadora para filmar a execução dos exercícios para posterior qualificação da execução por um profissional de educação física.

Nestas condições, obtivemos material para construir uma base de dados composta de exercícios corretos e incorretos a partir de uma amostra de 30 crianças.



Figura 3: Execução de exercícios físicos com crianças para extração de padrões para exercícios físicos.

O estudo foi desenvolvido dentro dos padrões éticos e científicos estabelecidos pela Resolução nº 466/2012, Conselho Nacional de Saúde/Ministério da Saúde, em pesquisa envolvendo seres humanos, tendo sido aprovado pelo Comitê de Ética da Universidade de Fortaleza, sob Parecer nº. 283.655.

Qualificação dos exercícios

Após a coleta de dados, os 150 vídeos gravados (representando os cinco exercícios feitos por cada uma das 30 crianças) foram repassados para rotulagem por um profissional de educação física. Durante o processo de rotulagem, o educador, com a ajuda de um editor de vídeo, rotulava os intervalos de tempo em que os movimentos executados pelas crianças eram corretos ou não. Por exemplo, ao olhar o vídeo, ele poderia rotular que entre os segundos 10 e 20 os movimentos todos estavam corretos, já no intervalo de segundos 20-25 os movimentos estavam incorretos. Como resultado desta qualificação, o profissional de educação física gerou um relatório indicando a qualidade do exercício em intervalos de tempo. Os dados da qualificação dos exercícios servem de entrada para um programa desenvolvido na linguagem de programação Java, que gerou o conjunto total de exemplos para treinamento do algoritmo de aprendizagem. Para cada intervalo de tempo rotulado, vários exemplos foram gerados. Os exemplos representam 1/100 de segundo da execução de um ciclo de um determinado exercício físico correspondendo ao parâmetro usado na configuração do acelerômetro (100Hz).

A base de treinamento final usada para treinar os algoritmos ficou então com a seguinte quantidade de exemplos: 182,796 de polichinelo, 183,251 de agacha, 181,286 de saltitos, 226,947 de corrida estacionária e 227,037 de deslocamento lateral. O total da base foi de 1,001,317 exemplos.

Extração de Características dos Exercícios

Depois da qualificação dos exercícios, realizamos a extração das características relevantes para a geração dos padrões para cada tipo de exercício. As características extraídas dos exercícios foram as seguintes: aceleração média para cada eixo, desvio padrão para cada eixo, aceleração média resultante, diferença média absoluta, tempo entre picos e distribuição binária.

A escolha das características se deu de acordo com a sua relevância e recorrência em outros trabalhos de reconhecimento de atividades humanas^{5, 15}. Como a natureza dos exercícios escolhidos é cíclica e periódica, pois os movimentos se repetem por um determinado intervalo de tempo, escolhemos ainda as *features* que se referem ao tempo entre picos e distribuição binária. Após a escolha das *features*, foi desenvolvido um software na linguagem de programação Java capaz de extrair essas *features* a partir dos dados coletados com as crianças.

Resultados

Para avaliar o desempenho da classificação dos exercícios foi utilizado o framework Weka⁷, através da execução dos algoritmos de classificação tendo como entrada a base de treinamento com exemplos para os cinco tipos de exercícios.

Foram escolhidos os algoritmos de classificação árvore de decisão (J48) e *Random Forest* para classificar os exercícios em correto e incorreto. A escolha desses algoritmos se deu pela qualidade de classificação que os dois obtiveram e pelo fato de que o conhecimento que eles geram é facilmente embarcado em um dispositivo Android. Os parâmetros utilizados para execução dos algoritmos J48 e *Random forest* no Weka foram as configurações padrão, utilizando validação cruzada com 10 partições. Os resultados em termos de acurácia estão descritos na Tabela 1. *Random Forest* tem desempenho melhor do que o J48 para todos os exercícios.

Devido as limitações de processamento e memória para classificar os exercícios em tempo real nos *smartphones*, foi escolhido o algoritmo de árvore de decisão para classificação, pois segundo a pesquisa realizada por Bao *et al*¹ as árvores de decisão são lentas para treinar, mas rápidas para executar. Portanto, uma árvore de decisão pré-treinada deve ser capaz de classificar as atividades do usuário em tempo real em *smartphones* emergentes com processadores rápidos e acelerômetros. A diferença de acurácia entre os algoritmos de classificação foi muito pequena, portanto a decisão da escolha pelo algoritmo árvore de decisão não representou grande impacto na eficácia da classificação.

Tabela 1: Percentual de acerto na classificação dos exercícios pelos algoritmos: Árvore de decisão e *Random Forest*

Exercícios	Árvore de decisão(J48)	<i>Random Forest</i>
Agacha	88.01%	90.48%
Saltitos	91.36%	92.95%
Corrida Estacionária	91.31%	91.5%
Deslocamento Lateral	93.92%	95.39%
Polichinelo	93.00%	94.42%

Discussão

Embarcando a Validação no Missão Kid

Com o objetivo de realizar a classificação da execução dos exercícios das crianças em tempo de execução embarcamos a árvore de decisão gerada pelo Weka no módulo de classificação on-line de Missão Kid em um celular Android (parte inferior da Figura 2). De uma forma geral esse módulo usa o acelerômetro para capturar os dados e submete a um extrator de características no próprio *smartphone*. Após esse processo, os exemplos são gerados para submissão ao classificador. Por motivos de performance, utilizamos duas estratégias de cache para tornar esse processo mais eficiente. Primeiro, realizamos a coleta do acelerômetro com uma frequência menor. Ou seja, coletamos uma amostra menor dos movimentos executados. Isso deixa o processo de extração de características mais leve. Depois, definimos que a submissão ao classificador não é realizada imediatamente a cada exemplo gerado. Os exemplos são armazenados em um cache de tamanho parametrizado. Quando essa memória é preenchida, os exemplos são submetidos ao classificador que conta quantos exemplos foram rotulados como corretos e quantos como incorretos. A maioria de votos define o *feedback* que será dado por Missão Kid ao usuário. Esse tempo de *feedback* também é parametrizado para que o sistema não se torne muito intrusivo e fique a todo momento alertando o usuário sobre a qualidade de seus

exercícios. O parâmetro que usamos por default e que se mostrou mais adequado em nossos testes é 20 segundos. O que implica em três alertas durante 1 minuto.

A estratégia de performance que obteve menor tempo de processamento foi a combinação das duas estratégias, ou seja a diminuição da frequência da captura dos dados pelo acelerômetro e o armazenamento dos exemplos em cache de tamanho parametrizado, com essa combinação conseguimos reduzir o tempo de processamento da classificação dos exercícios em 80%, porém essa redução de tempo não permitiu-nos fornecer um *feedback* da qualidade da execução do exercício em tempo real. O *feedback* da qualidade do exercício é dado com um atraso de poucos segundos.

Conclusão

Neste artigo apresentamos nossa metodologia para evitar burla e lesões por esforço repetitivo por meio da execução de exercícios por crianças em um *exergame* mobile. Os resultados obtidos usando árvore de decisão tiveram uma acurácia média de reconhecimento de 91.52% para uma variedade de 5 exercícios propostos, este percentual de acerto é comparável aos resultados obtidos por outras pesquisas^{8, 11, 16} com o reconhecimento de atividades humanas diárias.

Em nossa pesquisa científica, geramos padrões de exercícios executados por crianças de forma correta e incorreta. A solução proposta replicou a metodologia de reconhecimento de atividades utilizada em trabalhos correlatos, e assim conseguimos qualificar a execução de exercícios propostos no jogo e embarcamos essa solução em *smartphones* com sistema operacional *Android*. Isto proporcionou a execução de exercícios físicos de forma remota e sem supervisão, prevenindo lesões musculares e a prática de burla. Os testes realizados comprovaram a eficácia da solução, já que, durante a execução, as crianças mantiveram-se motivadas com os *feedbacks* sonoros recebidos, e fizeram os exercícios sem reclamar. A taxa de erro não comprometeu a qualidade dos exercícios e também não prejudicou a prevenção de burlas e lesões, visto que não ocorreram dois *feedbacks* incorretos consecutivos.

Como contribuições do trabalho, destacam-se a geração da base de dados de exercícios executados por criança por meio de acelerômetro e filmadora (esta base de dados permitirá novas pesquisas de reconhecimento de padrões, como por exemplo, a geração de padrões de burlas nos exercícios propostos), bem como a solução para validação e qualificação de atividades físicas por crianças, de maneira remota e não supervisionada, utilizando *smartphones* (e que pode ser uma grande aliada no combate à obesidade infantil).

Dentre as limitações do trabalho, se sobressai o reconhecimento de atividades físicas que trabalham os membros superiores (como a *armband* é presa ao braço direito, as variações dos membros inferiores são pouco captadas pelo acelerômetro). Outra limitação encontrada foi que não se pode validar a execução de todos os movimentos durante a prática dos exercícios, isto porque a capacidade de processamento do *smartphone* é inferior à exigida para realizar a validação durante toda a atividade. Em decorrência desta limitação, selecionamos intervalos de tempos durante a execução para serem classificados.

Como trabalhos futuros, almeja-se analisar outros algoritmos de classificação, visando diminuir o tempo de classificação dos exercícios, a identificação de padrões de burla dos exercícios, a ampliação da coleta de dados para crianças de outras faixas etárias, a identificação do melhor instante para dar o *feedback* dos exercícios e a avaliação física de crianças antes e depois da implementação da solução no jogo, a fim de verificar sua eficiência como auxiliar no combate à obesidade infantil.

Agradecimentos

Um agradecimento especial ao Núcleo de Aplicação em Tecnologia da Informação da Universidade de Fortaleza pela infraestrutura designada para o projeto e ao Departamento de Física Educação pelo apoio na realização dos testes com as crianças.

Referências

- [1] Bao, L.; Intille, S. S. (2004). Activity recognition from user-annotated acceleration data. In *Pervasive computing* (pp. 1-17). Springer Berlin Heidelberg.
- [2] Baughcum, A. E., Chamberlin, L. A., Deeks, C. M., Powers, S. W., & Whitaker, R. C. (2000). Maternal perceptions of overweight preschool children. *Pediatrics*, 106(6), 1380-1386.
- [3] Baracho, A. F. D. O., Gripp, F. J., & Lima, M. R. D. (2012). Os exergames e a educação física escolar na cultura digital. *Rev. Bras. Ciênc. Esporte*, 34(1), 111-126.
- [4] bin Abdullah, M. F. A., Negara, A. F. P., Sayeed, M. S., Choi, D. J., & Muthu, K. S. (2012). Classification algorithms in human activity recognition using smartphones. *International Journal of Computer and Information Engineering*, 6, 77-84.
- [5] Daley, A. J. (2009). Can exergaming contribute to improving physical activity levels and health outcomes in children?. *Pediatrics*, 124(2), 763-771.
- [6] Dernbach, S., Das, B., Krishnan, N. C., Thomas, B. L., & Cook, D. J. (2012, June). Simple and complex activity recognition through smart phones. In *Intelligent Environments (IE), 2012 8th International Conference on* (pp. 214-221). IEEE.
- [7] Hall, M., Frank, E., Holmes, G., Pfahringer, B., Reutemann, P., & Witten, I. H. (2009). The WEKA data mining software: an update. *ACM SIGKDD explorations newsletter*, 11(1), 10-18.
- [8] Kwapisz, J. R., Weiss, G. M., & Moore, S. A. (2011). Activity recognition using cell phone accelerometers. *ACM SigKDD Explorations Newsletter*, 12(2), 74-82.
- [9] Lieberman, D. A. Video games for diabetes self-management: examples and design strategies. *J. Diabetes Sci. Technol.*, v. 6, n. 4, p. 802-806, 2012.
- [10] Lamboglia, C.; Frota, M. A.; Catrib, A. M. F.; Silva, C. A. B. D.; Duarte, M., & Vasconcelos, J. E (2013). *Metodologia de enfrentamento a obesidade infantil apoiado por recurso digital interativo*. Universidade de Fortaleza.
- [11] Yang, J. (2009, October). Toward physical activity diary: motion recognition using simple acceleration features with mobile phones. In *Proceedings of the 1st international workshop on Interactive multimedia for consumer electronics*(pp. 1-10). ACM.
- [12] Maddison, R., Foley, L., Mhurchu, C. N., Jiang, Y., Jull, A., Prapavassis, H., ... & Rodgers, A. (2011). Effects of active video games on body composition: a randomized controlled trial. *The American journal of clinical nutrition*, 94(1), 156-163.
- [13] Michael, D., & Chen, S. (2006). *Serious games: games that educate, train, and inform*. Thomson Course Technology.
- [14] Silva, K. S. D., Nahas, M. V., Hoefelmann, L. P., Lopes, A. D. S., & Oliveira, E. S. D. (2008). Associações entre atividade física, índice de massa corporal e comportamentos sedentários em adolescentes. *Rev. bras. epidemiol*, 11(1), 159-168.
- [15] Shayne, R. K., Fogel, V. A., Miltenberger, R. G., & Koehler, S. (2012). The effects of exergaming on physical activity in a third-grade physical education class. *Journal of applied behavior analysis*, 45(1), 211-215.
- [16] Rasekh, A., Chen, C. A., & Lu, Y. (2014). Human activity recognition using smartphone.

- [17] Konshak, C., Levin,D.,Morris, W.d. mHealth: Global opportunities and challenges. Virginia Beach, VA: Convurgent Publishing LLC, 2013.

Contato

Professor Dr. José Eurico de Vasconcelos
Filho, Docente do curso de Engenharia
da Computação da Universidade de
Fortaleza - UNIFOR, Fortaleza (CE), Brasil,
euricovasconcelos@unifor.br.

UMA ABORDAGEM PARA A TRANSMISSÃO DE SINAL CARDÍACO ATRAVÉS DE BLUETOOTH E SERVIDOR EM NUVEM

Francisco Muller Machado ¹, Eduardo Giometti Bertogna ^{1,2},
Miguel Antonio Sovierzoski ^{1,3}

¹ Departamento Acadêmico de Eletrônica – DAELN_CT

² Programa de Pós Graduação em Engenharia Elétrica e Informática Industrial – CPGEI

³ Programa de Pós Graduação em Engenharia Biomédica – PPGEB

^{1,2,3} Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Curitiba, Brasil

Av. Sete de Setembro, 3165,

Curitiba, Paraná - Brasil

Resumo: O mundo de hoje vive uma revolução nos conceitos que envolvem a disponibilidade de informação em qualquer lugar, a qualquer tempo, para qualquer plataforma. Muitos sistemas de monitoramento fazem uso destas novas técnicas a fim de melhorar a vida de pacientes e otimizar o tempo na rotina dos profissionais da saúde. Já há alguns anos, diferentes tipos de tecnologias de comunicação sem fio de curta distância vêm sendo desenvolvidas para trabalharem com sinais fisiológicos, de modo a ser possível transmitir os dados para um dispositivo móvel. De outro lado, dispositivos móveis sofreram uma revolução invisível na última década com a implantação na quase maioria deles de sistemas operacionais embarcados como o Android, suficientemente rápidos para o processamento necessário aos aplicativos de hoje. Atualmente pode-se também armazenar dados em servidores remotos, de forma a possibilitar o processamento a *posteriori* das informações. Dentre os aplicativos que podem fazer uso combinado destas técnicas estão os aplicativos para a área da engenharia médica e hospitalar. Este trabalho apresenta uma solução tecnológica embarcada que utiliza todas estas novas tecnologias em um único produto final que visa uma solução para receber o sinal de eletrocardiografia (ECG), até tratá-lo, transmiti-lo localmente com controle de fluxo de dados, visualizá-los na tela e transmiti-los para um servidor remoto.

Palavras-chave: ECG, tecnologia de monitoramento remoto, computação em nuvem.

Abstract: *The world today faces a revolution concerning many new concepts in different areas that can be used for eHealth in order to make the information available anywhere, anytime as well as to multiple platform systems. Over the years many technological solutions have been developed to improve systems responsible for patient's quality of life and to optimize the daily routine for doctors, nurses and all related professionals. In one hand there have been developed recent short range low power wireless transmission technologies suitable for the local transmission of physiological signals from patients to nearby mobile devices. On the other hand there have been huge advances in mobile systems concerning their operational systems as well as their embedded hardware. Also new ways of turning the information available have become suitable for the new technologies in what concerns the web. Among all types of mobile applications that may use those new technological resources are the ones related to medical and health care systems. This paper presents a solution for local transmissions of an ECG signal over Bluetooth with flow and error control, and also its transmission over the internet to a remote application. This paper had the concern with the timeline signal, so that lost packages, due to eventual lost of Bluetooth transmissions, can be tracked. The developed system sends the signal for an online or offline read of it, as the signals itself is stored in a remote cloud server.]*

Keywords: ECG, remote sensing technology, cloud computing.

Introdução

Nos dias de hoje existem muitas tecnologias emergentes surgindo ^{1,2} para ajudar a resolver problemas relacionados com o mundo moderno, ou facilitar a realização de tarefas e a interação da sociedade. Tem-se hoje uma quebra de paradigmas envolvendo a prestação de serviços por meios da internet, *smartphones*, além de sensores em geral, incluindo entre eles sensores de pressão, temperatura e de sinal de eletrocardiografia (ECG). Novos dispositivos surgem, novos padrões de comunicações são desenvolvidos, o aparecimento de novos dispositivos para transmissão local de sinais fisiológicos até avanços em diversas áreas, como a computação em nuvem que ajudam no desenvolvimento de soluções para que novos métodos sejam aplicados na resolução de problemas antigos. Uma verdadeira quebra de paradigmas está ocorrendo em diversas áreas, principalmente no que tange à facilidade de se obter informação quanto à pacientes ou status de alguma informação referente a hospitais.

Para curtas distâncias o padrão Bluetooth de comunicação sem fio é um padrão bastante conhecido e difundido. Muitos são os protocolos aplicáveis a ele, existindo desde padrões de alcance mais longo até outros que enfatizam a economia de energia no processo de transmissão de dados. De outro lado, o padrão Android como sistema operacional é muito difundido entre dispositivos móveis, tais como *smartphones* e *tablets*. Existem muitas bibliotecas para a programação de tais dispositivos a fim de se controlar dispositivos externos com transmissão sob o protocolo Bluetooth.

Em outra trincheira surge o conceito de Internet das Coisas (*Internet of Things - IoT*) que propaga os benefícios de se poder fazer uso de sinais provenientes de sensores com uma identidade única, que os identifique em qualquer lugar em computadores espalhados pelo globo. O conceito de computação em nuvem também se une ao de IoT, pois permite que dados sejam armazenados e até tratados por aplicativos localizados remotamente em relação ao ponto que os transmitiu.

Neste sentido, surge a ideia deste trabalho que propõe tornar disponível um sinal fisiológico, como o sinal do ECG, tanto para um aplicativo Android local que o receba e o apresente na tela, quanto remotamente para outro dispositivo, Android remoto, que possa receber os dados via internet de um servidor em nuvem e os apresente *online* ou quando o profissional da área médica assim desejar ver os dados do exame. Este trabalho envolve um sistema de hardware que capta o sinal bioelétrico do coração com três eletrodos, gerando um canal de ECG, que é aplicado a uma etapa analógica de amplificação e filtragem, e então digitalizado e convertido para sinal digital por um microcontrolador é posteriormente transmitido via Bluetooth para um dispositivo móvel, com controle de erro e fluxo de dados. Os dados do sinal de ECG são então transmitidos para um servidor remoto, através do qual um segundo aplicativo, em um dispositivo móvel remoto, pode receber estes dados e disponibilizá-los na tela deste dispositivo ao profissional da área médica para análise.

Revisão da Literatura

Existem artigos de revisão que descrevem a possibilidade recente do uso dos dispositivos móveis para telemedicina. O surgimento das tecnologias de informação e comunicação (TIC) vem tornando possível o uso dos aparelhos celulares em várias áreas da telemedicina ³. O grande diferencial encontrado nos dispositivos móveis atuais é a alta capacidade de processamento de dados e a possibilidade de uso conjunto de dados provenientes da internet ³. Muito desta tecnologia vem sendo estudado para melhorar o monitoramento de pacientes de maneira remota, pois não somente nos grandes centros urbanos existe dificuldade de locomoção, como também há dificuldade de prestação de serviços médicos em localidades longe dos grandes centros ².

Nos dias atuais há uma revolução em curso devido ao surgimento de várias novas tecnologias para os aparelhos celulares, denominados de *smartphones*. Em sua maioria os *smartphones* são operados por modernos sistemas operacionais embarcados tais como o iOS da Apple, e o Android da Google.

Devido ao seu alto poder de processamento dos aparelhos, são capazes de processar muita informação, a ponto de torná-los não somente aparelhos de comunicação celular, via rede de voz GSM, como também verdadeiros computadores móveis portáteis. Apesar desta tecnologia surgir para tornar mais fácil a vida da população, ela encontra resistência principalmente em pessoas com mais de 50 anos que teriam mais resistência em aprender a manusear *smartphones* e suas funcionalidades ³.

Esta revolução tecnológica oferece novos tipos de problemas técnicos, como o problema de segurança das informações, e da comunicação e a necessidade de criptografia para os dados ¹. Muitos trabalhos surgiram recentemente, que propõem o uso do conceito de IoT para a obtenção de dados de pacientes que são colocados na nuvem através de um aplicativo móvel ⁶. Outro trabalho propõe-se um sistema em que sensores do tipo *wearable* adquirem informações como as medições de pressão arterial do sangue ou a temperatura do corpo, que são transmitidas via Bluetooth para um dispositivo que então as envia para um servidor remoto pela internet ⁷. De forma semelhante, sugere-se um sistema pelo qual médicos possam ter acesso *online* de dados transmitidos via um servidor em nuvem ⁸.

Materiais e Métodos

Visão Geral – O trabalho abrange o uso de um dispositivo aqui chamado de dispositivo biomédico Bluetooth, do aplicativo Android local (paciente) sendo executado a partir de um primeiro dispositivo móvel, e de um aplicativo Android remoto (médico) executado a partir de um segundo dispositivo móvel. A Figura 1 apresenta a visão geral do sistema.

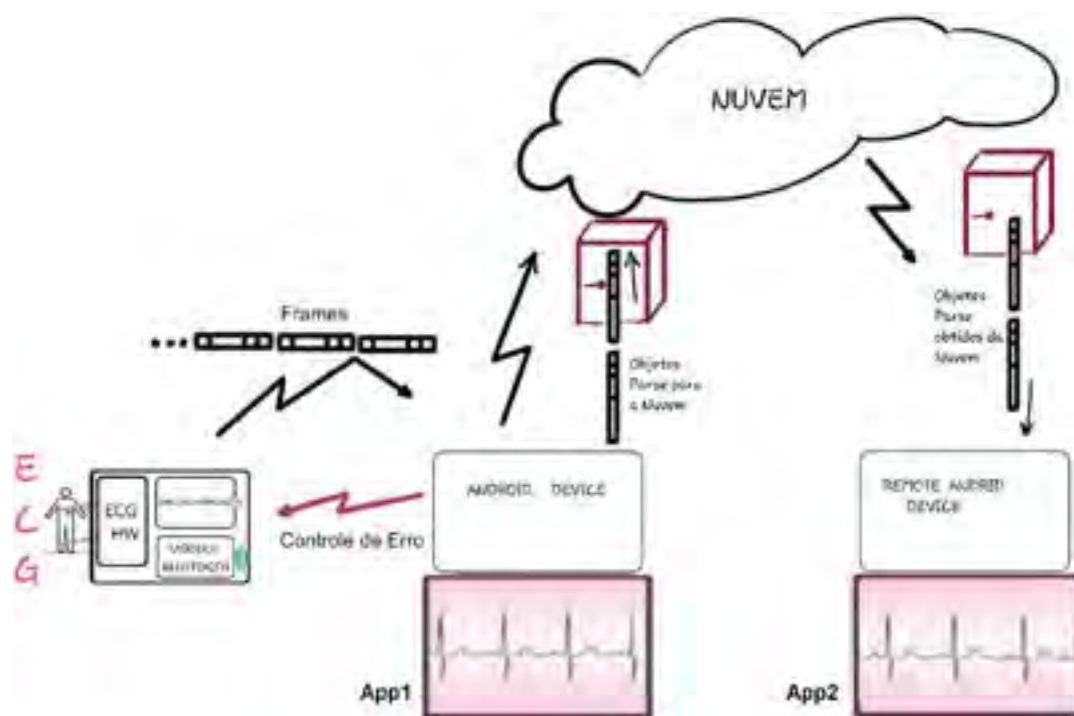


Figura 1: Visão geral do sistema de transmissão de dados biomédicos. O aplicativo App1-paciente do Android local (lado do paciente) recebe o sinal de ECG do paciente, apresenta na tela e envia para a nuvem. O aplicativo App2-médico do Android remoto (lado do médico) recebe o sinal de ECG da nuvem e apresenta na tela do dispositivo.

Dispositivo Biomédico Bluetooth – O dispositivo corresponde ao responsável pelo condicionamento e aquisição do sinal de ECG e a sua transmissão ao dispositivo Android local (paciente), foi

denominado de App1-paciente. Este dispositivo é composto por três partes: (a) pelo hardware que condiciona os sinais de baixa amplitude provenientes do sinal cardíaco para serem lidos pelo conversor analógico-digital (A/D) do microcontrolador; (b) pelo microcontrolador, cujo conversor A/D converte o sinal de ECG em amostras com resolução de 10 bits, realiza seu tratamento e as envia ao módulo transmissor Bluetooth; (c) pelo módulo transceptor de dados sob protocolo Bluetooth.

Condicionamento do sinal de ECG – O sinal de ECG apresenta tensões elétricas da ordem de milivolts, necessitando ser amplificado antes de ser amostrado. Neste projeto usou-se um amplificador de instrumentação (circuito integrado INA102) apropriado para sinais fisiológicos, como os provenientes do coração.

A configuração de eletrodos utilizada foi a de três terminais, referentes à perna direita, braço esquerdo e braço direito. Estes sinais são conectados às respectivas entradas ilustradas na Figura 2 para fins de condicionamento do sinal.

Em toda a aquisição de sinal bioelétrico existe a interferência em modo comum do sinal da rede elétrica de 60 Hz, que tem uma amplitude bastante elevada quando comparado aos sinais bioelétricos do corpo humano. Devido a isto, processos de filtragem sempre se fazem necessários. Neste trabalho optou-se por utilizar um filtro passa-altas de primeira ordem, seguido de um filtro passa-baixas de quarta ordem, conforme apresenta a Figura 2.

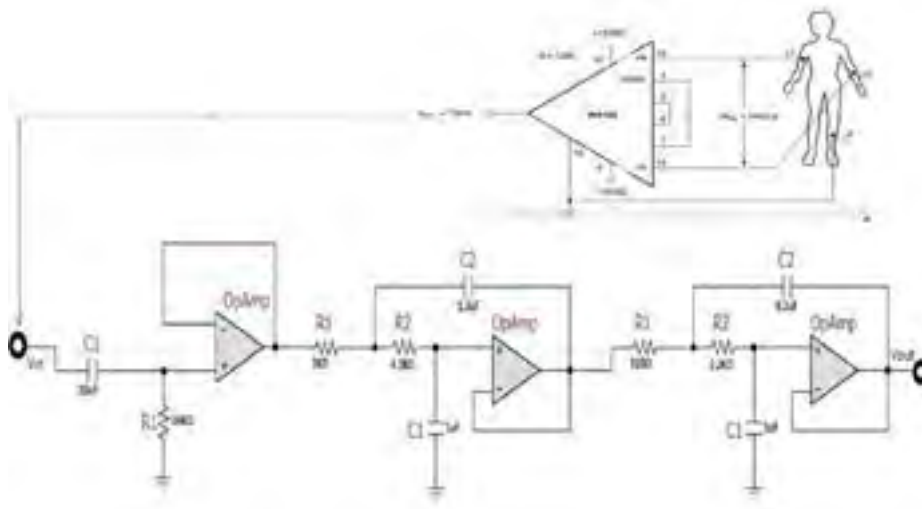


Figura 2: Circuito de condicionamento do sinal de ECG.

Simulador de sinais de ECG – Foi utilizado um equipamento gerador de sinais de ECG como o ilustrado na Figura 3.



Figura 3: Gerador de sinais de ECG utilizado no trabalho.

Microcontrolador e Módulo Bluetooth – O objetivo do trabalho era utilizar dispositivos de fácil aquisição para uso acadêmico. Por isto usou-se uma placa Arduino Nano, que faz uso do microcontrolador ATmega328p da empresa Atmel. Os principais periféricos contidos no microcontrolador para este trabalho são o conversor A/D e a interface serial assíncrona que executa a comunicação com o módulo Bluetooth.

O microcontrolador tem o papel de fazer as amostragens do sinal de ECG, convertendo-as em palavras digitais de 10 bits. Decidiu-se por realizar as amostragens a cada 2 milissegundos, gerando-se 500 amostras/segundo. A taxa de amostragem é controlada pelo temporizador/ contador (T/C1) de 16 bits do ATmega328p, cujo *clock* de contagem é oriundo do *clock* principal dividido por um fator de 8, e sendo esta contagem de 4000 pulsos de *clock*. Deste modo uma rotina de interrupção do T/C1, sendo chamada a cada 2 milissegundos, é responsável por realizar uma leitura de amostra, assim como acrescentar a amostra ao *frame* de dados.

Arquitetura de Operação Local – A maneira como o microcontrolador faz uso dos dados amostrados está ilustrado na Figura 4. O primeiro passo consiste em amostrar o sinal de ECG presente na entrada do conversor A/D. A medida que as amostras são obtidas, um novo *frame* de dados é montado. Em seguida, verifica-se se um *frame* está pronto para envio. Em caso positivo, transmite-se o *frame*. Caso contrário, verifica-se se existe algum *frame* pendente de retransmissão. A retransmissão é solicitada a seu tempo, na eventualidade de o dispositivo Android local não ter recebido corretamente algum *frame*, quando então um pedido de retransmissão é feito ao dispositivo biomédico Bluetooth.

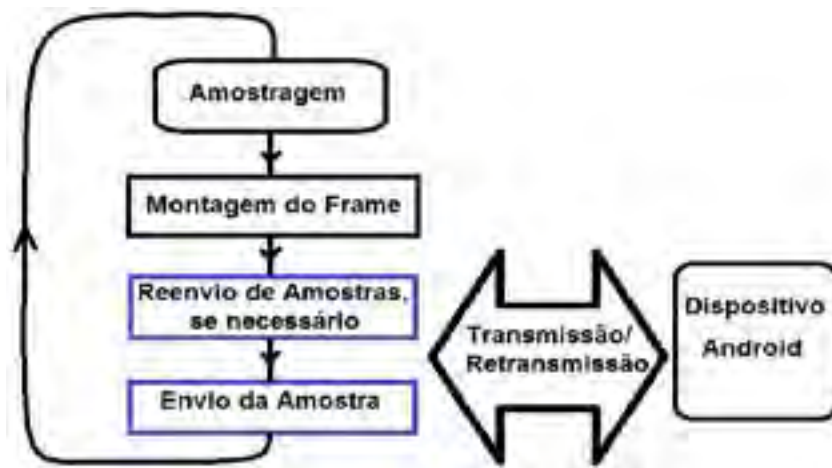


Figura 4: Arquitetura de transmissão local de dados.

O *frame* é formado por um cabeçalho, pelo valor da taxa de amostragem, com valor de 500 amostras por segundo para este trabalho. Segue um número de sequenciamento do *frame* e por quatro amostras consecutivas obtidas do sinal de ECG. Por fim, um controle para a verificação da integridade das quatro amostras é adicionado na forma de um *checksum*. Cada qual com um cabeçalho padrão e o valor da amostragem.

Arquitetura para Controle de Fluxo e de Erros de Sinal de ECG – O dispositivo biomédico Bluetooth implementa uma arquitetura de transmissão de dados de ECG de forma a se obter controle sobre o fluxo bidirecional de dados entre o aplicativo local e o dispositivo biomédico Bluetooth. O objetivo da arquitetura é fazer com que as partes envolvidas, apresentadas na visão geral pela Figura 1, estejam preparadas para se houver erro de transmissão de dados para o dispositivo móvel Android, representado pelo Appl-paciente.

Os dados são enviados continuamente do dispositivo Bluetooth ao dispositivo Android que os recebe, verificando sua integridade através do controle de *checksum*. Do *frame* recebido pelo dispositivo Android são retiradas as quatro amostras, com as quais se recalcula o valor de *checksum*. Então é verificado se confere com o valor de *checksum* enviado no *frame*. Caso os valores de *checksums* não sejam iguais, o dispositivo Android envia via Bluetooth uma solicitação de reenvio do *frame* que foi recebido com erros.

A Figura 5 apresenta duas linhas do tempo: a linha de cima representando o dispositivo móvel Android que recebe os *frames*, e a linha de baixo com os pulsos amostrados do sinal de ECG. A figura ilustra a situação na qual a cada quatro pulsos, quatro amostras são obtidas, para a formação de um *frame* que é, por sua vez, enviado. Durante o período de tempo em que a amostragem é feita, mas não há *frame* para transmissão, o sistema torna possível eventuais retransmissões (flecha em verde) de *frames* que foram recebidos com erros pelo dispositivo Android (flecha em vermelho).

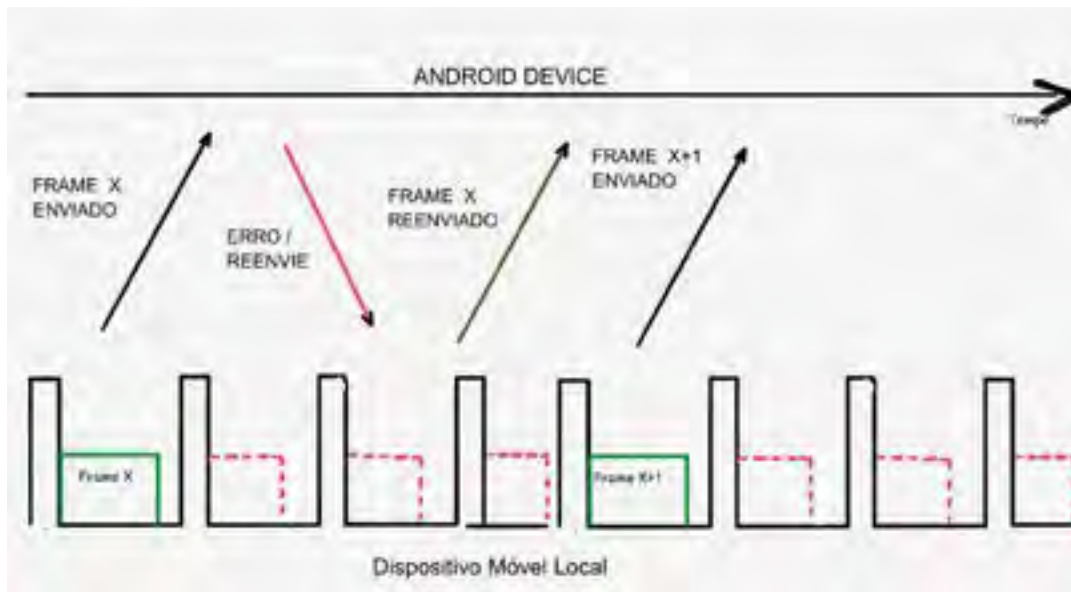


Figura 5: Linha do tempo da transmissão de *frames* entre o módulo Bluetooth e o dispositivo Android local.

Aplicativo Android Local – A arquitetura de transmissão de dados desenvolvida para este projeto tem como finalidade duas premissas. A primeira de fazer um controle de erros sobre os dados transmitidos, permitindo suas retransmissões quando necessário. A segunda, de realizar o controle do correto sequenciamento dos dados gerados ao longo do tempo, pois apenas com o módulo Bluetooth não seria possível saber se todos os *frames* teriam sido transmitidos em sequência. Na eventualidade de algum número de sequência não ter sido recebido pelo dispositivo Android App1-paciente, sua transmissão é solicitada na forma de uma retransmissão. A Figura 6 apresenta o diagrama de funcionamento do dispositivo biomédico. A etapa de transmissão de dados de ECG está sob a designação simplificada de “microcontrolador” envolvendo a rotina de transmissão de dados a cada 2 ms e a rotina de recepção de dados pela serial do microcontrolador. A primeira parte, à esquerda da Figura 6, representa a montagem dos *frames* no microcontrolador, assim como sua transmissão ou retransmissão, conforme o caso. A coluna do meio representa a rotina, ainda dentro do microcontrolador, que se encarrega de receber os pedidos de retransmissão provenientes do App1-paciente. Esta rotina basicamente armazena o valor do *frame* a ser retransmitido. Desta forma, quando for o momento de transmitir um *frame*, ou eventualmente de retransmitir um *frame*, este *frame* é retirado da informação armazenada pela rotina da coluna do meio.

À direita da Figura 6 está representado o funcionamento do App1-paciente de maneira simplificada. O aplicativo possui um processo de *thread* que permanece sempre recebendo dados que sejam recebidos pela sua interface Bluetooth do dispositivo móvel. À medida que os *frames* são recebidos, são decodificados na forma de amostras, idênticas às que originalmente formaram o *frame*. A integridade das amostras é verificada e, caso haja algum erro, o valor zero é atribuído para aquela amostra, além de sua retransmissão ser solicitada.

A tela do App1-paciente foi condicionada a receber as 500 amostras em toda a sua largura. Desta forma pouco mais de 1 segundo de sinal de ECG estão representados nela. As 500 amostras, sendo transmitidas por *frames* de quatro em quatro amostras, estão contidas em 125 *frames*.

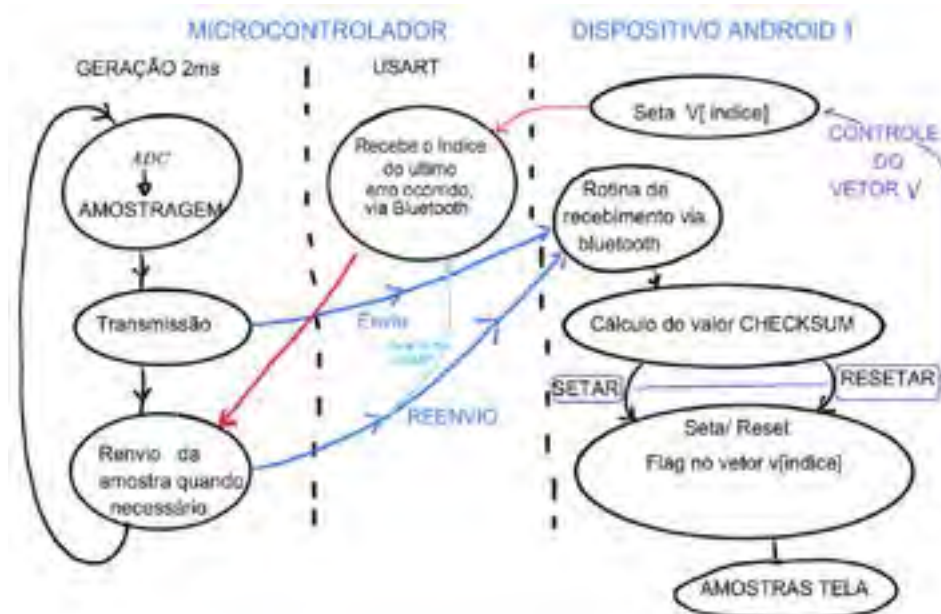


Figura 6: Protocolo entre o sistema microcontrolador e o App1-paciente.

As setas em azul representam situações de envio de dados ou de reenvio dos *frames* ainda não corretamente recebidos pelo dispositivo Android. A seta em vermelho representa situações de solicitação de reenvio de algum *frame* incorretamente recebido, caso que ocorre quando o controle de verificação do *frame* pelo cálculo do *checksum* apresentou falha.

Uma vez que as 500 amostras tenham sido recebidas, com ou sem erros, os dados são disponibilizados na tela através da atividade principal do aplicativo Android, assim como são enviadas para um servidor em nuvem.

Aplicativo Android Remoto – Um segundo dispositivo Android executa o aplicativo denominado de App2-médico. Sua função é receber as amostras decodificadas pelo App1-paciente que foram transmitidas pela internet via protocolo IP. Foi utilizado um servidor em nuvem para facilitar este processo, pois os dispositivos móveis no mundo moderno podem estar atrás desde simples *hubs* ou *access points* domésticos, assim como podem estar conectados via 3G ou 4G através de internet móvel.

A programação usando servidor em nuvem se responsabiliza em transpor estas dificuldades de programação. Este aplicativo requer permissões de acesso apenas ao hardware referente ao WiFi ou ao 3G, 4G, de modo a permiti-lo receber dados via internet.

O aplicativo possui três comandos. Um primeiro botão conecta o aplicativo na rede de dados que estiver disponível no local de teste. Um segundo botão simplesmente faz a desconexão quando se desejar. A desconexão de dados é necessária para que o tráfego de dados entre o servidor remoto e

o aplicativo seja interrompido. Caso não o seja, mesmo que o aplicativo seja colocado em plano de fundo, ele continuaria a ser executado.

O diagrama de funcionamento do aplicativo App2-médico é apresentado na Figura 7. Tem-se uma etapa desenhada em cor preta, responsável pela representação na tela do aplicativo móvel dos dados recebidos via internet. Ao se pressionar o botão “Conectar”, uma seta no diagrama em cor marrom dispara um processo em paralelo. Este processo, representado na cor azul é o responsável pela leitura contínua da interface de dados do dispositivo móvel provenientes do servidor remoto.

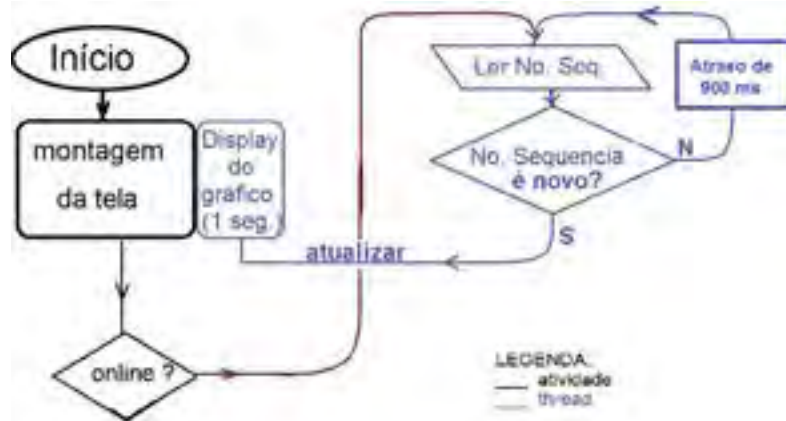


Figura 7: Fluxograma do aplicativo App2-médico.

O processo em paralelo é formado por um laço de programa que permanece lendo o registro de dados mais recente do servidor em nuvem. Cada registro lido corresponde a um segundo de dados de sinal de ECG. Cada registro lido contém 500 amostras de sinal que são mostradas na tela do aplicativo App2-médico. Através da verificação do número de sequência do registro recém lido, sabe-se se o registro é um mais recente ao já plotado no display, ou não. O loop de leitura dos registros apresenta um atraso médio de 900 ms antes de uma nova leitura. Isto se deve ao fato de que os registros são enviados para o servidor remoto em nuvem aproximadamente a cada segundo.

Serviço Remoto em Nuvem da Parse – O sistema tem como base para seu funcionamento o uso de servidores em nuvem. Foram utilizados alguns dos serviços disponibilizados pela nuvem da Parse⁸, pois para fins acadêmicos se mostrou interessante devido à gratuidade de uso e quando aos baixos volumes de tráfego são utilizados, além da facilidade de sua configuração e uso.

Dois aplicativos estão envolvidos: Um primeiro, responsável pelo recebimento do sinal de ECG localmente e de sua transmissão para a nuvem Parse; E um segundo aplicativo responsável pela contínua e constante leitura de novos pacotes enviados para a nuvem, a fim de mostrá-los no *display* do dispositivo móvel remoto.

Resumidamente o aplicativo App1-paciente transmite pacotes de informação contendo, cada um, 500 amostras para a nuvem. Cada pacote contém diversas informações sobre o sinal de ECG, conforme descrito na Tabela 1. O App2-médico caso esteja conectado via internet remotamente em um outro dispositivo móvel é capaz de receber as informações transmitidas pelo App1-paciente e mostrá-las no *display* do dispositivo remoto com a App2-médico.

Alguns dos dados descritos na Tabela 1 estão mostrados na forma de tabela visualizada na Figura 8, quando se acessa o servidor Parse. Para o usuário, pode-se pedir para o servidor disponibilizar os dados dispostos em linhas e colunas conforme se desejar, da mesma forma como se faria com uma planilha de dados. O número de sequência, correspondente a uma das colunas da Figura 8, é lido constantemente pelo App2-médico, de modo que a App2 sempre obtenha o número de sequência mais recentemente adicionado ao banco de dados do servidor Parse.

Tabela 1: Campos de informação transmitidos para a Nuvem.

Campo do Pacote	Descrição
Identificação	Número único de identificação do pacote
Amostragem	Taxa de amostragem do sinal transmitido
Nome	Nome do paciente
Data, Hora, o	Ano, mês, dia e hora do exame
Mínuto / Segundo	Minuto e segundo da amostra
Número Sequencial	Número de sequência do pacote
Vetor Menos Significativo	Dados do sinal de ECG
Vetor Mais Significativo	Dados do sinal de ECG
Data de Criação	Data de criação do pacote na nuvem
Data de Atualização	Última atualização dos dados



Figura 8: Tela visualizada ao acessar o servidor Parse.

Resultados

Para os testes foi utilizado um gerador de sinal de ECG, conforme apresentado pela Figura 3. Depois de condicionado e filtrado, o sinal presente na entrada do conversor A/D está mostrado à esquerda da Figura 9. Quando colocados lado a lado, pode-se visualizar na Figura 9 o sinal original na tela do osciloscópio, o *tablet* executando o App1-paciente e o *smartphone* executando o App2-médico (aplicativo remoto). Ambos os aplicativos App1 e App2 estavam conectados via WiFi no mesmo *access point* do laboratório. Contudo, os sinais eram transmitidos para um servidor remoto da Parse e retornavam ao *smartphone* que rodava o App2. A quantidade de erros de *frames* transmitidos, apesar de em grande número, puderam ser detectados e corrigidos.



Figura 9: Tela do osciloscópio com o sinal amostrado, *tablet* executando o App1-paciente e apresentando o sinal de ECG na tela, e *smartphone* executando o App2-médico e apresentando o sinal de ECG na tela.

Conclusões

Verificou-se o funcionamento do sistema de acordo com o que havia sido proposto no início deste trabalho. O sinal do ECG foi filtrado, condicionado e amostrado para então ser transmitido via Bluetooth ao App1-paciente, executado a partir de um *tablet* Samsung P7500 de 10 polegadas de tela, com Android 3.2, e resolução de 1280 x 800 pixels. O protocolo de comunicação Bluetooth proposto no trabalho mostrou-se simples e eficiente para a aplicação de transmissão de sinais fisiológicos em tempo real. O protocolo pode ser alterado para incluir mais canais de sinal de ECG ou incluir outros sinais fisiológicos. O App1-paciente transmitiu via WiFi ao servidor da Parse. O App2-médico foi executado a partir de um *smartphone* AN400, com Android 4.2.2, tela 4 polegadas com resolução de 800 x 480.

Referências

- [1] Da Silva, FAB. Big Data e Nuvens Computacionais: Aplicações em Saúde Pública e Genômica. 2016. *J. Health Informatics*, 8(2):73-79.
- [2] Lopes, JE, Heimann, C. Uso das tecnologias da informação e comunicação nas ações médicas a distância: um caminho promissor a ser investido na saúde pública. 2016. *J. Health Informatics*; 8(1):26-30.
- [3] Arrais, RF, Crotti, PLR. Revisão: aplicativos para dispositivos móveis (“Apps”) na automonitorização em pacientes diabéticos. 2015. *J. Health Informatics*; 7(4):127-133.
- [4] Bonho, S, Kolm, D, Baggio, JFR, Moraes, R. Microprocessor-Based System to ECG Monitoring Through Internet. 2006. *World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering*, Volume 14, IFMBE Proceedings, pp 4008-4011.
- [5] Kobayashi, H, Tatsukami, Y. A real-time EMG/ECG monitoring system over the internet. 2012 *IEEE RO-MAN: The 21st IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication*.
- [6] Hassanalieragh, M, Page, A, Soyata, T, Sharma, G, Aktas, M, Mateos, G, *et al.* S. Health Monitoring and Management Using Internet-of-Things (IoT) Sensing with Cloud-Based Processing: Opportunities and Challenges. 2015 *Proceedings of the 2015 IEEE International Conference on Services Computing*.
- [7] Babu, S., Chandini, M., Lavanya, P., Ganapathy, K. Cloud-enabled remote health monitoring system. 2013. *International Conference on Recent Trends in Information Technology (ICRTIT)*, 2013, pp. 702–707.
- [8] Rolim, C., Koch, F., Westphall, C., Werner, J., Fracalossi, A., Salvador, G. A cloud computing solution for patient’s data collection in health care institutions. *Second International Conference on eHealth, Telemedicine, and Social Medicine, ETELEMED ’10.*, Feb 2010, pp. 95–99.

Contato

Francisco Müller Machado
fmachadomm@gmail.com
www.daeln.ct.utfpr.edu.br
UTFPR_DAELN_CT
Av. Sete de Setembro, 3165
Curitiba – PR
80230-901

RECONHECIMENTO DE PADRÕES PARA CLASSIFICAÇÃO DA IMPEDÂNCIA ELÉTRICA DO TECIDO CERVICAL

PATTERN RECOGNITION FOR ELECTRICAL IMPEDANCE CLASSIFICATION OF CERVIX TISSUE

RECONOCIMIENTO DE PADRONES PARA LA HABILATACION DE IMPEDANCIA ELÉCTRICA DEL TEJIDO CERVICAL

Tatiele Martins Razera¹, Greice de F. Körbes¹, Pedro Bertemes Filho¹, Aleksander Sade Paterno¹,
Luiz Fernando Sommacal², Adriane Pogere², Deise de Carvalho Dias³

¹Departamento de Engenharia Elétrica/Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC),
Joinville (SC), Brasil

²Hospital Universitário Polydoro Ernani de São Thiago, Florianópolis (SC), Brasil

³Secretaria Municipal de Saúde, São José (SC), Brasil

Resumo: A análise da bioimpedância elétrica de tecidos humanos têm sido utilizada para identificar lesões precursoras ao câncer, auxiliando na prevenção e tratamento precoce. O presente estudo analisou 630 amostras de bioimpedância do tecido cervical de pacientes no estado de Santa Catarina, a fim de identificar lesões no colo do útero. Para tal, comparou-se o desempenho de dois algoritmos de classificação de padrões: Máquina de Vetores de Suporte (SVM) e Redes Neurais (RN) em conjunto com a Análise de Componentes Principais (PCA), separando as amostras entre tecido com lesão ou normal. Ambos classificadores apresentaram resultados satisfatórios. Pode-se concluir que os classificadores de padrões propostos apresentam uma poderosa alternativa para a classificação de tecidos.

Descritores: Impedância Elétrica; Colo do Útero; Inteligência Artificial.

Abstract: The bioelectrical impedance analysis of human tissues have been used to identify early stages of cancer, helping the prevention and early treatment. This study analyzed 630 bioimpedance samples of cervical tissue of patients in the state of Santa Catarina to identify lesions in the cervix. We compared the performance of two pattern recognition algorithms: Support Vector Machines and Neural Networks, in conjunction with Principal Component Analysis, separating the samples of tissue as injured or regular. Both classifiers showed satisfactory results. It can be concluded that the proposed pattern classifiers might be a powerful alternative tool for tissue characterization.

Keywords: Electric Impedance; Cervix Uteri; Artificial Intelligence.

Resumen: El análisis de bioimpedancia eléctrica de tejidos humanos há sido utilizado para identificar lesiones precursoras del cancer, colaborando em su detección y tratamiento precoz. El presente estudio analizó 630 muestras de bioimpedancia del tejido cervical, de pacientes, en el estado de Santa Catarina, con el fin de identificar las lesiones en el colo uterino. Para ello, se comparó el desempeño de dos algoritmos de clasificación de padrones: SVM (Máquinas de Vectores de Soporte) y Redes Neuronales (RN) em conjunto com el Análisis de componentes principales (PCA), y separando las muestras que presentan tejido normal de aquellas com tejido prestan lesiones. Los dos clasificadores presentaron resultados satisfactorios. Se puede

concluir que las normas clasificador propuesto proporcionan una poderosa alternativa a la clasificación de los tejidos.

Descriptoros: Impedancia Eléctrica; Colo del Útero; Inteligencia Artificial.

Introdução

O Instituto Nacional do Câncer (INCA) estima aproximadamente 16.340 novos casos de câncer do colo do útero em 2016, sendo esta a quarta maior causa de mortes de mulheres por câncer no Brasil⁽¹⁾.

O rastreamento do câncer de colo do útero atualmente é realizado através de exames citopatológico e histopatológico. No entanto, a qualidade dos resultados gerados por estes exames está diretamente ligada a coleta e análise das amostras do tecido cervical, o que pode gerar resultados falso positivos⁽²⁾
⁽³⁾⁽⁴⁾.

Neste contexto, a bioimpedância elétrica têm sido utilizada para identificar alterações do tecido cervical através da análise das propriedades elétricas das células, destacando-se por fornecer resposta imediata e com baixo custo, além de garantir a replicabilidade das análises⁽⁵⁾⁽⁶⁾.

Este estudo apresenta a utilização de duas técnicas de reconhecimento de padrões, Máquina de Vetor de Suporte (SVM) e Redes Neuras (RN), em conjunto com Análise de Componentes Principais (PCA), para classificar amostras de impedância elétrica do tecido cervical da população brasileira, afim de auxiliar no diagnóstico de lesões precursoras ao câncer de colo do útero.

Métodos

A análise da impedância biológica, ou análise da bioimpedância, pode ser definida como o estudo das propriedades elétricas passivas dos tecidos biológicos⁽⁷⁾. A impedância, representada por um número complexo, é a oposição oferecida à passagem de corrente alternada num circuito e inclui a reatância (parte real) e resistência do material (parte imaginária).

Para análise da bioimpedância, o tecido biológico é modelado como um circuito elétrico, onde a membrana celular funciona como um capacitor, fazendo com que as baixas frequências não consigam percorrer o espaço intracelular, limitando a corrente elétrica ao fluido extracelular, enquanto as altas frequências percorrem tanto o espaço intracelular quanto o extracelular⁽⁷⁾.

O aumento do núcleo citoplasmático, aumento do nucléolo e distribuição irregular da cromatina são mudanças características de tecidos que apresentam Neoplasia Intraepitelial Cervical (NIC), termo utilizado para caracterizar as anormalidades do tecido cervical e que pode ser classificado em três graus evolutivos: NIC I (lesão de baixo grau), NIC II ou NIC III (lesões de alto grau), dependendo da extensão das anormalidades do epitélio⁽²⁾. A Fonte: Instituto Nacional do Câncer (1) – adaptado Figura 1 – Alterações no Tecido Uterino - (A) NIC I - (B) NIC II - (C) NIC III - (D) Carcinoma Escamoso Invasivo ilustra as alterações epiteliais do tecido uterino,⁽⁸⁾.



Fonte: Instituto Nacional do Câncer ⁽¹⁾ – adaptado
 Figura 1 – Alterações no Tecido Uterino - (A) NIC I -
 (B) NIC II - (C) NIC III - (D) Carcinoma Escamoso Invasivo

Conforme apresentado na Fonte: Instituto Nacional do Câncer (1) – adaptado Figura 1 – Alterações no Tecido Uterino - (A) NIC I - (B) NIC II - (C) NIC III - (D) Carcinoma Escamoso Invasivo, dependendo do tipo e grau da lesão, o tecido epitelial apresenta diferenças, o que possibilita verificar o aumento do núcleo citoplasmático e do nucléolo, assim como a distribuição irregular da cromatina, alterando as resistências dos espaços intracelular e extracelular, gerando diferenças nos valores da impedância elétrica de acordo com as características de cada tipo de lesão ⁽⁷⁾.

O valor da resistência na alta e na baixa frequência podem ser estimados através de modelos determinísticos, dentre eles a equação de Cole, que é vastamente utilizada para modelar tecidos vivos. Entretanto, o modelo matemático apresentado por Cole é sensível a distorções geradas durante a aquisição dos dados ⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾.

Como alternativa à equação de Cole, classificadores de padrões supervisionados têm sido empregados no reconhecimento de sinais de bioimpedância, com a vantagem de analisar múltiplas características do sinal ⁽¹¹⁾⁽¹²⁾.

Dentre os classificadores de padrões, destacam-se as Máquinas de Vetores de Suporte (*Support Vector Machines* - SVM), algoritmos que têm se mostrado eficiente na classificação de dados não-lineares ⁽¹³⁾ e Redes Neurais (RN), devido a sua grande habilidade de adaptação e aprendizado ⁽¹⁴⁾.

Algoritmos que utilizam técnicas de inteligência artificial tais como redes neurais, são baseados em uma analogia feita ao sistema neuronal humano, onde neurônios dispostos em várias camadas trocam informações entre si. Em sua forma mais básica, o algoritmo RN aprende uma função de decisão que dicotomiza dois agrupamentos de dados linearmente separáveis. Neste caso, a fronteira de decisão $d(x)$ é dada por:

$$d(x) = \sum_{i=1}^N w_i \bar{x}_i + w_{n+1} \quad (1)$$

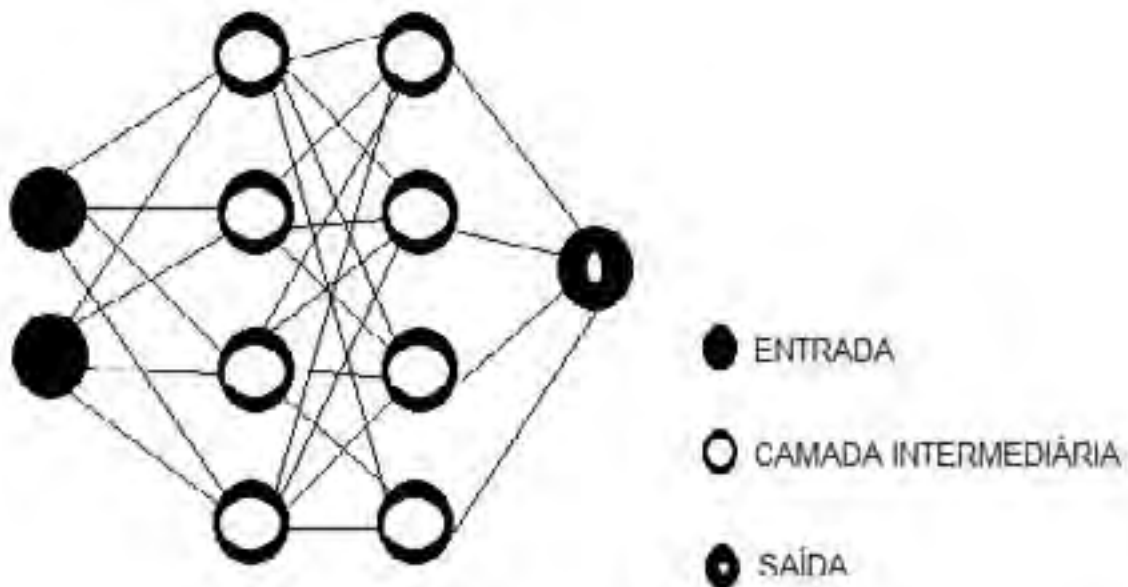
onde os coeficientes w_i , $1 \leq i \leq N$, são os pesos que modificam as entradas (x) antes de serem somadas.

Para $d(x) > 0$, a saída é 1, indicando que o padrão x foi reconhecido com pertencente à classe w_1 . Quando $d(x) < 0$, a saída será -1, indicando que pertence à classe w_2 e para para $d(x) = 0$, x encontra-se sobre a superfície de decisão. Logo, a fronteira de decisão é obtida igualando a equação (1) a zero. Conforme apresentado na equação 2, que representa a equação do hiperplano no espaço \mathbb{R}^n de padrões.

$$d(x) = \sum_{i=1}^N w_i \bar{x}_i + w_{n+1} = C \quad (2)$$

Porém em muitos casos as amostras não são linearmente separáveis, por este motivo redes neurais multicamadas são frequentemente utilizadas. Na Fonte: Haykin (14), adaptado Figura 2 - Modelo de redes neurais multicamadas pode-se observar o modelo para redes neurais multicamadas.

Onde a entrada representa os padrões apresentados inicialmente para a rede, a camada intermediária é onde o processamento é realizado, através das conexões ponderadas entre neurônios e a saída representa o resultado final da classificação.



Fonte: Haykin ⁽¹⁴⁾, adaptado

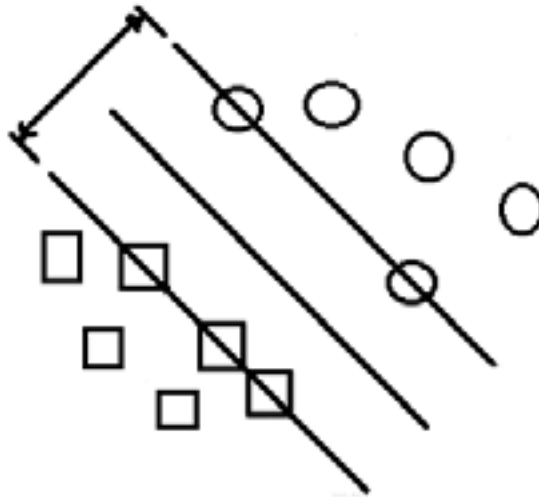
Figura 2 - Modelo de redes neurais multicamadas

O algoritmo de retropropagação é amplamente utilizado para treinamento de redes neurais. Para isso os padrões são apresentados na camada de entrada da rede, os pesos dos neurônios são inicializados e propagados para as camadas posteriores, até que a resposta seja produzida na camada de saída. Caso a classe amostrada apresente resultados errados, o algoritmo volta ao estado inicial, e as camadas internas são modificadas conforme a retropropagação do erro, minimizando os erros de classificação, isto é repetido até um critério de parada pré-estabelecido.

Máquina de Vetor de Suporte é um método de aprendizagem supervisionado para classificação e regressão. O classificador SVM mapeia os vetores de características das amostras apresentadas, como entrada, para o algoritmo em um espaço de maior dimensão, supondo que estas sejam linearmente separáveis.

A Figura 3 apresenta um exemplo de hiperplanos de separação de características linearmente separáveis para duas classes. Para tal foi construído um hiperplano separador das amostras juntamente com dois hiperplanos paralelos.

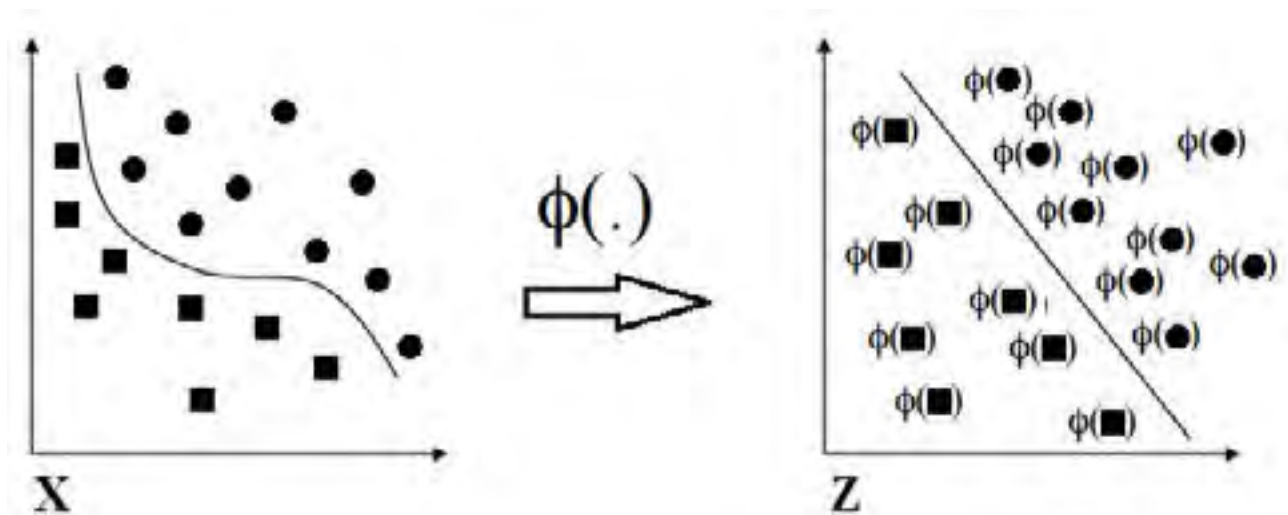
O hiperplano separador, maximiza as distâncias com os paralelos, sendo que quanto maior esta distância, maior será o poder de generalização do classificador ⁽¹⁴⁾.



Fonte: Corinna, Vapnik ⁽¹³⁾, adaptado

Figura 3 - Hiperplano separador e hiperplanos paralelos

A separação de amostras não separáveis linearmente, é realizada a partir da implementação de *kernel*, muito similar aos hiperplanos lineares, como apresentado na Figura 4, onde os valores não lineares são transformados para lineares.



Fonte: Law M. (2011), adaptado. Disponível em:

https://www.cise.ufl.edu/class/cis4930sp11dtm/notes/intro_svm_new.pdf

Figura 4 – Mapeamento do espaço de caraterísticas não lineares para o espaço de características lineares

A Análise de Componentes Principais (PCA), é uma técnica estatística que pode ser utilizada para reduzir sistematicamente um grande conjunto de dados, sem apresentar perdas de informações

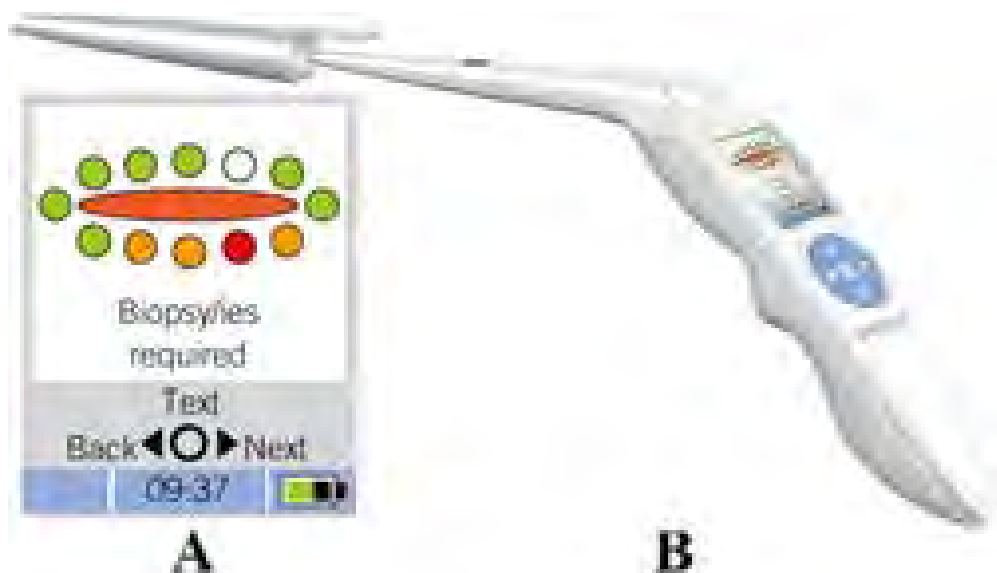
importantes. O método gera um novo conjunto de variáveis, chamada de componentes principais. Os componentes principais são ortogonais, garantindo que os dados não sejam redundantes, e são obtidos através da combinação linear dos valores originais ⁽¹⁵⁾.

Experimentos

Este trabalho foi realizado com 30 pacientes atendidas no estado de Santa Catarina (SC), as quais foram selecionadas por apresentar anormalidades no exame preventivo, Papanicolau, excetuando mulheres grávidas e ex-participantes de estudos anteriores até 30 dias antes. Todas as pacientes aceitaram a participação na pesquisa assinando o termo de consentimento livre e esclarecido aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisas (CONEP), sob o número CAAE 24003513.9.1001.0118

As pacientes foram submetidas aos exames de colposcopia, bioimpedância de colo de útero e biópsia das áreas anormais diagnosticadas. As medições da bioimpedância foram efetuadas com a sonda APX100 (Zilico), após a aplicação de uma solução de ácido acético. O exame da bioimpedância baseia-se na coleta de 10 a 12 medidas ao redor do endocervix, também chamada de ZTA (Zona de Transformação Atípica), região na qual estão localizadas lesões precursoras ao câncer. Para cada ponto a impedância é medida em 14 diferentes frequências, variando de 76,3 Hz à 625 Hz.

A sonda, ilustrada na Figura 5, é constituída de um dispositivo sem fio com uma ponta descartável onde está inserido um sensor tetrapolar, um painel que mostra ao usuário os pontos da cérvix analisados e, caso houver, o(s) local(is) onde existe grande possibilidade de lesão de alto grau. Para o armazenamento dos dados coletados com a sonda, existe uma base que deve ser conectada a um computador, no qual é instalado um *software*, que armazena os dados da impedância elétrica, assim como informações e comentários fornecidos pelo profissional de saúde ⁽¹⁶⁾.



Fonte: Zilico⁽¹⁵⁾ – adaptado

Figura 6: (A) Mapa do colo do útero exibido na sonda APX 100 – Pontos Brancos: Sem medição, Pontos Verdes: Tecido Normal, Pontos Laranjas: Probabilidade de lesão, Pontos Vermelhos: Alto risco de lesão - (B) Dispositivo de medição da impedância elétrica (APX 100)

A fim de reduzir a dimensionalidade dos dados, para cada ponto amostrado, foi calculado o PCA das impedâncias (bidimensionais - parte real e imaginária) das 14 frequências. Desta forma, o vetor

de característica foi composto pelos componentes de maior variância, sendo este um vetor de 630 linhas por 2 colunas.

As amostras foram rotuladas de acordo com o resultado do exame histopatológico, sendo os diagnósticos Normais ou NIC I representados pelo valor 0 (zero) e os demais com valor 1 (um).

Para a classificação com os métodos escolhidos (SVM e RN), os dados foram separados aleatoriamente em grupo de treinamento e de classificação, sendo o treinamento com 70% e 30% para a classificação. As análises foram realizadas com os algoritmos disponíveis no *software* MATLAB versão R2015b.

Para avaliar o desempenho dos algoritmos de classificação de padrões, a curva ROC (*receiver operator characteristic curve*) foi utilizada. Trata-se de um diagrama para representar a sensibilidade dos algoritmos em função da proporção de falso positivos (1-especificidade). A área sob a curva ROC é um indicador da precisão total dos algoritmos, sendo desejável áreas próximas a 1.

As classificações foram treinadas e testadas 10 vezes, com diferentes grupos de treinamento e teste, para obter-se a área média abaixo da curva ROC.

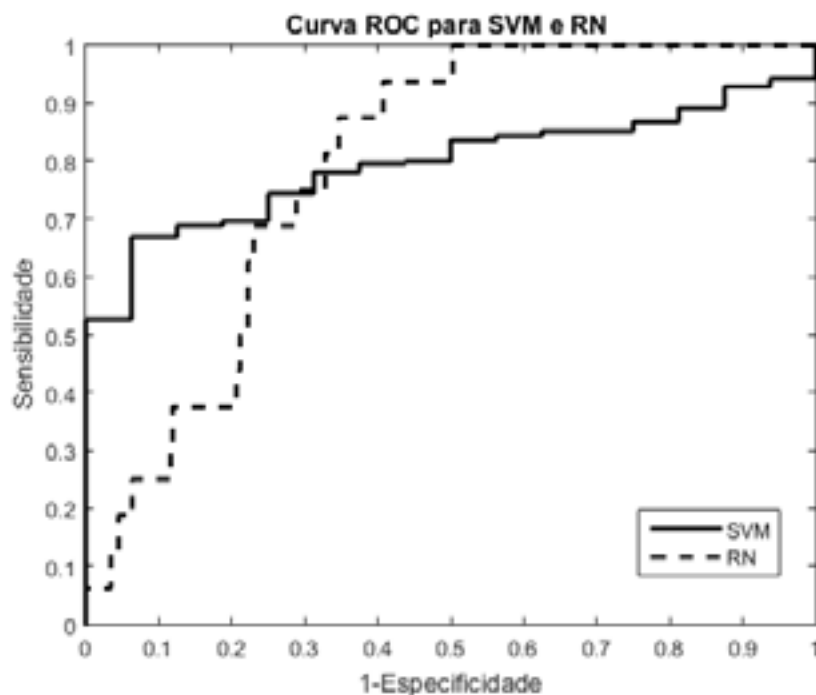
A SVM foi treinada com *kernel* gaussiano, o RBF (*Radial basis functions*). E a RN com uma rede de propagação, sendo 10 camadas intermediárias e 1 camada de saída, com 10 iterações para convergir.

Resultados e Discussão

A Figura 7 mostra a curva ROC para os algoritmos SVM e RN conforme ocorre o relaxamento dos parâmetros classificados, a curva ROC exhibe a variação de falso positivo e negativo.

O grau de separação entre as classes (Tecido Normal e com Lesão) é indicado na área sob a curva (ASC), sendo que quanto mais próximo de 1, melhor a separação. A SVM apresentou ASC média igual a 0,7945 enquanto a RN apresentou ASC média igual a 0,7783.

Os valores de ASC obtidos podem ser considerados satisfatórios, se comparados aos resultados encontrados na literatura em estudos com a população europeia ⁽⁵⁾.



Fonte: Produção dos autores

Figura 7 - ROC para classificação com SVM e RN

Conclusão

O presente estudo demonstrou a análise da impedância elétrica do tecido cervical, a fim de separar amostras da bioimpedância do tecido, entre tecido normal e com lesão, a partir dos algoritmos RN e SVM de reconhecimento de padrões.

Para reduzir a alta dimensionalidade dos dados adquiridos pela sonda de impedância utilizada na coleta de amostras, utilizou-se a Análise de Componentes Principais (PCA) para identificar a direção de maior variância dos dados. Esta direção foi utilizada como vetor de características para os classificadores de padrões.

Os testes realizados mostraram que a SVM em conjunto com PCA apresentou o melhor desempenho na separação dos dados, com ASC médio igual a 0,7945, resultado satisfatório e próximo aos encontrados na literatura.

Agradecimentos

Agradecimentos a FITEJ, CNPq, CAPES, Programa UNIEDU Pós-Graduação, Secretaria de Saúde de São José (SC), Centro de Pesquisas Oncológicas (CEPON), Hospital Universitário Polydoro Ernani de São Thiago, FAPESC através do projeto intitulado “Ferramenta de diagnóstico eletrônico do câncer de pele em comparação com o exame de biópsia”.

Referências Bibliográficas

- [1] Instituto Nacional do Câncer - INCA, “Controle do Câncer do Colo do Útero” . Disponível em: www.inca.gov.br . Acesso em Junho de 2016
- [2] DiSaia Philip, Creasman W T. Clinical gynecologic oncology. Elsevier Health Sciences, 2012..
- [3] Gontijo R C, Citologia oncológica, captura de híbridos II e inspeção visual no rastreamento de lesões pré-neoplásticas cervicais em uma unidade básica de saúde de Campinas. Revista Brasileira de Ginecologia e Obstetrícia, pp. 892-895, 2003.
- [4] dos Santos F A P S. de Brito R S. dos Santos D L A. Exame papanicolau: avaliação da qualidade do esfregaço cervical. Revista da Rede de Enfermagem do Nordeste, 2012
- [5] Brown B H. Tidy J A. Boston K. Blackett A D.. Smallwood R H. Sharp F. Relation between tissue structure and imposed electrical current flow in cervical neoplasia. The Lancet, vol. 355, n. 9207, pp. 892-895, 2000.
- [6] Filho P B. Marques J B. Pogere A. Sommaca L F. Dias D C. Dutra D. Paterno A. Epiteliômetro como instrumento coadjuvante ao exame de colposcopia: estudo de casos em Santa Catarina. em XXIV Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica, Uberlândia, 2014.
- [7] Martinsen G O. Grimnes S. Bioimpedance and bioelectricity basics, Academic press, 2011.
- [8] Instituto Nacional do Câncer - Coordenação de Prevenção e Vigilância. Faland.o sobre câncer do colo do útero. Rio de Janeiro, 2002. ISBN 85.7318-052-8
- [9] Nejadgholi I. Caytak H. Miodrag B. Batkin I. Shirmohammadi S. Preprocessing and parameterizing bioimpedance spectroscopy measurements by singular value decomposition. Physiological measurement, vol. 36, n. 5, pp. 983-988, 2015.
- [10] Gonzalez-Correa C A. Brown B H. Smallwood R H. Walker D C. Bardhan K D. Electrical bioimpedance readings increase with higher pressure applied to the measuring probe. Physiological measurement, IOP Publishing, vol. 26,n. 2, p. S39, 2005.
- [11] Shini M A. Laufer S. Rubinsky B. SVM for prostate cancer using electrical impedance measurements. Physiological measurement. vol. 32, n. 9, pp. 1373 - 1378, 2011.

- [12] Dua R. Beetner D G. Stoecker W V. Wunsch D C. Detection of basal cell carcinoma using electrical impedance and neural networks. Biomedical Engineering, IEEE Transactions on, vol. 51, n. 1, pp. 66-71, 2004.
- [13] Corinna C. Vapnik V. Support-vector networks. Machine learning, vol. 20, n. 3, pp. 273-297, 1995.
- [14] Haykin S. Neural Networks: A comprehensive foundation. vol. 2. Prentice Hall.1998.
- [15] Dunteman G H. Principal Components Analysis. Newbury Park: Sage, 1989.
- [16] Zilico, What is ZedScan, 2015. (Internet). Disponível em: <https://zilico.co.uk/zedscan>. Acesso em: Junho 2015

Endereço para correspondência

Programa de Pós Graduação em Engenharia
Elétrica (PPGEL) - Universidade do Estado de
Santa Catarina (UDESC).
Campus Universitário Prof. Avelino Marcante
- Rua Paulo Malschitzki, 200 - Zona Industrial
Norte, Joinville - SC, Brasil.
Tatiele Martins Razera, tmrazera@gmail.com

SUPORTE À DECISÃO CLÍNICA NO DOMÍNIO DA DOENÇA RENAL CRÔNICA

Esau A. Tavares ¹, Cecilia N. A. P. Gomes ², Natasha C. Q. Lino ¹

¹ Programa de Pós-Graduação em Informática – (PPGI), Centro de Informática, Universidade Federal da Paraíba – (UFPB), João Pessoa – PB, Brasil.

² Programa de Pós-graduação em Modelos de Decisão e Saúde – (PPGMDS), Universidade Federal da Paraíba – (UFPB), João Pessoa – PB, Brasil.

Resumo: Objetivos: Propor uma abordagem de Suporte à Decisão Clínica, baseada em semântica e raciocínio, utilizando uma ontologia para representar o conhecimento presente nos conjuntos de diretrizes para prática clínica no domínio da nefrologia. **Métodos:** A metodologia foi composta pelas fases de escolha do domínio, especificação do conhecimento, aquisição de conhecimento, modelagem semântica da ontologia, definição dos métodos de avaliação e desenvolvimento do protótipo para facilitar a realização de inferência e avaliação da consistência do conhecimento representado. **Resultados:** Este estudo possui como resultados um léxico ampliado da linguagem, contendo 79 palavras e frases mais significativas do domínio da Doença Renal Crônica (DRC), e a ontologia OntoDecideDRC, cujos conceitos de classes e propriedades forneceram subsídios para o Suporte às Decisões Clínicas relacionadas ao diagnóstico, estadiamento e encaminhamento de pacientes com DRC. **Conclusão:** Essa abordagem é capaz de fornecer recomendações baseadas em evidências podendo promover a qualidade no atendimento médico.

Palavras-chave: Nefrologia, Inteligência Artificial, Técnicas de Apoio para a Decisão.

Abstract: Goals: Propose an approach of Clinical Decision Support, based on semantics and reasoning, using an ontology to represent this knowledge in sets of guidelines for clinical practice in the field of nephrology. **Methods:** The methodology consisted in phases of choice domain, knowledge specification, acquisition of knowledge, semantic modeling of ontology, definition of the evaluation methods and prototype development to facilitate the achievement of inference and evaluation of the consistency of the represented knowledge. **Results:** This study has as result an extended lexicon of language, containing 79 words and phrases more meaningful in the field of Chronic Kidney Disease (CKD), and OntoDecideCKD ontology, which concepts of classes and properties provided subsidies to the Clinical Decisions Support to related to the diagnosis, staging, and referral of patients with CKD. **Conclusion:** This approach is able to provide evidence-based recommendations, promoting quality in medical care.

Keywords: Nephrology, Artificial Intelligence, Decision Support Techniques.

Introdução

Diante do domínio da Saúde, a Doença Renal Crônica (DRC) é definida como uma lesão renal, acompanhada de uma perda progressiva e irreversível da função dos rins (Glomerular, Tubular e Endócrina) onde, em sua fase mais avançada, os mesmos não conseguem mais manter a normalidade do meio interno do paciente¹.

Dados de 2005, mostram que no Brasil, a mortalidade anual em pacientes em programa dialítico era estimada em aproximadamente 15%, e que cerca de 94,8% dos centros especializados eram conveniados ao Sistema Único de Saúde (SUS), onde foi previsto que o crescente número de pacientes

e o alto custo do tratamento, acarretaria em severas limitações ao sistema². Estimativas de 2011 revelaram que cerca de 10 milhões de brasileiros eram portadores de DRC e 75% destes desconheciam o fato³. Recentemente, de acordo com o último Censo Brasileiro de Diálise, publicado em 2013, o número de pacientes com DRC Terminal no Brasil mais que duplicou na última década, passando de 42.695 em 2000 para 100.397 em 2013.

Diante desses dados, atualmente, estão sendo encorajados estudos relacionados à prevenção, diagnóstico precoce e melhorias no tratamento, onde a identificação precoce e o manejo nefrológico adequado de pacientes com DRC moderada têm sido reconhecidos como importantes oportunidades de impedir a sua progressão e desfechos desfavoráveis⁴. Assim, a solução encontrada por esse estudo foi buscar na Ciência da Computação mecanismos de aplicação para a gestão do conhecimento, visando auxiliar nos cuidados primários à saúde, no diagnóstico e no encaminhamento precoce e apropriado ao Nefrologista. Dentre os mecanismos encontrados, estão as abordagens computacionais de Suporte à Decisão Clínica, do inglês *Clinical Decision Support* (CDS).

Abordagens de CDS têm como objetivo auxiliar tomadores de decisão a utilizarem dados, modelos e estruturas de maneira que estes possam ajudar a resolver problemas e a tomar decisões⁵, ou seja, visam auxiliar os profissionais de saúde na tomada da decisão a partir de situações de decisão semiestruturadas, a fim de estender suas capacidades sem substituir seus julgamentos, podendo ajudá-los a formarem uma segunda opinião do conhecimento médico especializado⁶⁻⁷⁻⁸. Além disso, abordagens como essas devem manipular as informações de forma inteligente, sendo desenvolvidas para serem utilizadas em problemas que requerem uma quantidade considerável de conhecimento humano e especializado, como é o caso do manejo e diagnóstico clínico. Baseado nessas premissas, o uso de alguns mecanismos da Inteligência Artificial têm se destacado muito nesses últimos anos, entre eles o de ontologias.

A ontologia trata-se uma técnica de Representação do Conhecimento que se refere a um artefato de engenharia constituído por um vocabulário específico usado para descrever uma determinada realidade, por uma série de suposições sobre o significado pretendido do vocabulário⁹. Resumidamente, esse mecanismo fornece uma representação formal, explícita e consensual de conhecimento, passível de processamento automático, recuperação de informações e realização de mecanismos de inferência¹⁰. A construção e o uso de ontologias está auxiliando a tornar mais eficiente o desenvolvimento de sistemas de informação para o gerenciamento de informação e suporte à decisão na Informática em Saúde¹¹.

Para que recursos de apoio à decisão possam trabalhar da melhor maneira, eles devem ser capazes de acessar um conhecimento médico baseado em evidências de alta qualidade⁷, para isto estão sendo utilizadas em muitos trabalhos as diretrizes de práticas clínicas. As diretrizes clínicas são declarações sistematicamente desenvolvidas por entidades de saúde para auxiliar os profissionais da área em decisões, fornecendo informações sobre os cuidados de saúde apropriados para cada circunstância clínica específica, buscando padronizar a prática clínica e melhorar os resultados.

Quanto ao domínio de aplicação desse estudo, outros trabalhos já foram realizados seguindo linhas de raciocínio diferentes. Em um dos trabalhos foram realizadas a estruturação das diretrizes de Doença Renal Crônica (DRC), utilizando o *Guideline Definition Language* (GDL), para integração das regras de decisão ao Registros Eletrônicos de Saúde (RES) baseado em arquétipos¹². Em outro trabalho, para diagnosticar pacientes com insuficiência renal e determinar o estágio de progressão da doença, foi proposto o uso dos algoritmos de classificação de dados: Redes Neurais, Naïve Bayes e Árvore de Decisão, porém não foi considerado o uso de ontologias¹³. Apesar de possuir domínios parecidos, esse trabalho acrescenta a área científica uma solução diferente para auxiliar nos cuidados relacionados à DRC.

Logo, diante de todos esses dados e mecanismos, o objetivo principal desse estudo é propor uma abordagem de suporte à decisão clínica, baseada em semântica e raciocínio, utilizando uma ontologia para representar o conhecimento presente nos conjuntos de diretrizes para prática clínica no

domínio da nefrologia. Essa abordagem está relacionada ao diagnóstico, estadiamento e encaminhamento clínico da DRC, buscando dar suporte ao encaminhamento apropriado para os especialistas em nefrologia.

Métodos

Para o desenvolvimento de abordagens em Suporte à Decisão Clínica e das ontologias, cada metodologia tem características e aspectos peculiares, e a seleção de uma metodologia específica vai depender de vários parâmetros do domínio do problema. Logo, o primeiro passo foi a realização de uma busca por trabalhos relevantes de CDS presentes na área, de modo a identificar e escolher a metodologia a ser utilizada ou adaptada.

Com relação à construção da abordagem de CDS, foi então decidido que esta deveria ser fundamentada em metodologias validadas⁷⁻⁸⁻¹⁴⁻¹⁵ e em recomendações para a construção de abordagens de apoio à decisão clínica para o tratamento de indivíduos com Doença Renal Crônica¹⁶. Já com relação à etapa de construção da base de conhecimento composta por uma ontologia, como é comum a composições ou adaptação de uma ou mais metodologias⁹, a solução encontrada foi realizar a composição e adaptação do Método 101¹⁷, e da metodologia para criação de ontologias no ambiente da saúde¹⁸.

Escolha do domínio - O segundo passo realizado foi a escolha do domínio onde a abordagem de CDS irá atuar, ou seja, a escolha do seu ambiente de aplicação e do seu objetivo. Como dito anteriormente, foi definido para essa abordagem o domínio da Nefrologia com objetivo de auxiliar médicos da atenção primária na resolução de problemas, tomada de decisões e ações relacionadas à DRC, dando suporte ao encaminhamento apropriado para os especialistas em nefrologia. Observando os tipos de problemas e desafios identificados e descritos anteriormente, foi definido que essa abordagem deverá dar suporte por meio de recomendações, indicando os passos e fornecendo informações sobre os procedimentos, com base em conjuntos de dados específicos do paciente.

Especificação do Conhecimento - Uma vez definido o domínio do CDS, nessa fase foram realizadas as especificações do propósito e escopo do conhecimento que deverá se representado. Foi determinado como propósito a investigação dos componentes essenciais envolvidos na gestão da Doença Renal Crônica, onde o escopo principal foi estipulado nas técnicas de diagnóstico, estadiamento e encaminhamento da Doença Renal Crônica, representando também as informações sobre manejo clínico básico apenas relacionadas a essas técnicas.

Aquisição de Conhecimento - Nessa fase foi feito um estudo detalhado dos aspectos relacionados ao gerenciamento da DRC, realizando a investigação e identificação dos vários conceitos e propriedades essenciais dos cuidados nefrológicos, bem como as principais medidas nefrológicas envolvidas nesse processo de diagnóstico, estadiamento, encaminhamento de pacientes com DRC. Nessa fase foi realizado o desenvolvimento de critérios para seleção de fontes de conhecimento e a abstração do conhecimento a partir das fontes selecionadas.

A primeira atividade realizada nessa fase foi a seleção de técnicas tradicionalmente aplicadas por engenheiros de requisitos no processo de eliciação de informações. Diante das técnicas de eliciação, foram escolhidas a análise de documentos e entrevistas.

Para a técnica de análise de documentos, foram realizadas pesquisas por diretrizes de práticas clínicas no domínio da Nefrologia com foco na Doença Renal Crônica, a fim de identificar e acessar fontes confiáveis e atualizadas de conhecimentos que refletissem de forma abrangente o conhecimento teórico e prático desenvolvido na área. Para realizar a busca e análise desses textos foram utilizados os critérios de autenticidade do texto na comunidade médica e alinhamentos com as tendências inovadoras e atuais.

Foi definido também que caso as informações fossem específicas por país ou região, deveriam serem utilizadas aquelas validadas e indicadas para uso no ambiente nacional em que esse trabalho científico foi desenvolvido, no caso o Brasil.

O próximo passo foi realizar a decomposição e classificação das informações presentes nas diretrizes selecionadas. Para isso foi definido que as diretrizes clínicas deveriam ser decompostas nos seguintes conceitos: Critérios de Partida, Fluxo de Informação, Decisões, Ações, Exceções, Relações entre os componentes da diretriz. Para isto, foi definido um modelo com o intuito de estruturar e organizar a informação, no objetivo de guiar e otimizar a extração de informações sintetizadas sobre o fluxo de controle e execução das práticas clínicas relacionadas ao diagnóstico, estadiamento, encaminhamento dos paciente com DRC.

Foi criado então um modelo formal definido em uma *8-tupla*, baseada nas tuplas definidas no trabalho de Iannaccone e Esposito¹⁵. O modelo definido *8-tupla* é apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 - Modelo definido em um *8-Tupla* para captura e estruturação do conhecimento

Modelo = $\langle A, Cd, EE, O, P, R, Sub, T \rangle$		
ID	Definição	Exemplos
A	Conjunto de ações que devem ser tomada, de acordo com alguns fatores como, por exemplo, um conjunto de condições (Cd) ou observação (O).	“Encaminhar o pacientes para o Nefrologista”, “Calcular a TFG do Paciente”, “Diagnosticar a DRC”, etc.
Cd	Conjunto de condições ou estados observáveis do paciente, que podem persistir ao longo do tempo e tendem a necessitar de intervenção ou de gestão clínica.	“Hipertensão”, “Diabetes”, “Tabagismo”, etc.
EE	Conjunto de elementos específicos do domínio, tais como substâncias administráveis, que tem como objetivo realizar algum efeito clínico em um paciente.	“Proteína”, “Albumina”, “Insulina”, “IECA”, “BRA”.
O	Conjunto de observações que são utilizadas para determinar uma medida, por exemplo um exame laboratorial.	“Taxa de filtração glomerular (TFG) maior que 60 mL/min/1,73m ² por um período igual ou superior a 3 meses”
P	Conjunto de procedimentos cujo o objetivo é a alteração do estado físico do paciente.	“Manejo Glicêmico”, “Controle de Pressão”, etc.
R	Conjunto de restrições, que têm de ser verificadas de forma a preservar a exatidão, a coerência e a consistência do conhecimento capturado.	“Pacientes no Estágio 4 da DRC são tratados por Nefrologistas”, etc.
Sub	Conjunto de sub-diretrizes incluídas dentro de uma diretriz.	“Pacientes diabéticos devem utilizar insulina”.
T	Conjunto de tarefas que podem ser executadas em paralelo.	“Exercícios físicos”, “Controle da dieta”, etc.

Durante essa primeira atividade da aquisição, observou-se que algumas informações selecionadas continham técnicas e termos desconhecidos para o autor desse trabalho, principalmente em “Elementos Específicos (EE)” do modelo *8-tupla*. Diante desse problema, foram realizadas entrevistas com os Médicos da Atenção Primária e com Nefrologistas, visando sanar as dúvidas e obter informações extras sobre os procedimentos médicos.

Com todas as informações capturadas, o próximo passo foi realizar a formalização do conhecimento elicitado em regras de produção e fluxogramas, buscando identificar e gerenciar os aspectos declarativos e procedurais, relacionados ao conhecimento presente nas diretrizes clínicas do domínio definido. Ao final da execução dessas atividades, foi possível ter a abstração dos conceitos, propriedades e relacionamentos essenciais, bem como a identificação de quais técnicas e recomendações de saúde que estão sendo mais utilizadas na área atualmente, podendo dar início a construção da ontologia.

Modelagem Semântica da Ontologia - Antes de dar início ao desenvolvimento de uma ontologia do “zero”, foi realizada uma pesquisa a fim de identificar possíveis ontologias, com conceitos na área da nefrologia, para serem reutilizadas, a fim de simplificar o processo ou dar continuidade na atualização e na adição de novos conceitos em ontologias existentes. Porém não foram encontradas ontologias com os requisitos necessários para a utilização nesse trabalho.

A primeira atividade da modelagem semântica da ontologia foi então realizar a conceitualização, através da construção de um Léxico Ampliado da Linguagem (LAL), que teve como objetivo mapear todas as informações capturadas pelo modelo, regras de produção e fluxogramas, em três entidades básicas: Termo, Noção e Impacto. Onde, cada termo do léxico tem dois tipos de descrição: No tipo noção é descrito a denotação do termo ou expressão, isto é, seu significado; No tipo impacto é descrito a conotação do termo ou expressão, isto é, descrevendo os efeitos do uso/ocorrência do símbolo no domínio⁹.

A partir do Léxico, foi realizado um processo através do qual seus termos foram mapeados em conceitos de ontologia. Nesse processo, foram identificados quais termos deveriam ser modelados como classes, propriedades ou axiomas da ontologia. O processo de mapeamento Léxico para ontologia foi semiautomático, pois a representação do Léxico ofereceu subsídios que auxiliaram na classificação da maior parte dos termos. Esse mapeamento foi realizado baseando-se no algoritmo proposto por Breitman e Leite⁹ e o desenvolvimento da ontologia foi realizado utilizando a ferramenta *Protégé* de acordo com o guia prático de construção de ontologias em OWL¹⁹.

Modelo de Avaliação e Desenvolvimento do protótipo - Durante todo o desenvolvimento dessa abordagem, foram realizadas atividades de avaliação e validação, a fim de garantir a correteza do raciocínio, ou seja, verificar se a abordagem fornece conhecimentos verdadeiros aos médicos, satisfazendo os requisitos definidos.

Baseados nos critérios para avaliação de ontologias, descritos no trabalho de Gómez-Perez²⁰, foram definidos para a avaliação da qualidade da ontologia dessa abordagem os procedimentos de avaliação da hierarquia de classes e componentes da ontologia, onde a avaliação das regras e axiomas definidos na ontologia foram feitas através da utilização de questões de competência e de experimento com casos clínicos. Vale ressaltar também que durante a execução de todas essas atividades, um processo contínuo de avaliação e validação foi realizado com a ajuda de uma médica Nefrologista, onde por meio de refinamentos sucessivos foi possível se chegar ao resultado esperado.

Resultados e Discussão

Durante a realização da etapa de Aquisição do Conhecimento, foram gerados resultados relacionados à captura dos aspectos declarativos e procedurais presente nas diretrizes clínicas do domínio definido.

A especificação do modelo 8-*tupla* proporcionou a formalização do conhecimento relacionado ao fluxo de controle dos procedimentos médicos em um modelo de informação, servindo como orientação para a captura das informações contidas nas diretrizes de prática clínica.

A extração das regras de produção e o desenvolvimento dos fluxogramas a partir do modelo, auxiliou a capturar o fluxo correto de controle da execução das práticas clínicas, tornando mais fácil a identificação da ordem indicada de execução dos procedimentos, bem como as transições e dependências entre elas, para chegar a uma recomendação. Resumidamente, utilização do modelo e a criação do conjunto de regras e fluxogramas facilitaram tanto a identificação dos termos candidatos a serem representados como classes, como também as suas propriedades e restrições.

Outro resultado desse estudo está relacionado à modelagem do Léxico Ampliado da Linguagem. Nessa etapa, a representação através do LAL forneceu como resultado uma lista contendo 79 palavras e frases mais significativas do domínio, classificados em quatro categorias: objeto,

sujeito, estado e verbo, sendo descritos em dois tipos de descrição, noção e impacto, conforme sua classificação.

Um dos principais resultados obtidos foi o desenvolvimento da ontologia OntoDecideDRC, cujos conceitos de classes e propriedades forneceram subsídios para o Suporte à Decisões Clínicas relacionadas ao diagnóstico, estadiamento e encaminhamento de pacientes com DRC.

A OntoDecideDRC é composta por 184 classes e possui propriedades de objeto, dados e anotação. Segundo a métrica da ferramenta *Protégé*, a OntoDecideDRC possui o número de 1240 axiomas, sendo 479 a contagem dos axiomas lógicos. Com relação a expressividade da sua lógica de descrição, o *Protégé* classificou a ontologia como “*SHIF(D)*” por possuir intersecção de conceitos, restrições universais, classes disjuntas, conceitos complexos de negação, propriedades inversas, propriedades funcionais, propriedades de dados, entre outras características. A OntoDecideDRC é composta por 13 classes principais, onde onze dessas classes possuem varias subclasses. Com o intuito de demonstrar a grande quantidade de relacionamentos entre os termos, na Figura 1 é apresentado um grafo contendo todos os termos do LAL. Logo a seguir, na Figura 2 é apresentada as principais classes da OntoDecideDRC.

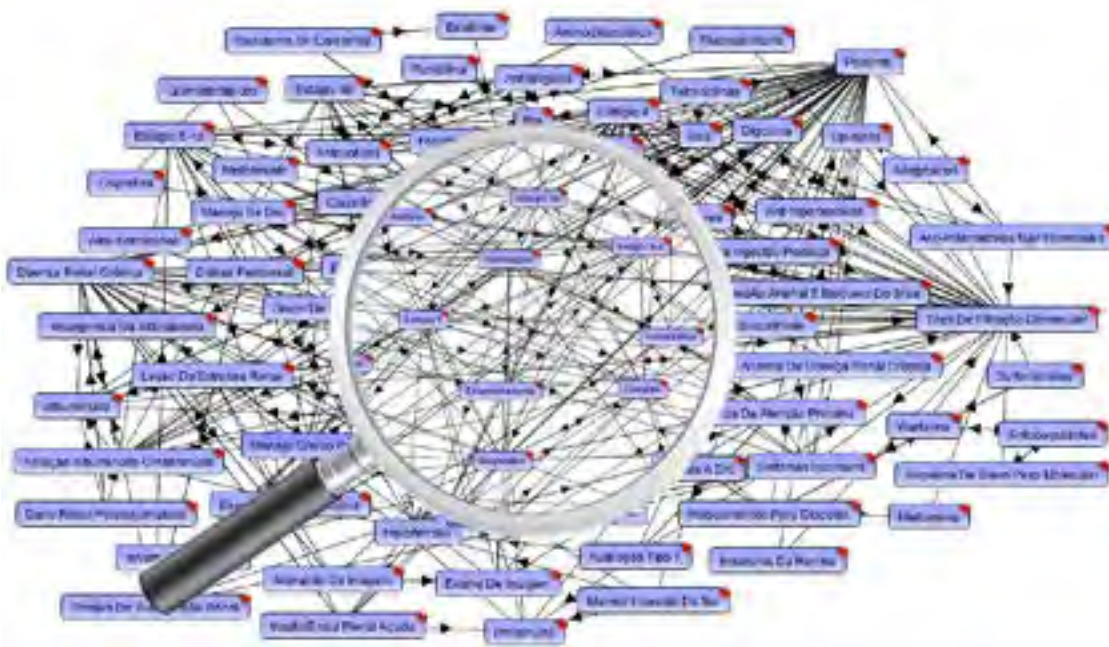


Figura 1 - Visão geral do grafo gerado a partir dos termos do Léxico



Figura 2 - Principais Classes da OntoDecideDRC

A ontologia OntoDecideDRC foi capaz de atender a todas as questões de competências definidas para abordagem, significando que o objetivo dessa representação do conhecimento atingiu os compromissos ontológicos e os requisitos estabelecidos na especificação do conhecimento. As principais informações fornecidas pela OntoDecideDRC são: Informações sobre as condições necessárias que define um diagnóstico de DRC, informações sobre como é realizado o estadiamento da doença e o que define cada estágio da doença e informações sobre quais as condições necessárias para que um paciente seja encaminhado aos médicos especialistas em Nefrologia.

Como resultados extras ao esperado, a OntoDecideDRC ainda fornece informações sobre as técnicas de manejo clínico básico que devem ser realizadas pelos médicos na gestão da DRC em pacientes, sobre os cuidados relacionados ao uso de certos medicamentos em pacientes com DRC, e a lista de vacinas que os pacientes devem ter tomados, de acordo com a faixa etária. Por fim, foi desenvolvido um protótipo onde as informações foram dispostas de forma organizada e similar aos formulários utilizados nos programas de saúde pública, para que os médicos informem a abordagem de CDS os dados observados durante a avaliação clínica dos pacientes. O conjunto dessas informações são então utilizados na construção das premissas para a realização da inferência na OntoDecideDRC, a fim de realizar o raciocínio e obter as recomendações de ações. Um exemplo do resultado obtido pelo protótipo pode ser visto na Figura 3.

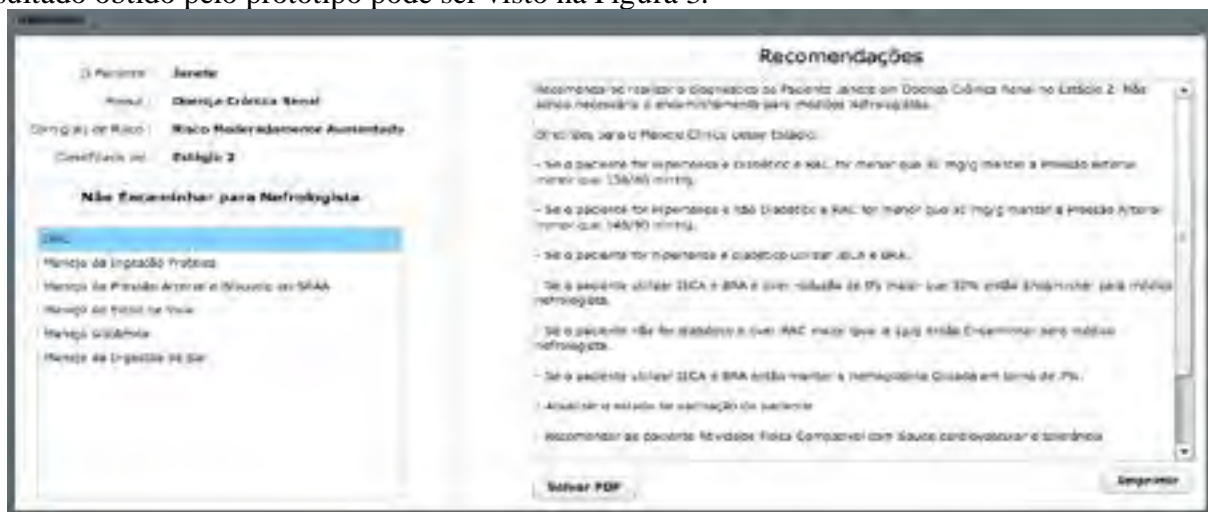


Figura 3 - Interface do protótipo responsável por exibir o resultado

Conclusão

Este trabalho apresentou os passos para o desenvolvimento de uma abordagem de suporte à decisão clínica, baseada em semântica e raciocínio, relacionado ao diagnóstico e estadiamento da DRC, buscando dar suporte ao encaminhamento apropriado para os especialistas em nefrologia. Essa abordagem através de uma lógica de raciocínio baseada em inferências na OntoDecideDRC, foi capaz de fornecer recomendações de ações, com base em conjuntos de dados específicos do paciente.

As principais contribuições desse trabalho estão relacionadas a abordagem de suporte à decisão clínica. De certo modo, essa abordagem contribui como uma forma de organizar e tornar os dados sobre os pacientes mais fáceis de serem avaliados, auxiliando na resolução de problemas, tomada de decisões e ações por um médico da Atenção Primária ou Nefrologista.

Durante a produção desse trabalho, foi observado que atividades de modelagem são essenciais para que uma abordagem possa abranger todos os requisitos necessários para dar um suporte à decisão de qualidade aos seus usuários, sendo observado que o desenvolvimento de abordagens de suporte à decisão clínica baseado em ontologias não é um processo linear e fácil. Muitas iterações e refinamentos são necessários para chegar a um modelo adequado. A avaliação e validação devem ser parte integrante da metodologia, ao invés de ser apenas uma atividade para ser realizada futuramente após a implementação da abordagem.

A construção da ontologia foi importante para subsidiar a tomada de decisão, pois tornou certos tipos de dados, como as informações úteis extraídas de diretrizes de práticas clínicas relacionadas a DRC, passíveis de processamento automático. Após a ontologia está completa, contendo as regras semânticas definidas, foi possível que a abordagem através de inferências conseguisse obter as devidas recomendações, ajudando na conclusão do objetivo proposto para esse trabalho, podendo ser mais uma técnica a ser incluída no trabalho de Al-hyari, Al-tae e Al-tae¹³.

Os próximos passos da OntoDecideDRC estão relacionados a documentação e compartilhamento em biblioteca de ontologias existentes, para que ela possa ser reutilizada por outras abordagens ou sistemas na área.

O desenvolvimento de abordagens dessa natureza exigem constantes ciclos de revisões e manutenções do conhecimento, logo, entre os trabalhos futuros estão as atualizações das informações representadas pela OntoDecideDRC, uma vez que as práticas clínicas na saúde constantemente estão sendo aperfeiçoadas, e a expansão do conhecimento dessa ontologia para propósitos mais gerais no domínio da Nefrologia.

Referências

- [1] K/DOQI Clinical Practice Guidelines for Chronic Kidney Disease: evaluation, classification and stratification. *Am. J. Kidney Dis.* 2002; 39(1): 1-266.
- [2] Oliveira MB, Romão Junior JE, Zatz R. End-stage renal disease in Brazil: epidemiology, prevention, and treatment. *Kidney Int.* 2005; 68: S82-6.
- [3] Brasil. Ministério da Saúde. diretrizes clínicas para o cuidado ao paciente com Doença Renal Crônica – DRC no Sistema Único de Saúde. - Brasília (DF): Ministério da Saúde; 2014. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/diretrizes_clinicas_cuidado_paciente_renal.pdf>. Acesso em: 13 jan. 2015.
- [4] Sodré, AB; Oliveira, MIA. Estimativa da taxa de filtração glomerular através de fórmulas. *NewsLab.* São Paulo. 2014; 122(1): 58-69.
- [5] Stehlik, P, et al. Fundamental elements identified for success of disease state management clinical decision support systems. *Electronic Journal Of Health Informatics.* Australia. 2015; 1-20.

- [6] Osheroff JA, Teich JM, Middleton B, Steen EB, Wright A, Detmer DE: A roadmap for national action on clinical decision support. *J Am Med Inform Assoc.* 2007; 14: 141-5.
- [7] Greenes, RA, *Clinical decision support: the road ahead.* Academic Press; 2007.
- [8] Musen Michin, R.; Porto, FAM.; Vangenot, C; Hartmann, S; Symptoms ontology for mapping diagnostic knowledge systems. In: *Computer-Based Medical Systems.* 2006. p. 593 – 598.
- [9] Breitman, K. *Web Semântica: a internet do futuro.* Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Ltda; 2005.
- [10] Russel S, Norvig P. *Artificial Intelligence: a modern approach.* 3rd ed. New Jersey: Prentice-Hall; 2010.
- [11] Mota MRA, Lino NCQ, Tavares EA, Campos SPR. Um mapeamento sistemático sobre o uso de ontologias em informática médica. In: *Anais do XIV Congresso Brasileiro de Informática em Saúde – CBIS; Santos: Anais CBIS 2014 – XIV Congresso Brasileiro de Informática em Saúde; 2014.* p.7-10.
- [12] Garcia, D; Cintho, LMM; Moro, CMC. Integrando regras de decisão de *guidelines* a sistemas com arquétipos. In: *Anais do XIV Congresso Brasileiro em Informática em Saúde– CBIS; Santos: Anais CBIS 2014 – XIV Congresso Brasileiro de Informática em Saúde; 2014.* p. 1-7.
- [13] Al-Hyari, AY.; Al-Tae, AM.; Al-Tae, MA. Clinical decision support system for diagnosis and management of chronic renal failure. *Ieee Jordan Conference On Applied Electrical Engineering And Computing Technologies.* 2013 jan.; 1-6.
- [14] Berner, ES., *Clinical decision support systems – theory and practice,* Springer, 2007.
- [15] Iannaccone, M; Esposito, M. An ontological framework for representing clinical knowledge in decision support systems. *Journal of Telecommunication and Information Technology.* 2014 jan.; p. 77-83.
- [16] Patwardhan, MB, et al. Recommendations for a clinical decision support for the management of individuals with chronic kidney disease. *Clinical Journal of the American Society of Nephrology : Cjasn: American Society of Nephrology, USA,* 2009 fev.; 4(2): 273-83. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2637586/#__abstractid290419title>. Acesso em: 13 jan. 15.
- [17] Noy, N; Mcguiness, D. *Ontology Development 101 - A guide to creating your first ontology.* KSL Technical Report, Stanford University, 2001.
- [18] Lichtenstein, F, et al. Criando uma ontologia em saúde com a ferramenta Protégé no padrão OWL. Disponível em: <<http://www.sbis.org.br/cbis11/arquivos/992.pdf>>. Acesso em: 13 jan. 2015.
- [19] Horridge M, Jupp S, Moulton G, Rector A, Stevens R, Wroe C. *A practical guide to building OWL ontologies using protégé 4 and CO-ODE Tools.* Ed 1.1. Manchester, USA: The University Of Manchester; 2007.
- [20] Gomez-Perez, A. Evaluation of taxonomic knowledge in ontologies and knowledge bases. In: *Banff Knowledge Acquisition For Knowledge-Based Systems Workshop, 12,* 1999, Banff, Alberta, Canada; 1999.

Contato

Esaú Alencar Tavares.
Mestre em Informática pelo Programa de Pós-Graduação em Informática - PPGI, Centro de Informática, Universidade Federal da Paraíba - UFPB, João Pessoa - PB, Brasil.
E-mail: esau@di.ufpb.br

PLANO DE CUIDADOS UBÍQUO PARA ACOMPANHAMENTO DOMICILIAR DE PACIENTES

Eliseu Germano¹, Douglas Battisti¹, Hugo A. Ribeiro¹ e Sergio T. Carvalho¹

¹Instituto de Informática (INF), Universidade Federal de Goiás (UFG), Brasil

Resumo: Objetivo: Apresentar uma solução computacional que fomenta a redução de fatores determinantes da não-adesão de pacientes aos tratamentos de saúde em domicílio. **Métodos:** Uso de técnicas de computação ubíqua para modelar um plano de cuidados constituído de um conjunto de aplicações que, agindo de forma colaborativa, visam o aumento da adesão dos pacientes aos tratamentos domiciliares. **Resultados:** Um modelo de plano de cuidados que permite a integração de aplicações ubíquas a partir de uma arquitetura orientada a serviços. Construção de um protótipo com sistema de notificações de eventos acoplado em tecnologias que geralmente fazem parte do cotidiano das pessoas, como TVs e *smartphones*. **Conclusão:** Vários fatores determinantes da adesão de pacientes com doenças crônicas aos tratamentos domiciliares podem ser tratados utilizando objetos com poder computacional que interagem de forma proativa e não intrusiva.

Palavras-chave: Aceitação pelo Paciente de Cuidados de Saúde, Administração dos Cuidados ao Paciente, software.

Abstract: Objective: To present a computational solution that promotes the reduction of determinant factors of patients' non-adherence to home health care. **Methods:** The usage of ubiquitous computing techniques to model a care plan constituted of a set of applications which, acting collaboratively, intend to increase the patients' adherence to home cares. **Results:** A care plan model which allows the integration of ubiquitous applications from a service-oriented architecture. The construction of a prototype with event notifications service linked to technologies which are usually part of the daily lives of people, such as televisions and *smartphones*. **Conclusion:** Several determinant factors of patients' adherence with chronic diseases to home cares can be treated using objects with computing power which interact proactively and non-intrusively with the patient.

Keywords: Patient Acceptance of Health Care, Patient Care Management, software.

Introdução

De acordo com as informações demográficas disponibilizadas no ano de 2013 pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas (IBGE), o grupo de idosos com mais de 60 anos corresponde a 12,6% da população do país. Estima-se que em 2020 esse percentual seja superior a 13,8%, e em 2060 atinja 33,7%. Esse expressivo avanço na expectativa de vida dos brasileiros representa um desafio para as políticas públicas de saúde do país. Isso porque as demandas requeridas pelos idosos em relação aos serviços de saúde, caracterizadas principalmente por enfermidades crônicas, exigem tratamentos com um acompanhamento contínuo e prolongado. Diante disso, técnicas de computação ubíqua têm sido utilizadas como formas de viabilizar a assistência domiciliar à saúde^{1,2,3,4,5}.

Um dos principais desafios da assistência domiciliar à saúde está associado à baixa adesão dos pacientes aos tratamentos. Existe uma série de fatores que instigam esse problema, e uma parte considerável deles tem a ver com o distanciamento entre os profissionais de saúde e os pacientes. O uso de

um plano de cuidados como forma de orientar os pacientes e permitir um melhor acompanhamento pelos profissionais de saúde é uma das maneiras de lidar com essa situação^{6,7}.

O principal objetivo deste artigo é apresentar um modelo de plano de cuidados que ofereça suporte ao paciente e à equipe de saúde no que se refere aos problemas relacionados à assistência domiciliar à saúde. Nesse contexto, foi desenvolvido um modelo arquitetural de software que viabiliza a divisão de funções de um plano de cuidados em pequenas tarefas a serem executadas em aplicações ubíquas. Essas aplicações são executadas separadamente, mas de forma colaborativa, provendo um conjunto de serviços de saúde relacionados ao cuidado do paciente. Esse modelo é chamado, no decorrer deste artigo, de Plano de Cuidados Ubíquo.

Uma das características de aplicações ubíquas é que elas são executadas em entidades computacionais centradas nos usuários. À vista disso, um protótipo do Plano de Cuidados Ubíquo foi construído utilizando objetos com poder computacional e que geralmente fazem parte do cotidiano das pessoas, tais como TVs e *smartphones*. Esses objetos têm como propósito, principalmente, a apresentação de informações das prescrições que os profissionais de saúde registram no plano de cuidados. Além disso, algumas de suas interfaces computacionais interagem de forma proativa com os pacientes, visando estimulá-los na utilização do protótipo.

O artigo está organizado em outras três seções. A segunda seção apresenta conceitos relacionados a Planos de Cuidados e Assistência Domiciliar à Saúde, além do Modelo de Plano de Cuidados Ubíquo. A terceira seção apresenta o protótipo do Plano de Cuidados Ubíquo, incluindo a sua estrutura e funcionamento. Por fim, a quarta seção traz a conclusão e trabalhos futuros.

Métodos e Materiais

A Assistência Domiciliar à Saúde consiste em um conjunto de serviços médicos e terapêuticos prestados em um ambiente residencial visando promover, manter ou restaurar a saúde do paciente⁸. Esses serviços de saúde são oferecidos após o paciente receber algum tipo de atendimento primário⁹ e tem se tornado uma alternativa aos tratamentos hospitalares convencionais, principalmente, devido à demanda de alguns pacientes por tratamentos de longo prazo¹⁰. Outras questões como a redução dos gastos e a minimização de riscos hospitalares também são vistos como benefícios dessa forma de tratamento.

Plano de Cuidados e a Assistência Domiciliar à Saúde – Apesar de apresentar várias vantagens aos tratamentos hospitalares, a Assistência Domiciliar à Saúde também possui alguns problemas, principalmente no que se refere à adesão dos pacientes. A Organização Mundial da Saúde (OMS) definiu no relatório *Adherence to Long-term therapies*⁶ a adesão do paciente como o grau de comportamento dele em relação às recomendações elaboradas por um prestador de serviços de saúde. Nesse relatório são mencionados vários fatores que incitam esse comportamento, sendo eles relacionados ao sistema e à equipe de saúde, às questões socioeconômicas, ao paciente, à doença e ao tratamento.

No contexto da assistência domiciliar à saúde, os fatores que merecem bastante atenção são aqueles relacionados ao paciente, como, por exemplo, esquecimentos em relação ao cumprimento de tarefas prescritas, falta de conhecimento e habilidade em lidar com os sintomas e o tratamento da doença, a má compreensão das instruções do tratamento, entre outros¹¹. Tais fatores podem ser tratados por meio da sistematização de um plano de cuidados.

Um plano de cuidados é uma ferramenta que permite aos cuidadores o gerenciamento das informações relacionadas aos cuidados prestados aos seus pacientes. A partir da atualização contínua do histórico de registros do paciente é possível verificar a condição de saúde progressiva e atual dele. Isso facilita na identificação de problemas resolvidos e permite verificar respostas do paciente às abordagens utilizadas no tratamento^{12,13}.

A estrutura e a organização do plano de cuidados podem variar bastante, principalmente, com base no histórico e no diagnóstico do paciente. Os cuidados relacionados a um hipertenso, por exemplo, podem ser diferentes daqueles de um diabético. Isso leva à necessidade de um plano de cuidados que permita uma estrutura e organização dinâmicas. Uma forma de viabilizar isso é automatizá-lo tornando-o um produto de software.

Diante dessa proposta de automatização, o uso de recursos computacionais que permitam auxiliar os pacientes na execução das tarefas prescritas e os cuidadores no acompanhamento do tratamento, podem minimizar alguns dos fatores que influenciam negativamente na adesão aos tratamentos. O uso de um sistema de notificações que lembre o paciente de executar uma prescrição no horário adequado¹⁴ e que o auxilie com informações de como ela deve ser realizada¹⁵ pode auxiliá-lo durante o tratamento. A seguir, é descrito um modelo de plano de cuidados constituído de um conjunto de aplicações ubíquas que visam auxiliar os pacientes na execução e no acompanhamento das tarefas prescritas.

Modelo de Plano de Cuidados Ubíquo – Em 1991, Mark Weiser publicou o artigo “*The computer for the 21st century*”¹⁶, onde, pela primeira vez, o termo Computação Ubíqua (*Ubiquitous Computing*) foi usado. Nesse trabalho foram previstas algumas mudanças que ocorreriam na computação nas décadas seguintes, tendo em vista seu crescimento e a miniaturização dos dispositivos computacionais. Weiser considerou ainda algumas mudanças comportamentais nas pessoas em relação ao uso dos computadores, que de tão comuns, se tornariam imperceptíveis a elas. Hoje, a invisibilidade da computação sob a perspectiva do usuário viabiliza o uso de tecnologias computacionais como forma de auxiliar o crescimento de várias áreas do conhecimento, como, por exemplo, a saúde. É nesse contexto que se enquadra o modelo de plano de cuidados proposto neste artigo.

Nesse modelo, aplicações ubíquas são construídas com o propósito de realizar de forma transparente, tanto para pacientes quanto para cuidadores, operações relacionadas às prescrições de um tratamento. Essas operações podem variar em função de uma série de fatores, como, por exemplo, o tipo de tratamento e o estado de saúde do paciente. De modo a coordenar as ações dessas aplicações, garantir a interoperabilidade, manter um baixo acoplamento e permitir uma reutilização de informações que são comuns entre elas, o modelo utiliza uma arquitetura orientada a serviços, do inglês, *Service-Oriented Architecture (SOA)*¹⁷. A representação das camadas dessa arquitetura diante das necessidades do modelo do Plano de Cuidados Ubíquo é apresentada na Figura 1.



Figura 1- Camadas SOA no Modelo Plano de Cuidados Ubíquo

A camada superior, chamada apresentação, é onde são encontradas as aplicações ubíquas com suas interfaces de acesso pelos usuários. Abaixo está a camada de serviços que funciona como uma interface para o acesso dessas aplicações aos recursos de software compartilhados entre elas. Esses recursos são representados na camada de componentes, que por sua vez, consomem recursos de mais baixo nível da camada de infraestrutura, como os disponibilizados por sistemas gerenciadores de banco de dados e sistemas operacionais.

O modelo Plano de Cuidados Ubíquo é sintetizado a partir dessa arquitetura, onde as aplicações ubíquas que interagem diretamente com pacientes e envolvidos no tratamento encontram-se na Camada de Apresentação. Essas aplicações devem possuir características de ubiquidade, como, inteligência proativa, invisibilidade computacional para o usuário, elementos autônômicos (*e.g.*, autoadaptação, autoconfiguração) entre outras. Além disso, elas devem estar embarcadas em dispositivos com poder computacional (*e.g.*, *smart TVs*) que possam se comunicar diretamente ou indiretamente com um barramento de serviços seguindo um determinado padrão de comunicação. Esse barramento pode ser um *web service* que disponibiliza a partir de uma *Application Programming Interface (API)* um conjunto de componentes de software que implementam as funcionalidades de um plano de cuidados. Além disso, recursos mais avançados, que excedem as funcionalidades básicas de um plano de cuidados, podem ser implementados e/ou gerenciados nesses componentes. Um protótipo baseado nesse modelo foi implementado e é apresentado a seguir.

Resultados e Discussão

O Plano de Cuidados Ubíquo em um ambiente de assistência domiciliar à saúde tem como objetivo o aumento da adesão dos pacientes aos tratamentos de saúde. Nesse sentido, utiliza tecnologias com o fim de auxiliá-los na realização de algumas tarefas. A Figura 2 apresenta o protótipo implementado, o qual pode ser visto como uma instância do modelo apresentado na seção anterior. Esta seção tem início com a apresentação da estrutura e do funcionamento do protótipo, seguida de uma discussão envolvendo trabalhos correlacionados à proposta deste artigo.



Figura 2 - Protótipo do Plano de Cuidados Ubíquo

Estrutura – O protótipo está estruturado em um conjunto de aplicações que constituem o Plano de Cuidados Ubíquo, representadas na parte inferior da Figura 2, e pelos recursos disponibilizados pelo UbiCare, representados na parte superior. Essas aplicações correspondem à Camada de Apresentação, que acessam recursos pertencentes à Camada de Serviços, tais como, gerência de cuidados, notificações, usuários e seus relacionamentos e de sensores do paciente. Esses recursos que compõem o UbiCare são implementados pelos seguintes componentes de software:

- GC-API – Gerenciador de Cuidados – disponibiliza os principais recursos relacionados ao tratamento do paciente, tais como as prescrições de saúde, o controle de riscos e o histórico de avaliações realizado pelos profissionais de saúde;
- EN-API – Emissor de Notificações – contém os recursos que disponibilizam informações de quando um paciente deve ser alertado em relação a alguma necessidade do tratamento;
- GR-API – Gerenciador de Relacionamentos – disponibiliza recursos para controlar os relacionamentos entre os usuários e o acesso deles às informações do UbiCare utilizando perfis preestabelecidos, atualmente representados por pacientes, profissionais de saúde e familiares;
- GU-API – Gerenciador de Usuários – disponibiliza recursos que permitem a autenticação e autorização de usuários;
- SF-API – Sensores Fisiológicos – disponibiliza os recursos que viabilizam o registro de dados fisiológicos do paciente, tais como pressão arterial e peso.

As aplicações, que compõem o Plano de Cuidados Ubíquo são:

- NPC – Notificador do Plano de Cuidados – principal responsável por notificar o paciente do cumprimento de suas prescrições. Essa aplicação foi implementada utilizando dispositivos móveis, TVs e dispositivos Chromecast¹. As notificações emitidas são apresentadas na TV (com dispositivo Chromecast conectado) mais próxima do paciente (referenciado pela localização do dispositivo móvel). A detecção entre a proximidade das TVs e o dispositivo móvel é feita de forma transparente para o paciente. Além disso, a forma que a aplicação é inicializada e a notificação é apresentada, é feita de forma proativa, ou seja, sem nenhuma necessidade de interação do usuário com a aplicação;
- GPC – Gerenciador do Plano de Cuidados – responsável por gerenciar as informações do tratamento do paciente, sendo acessível tanto pelo paciente e pela equipe de saúde, quanto pelos familiares do paciente. Por ser um tipo de aplicação de acesso comum aos usuários do Plano de Cuidados, as informações são apresentadas por ela a partir de um controle de acesso baseado em perfis;
- SPC – Sensores do Plano de Cuidados – responsável por coletar os dados de sensores fisiológicos, como oxímetro, medidor de pressão arterial e glicosímetro. Para isso, essa aplicação implementa o padrão de comunicação ISO/IEEE 11073², implicando que os sensores fisiológicos devem ser certificados dentro desse padrão.

O UbiCare, como um elemento em evidência nesse protótipo, estabelece o padrão de troca de mensagens com as aplicações que o acessam, utilizando o *Hypertext Transfer Protocol* (HTTP) por meio de uma arquitetura RESTful. Essa arquitetura é baseada no estilo arquitetural para sistemas hipermídia distribuídos, conhecido como *Representational State Transfer* (REST)¹⁸. A Tabela 1 apresenta as características do padrão RESTful em relação ao protótipo do Plano de Cuidados Ubíquo.

1 https://www.google.com/intl/pt-BR_br/chromecast/tv/#?discover

2 http://standards.ieee.org/news/2013/ieee_11073_medical-device_communication.html

Tabela 1: Padrão RESTful e o seu impacto na arquitetura do protótipo

Características do padrão RESTful	Uso no protótipo do Plano de Cuidados Ubíquo
Notação comum para transferência de dados (e.g., JSON e XML)	Viabiliza a interoperabilidade entre as aplicações integradas ao UbiCare
Recursos são expostos a partir de uma estrutura conhecida como <i>Uniform Resource Identifier</i> (URI)	As aplicações ubíquas não precisam saber como os recursos consumidos por elas são implementados no UbiCare
Alta escalabilidade e extensibilidade de aplicações	Viabiliza a reutilização de recursos do UbiCare por novas aplicações sem interferir diretamente nas aplicações existentes
Uso de métodos (verbos) e estrutura do protocolo HTTP	Padroniza a comunicação entre as aplicações ubíquas e o UbiCare

Funcionamento – As aplicações NPC (Notificador do Plano de Cuidados) e GPC (Gerenciador do Plano de Cuidados) atuam especialmente nos fatores que influenciam os pacientes na adesão aos tratamentos de saúde. A implementação da aplicação NPC e os dispositivos em que ela foi acoplada a torna uma aplicação proativa, no sentido que ela inicia interações com o paciente. Os dispositivos utilizados são um dispositivo móvel (*smartphone* ou *tablet*) e dispositivos Chromecast.

O Chromecast é um dispositivo que realiza *streaming* de mídias disponíveis em ambientes de *cloud computing* para TVs com entrada HDMI a partir de dispositivos móveis. Ele possui uma funcionalidade chamada *Consumer Electronics Control* (CEC), que permite que diferentes dispositivos compatíveis com essa tecnologia consigam comandar e controlar uns aos outros a partir da conexão HDMI. Devido a essa funcionalidade, quando uma aplicação é iniciada em um Chromecast, estando ele conectado a uma TV desligada (em *stand by*), faz com que a TV seja ligada automaticamente e a aplicação executada. A Figura 3 apresenta um cenário de uso, considerando o emprego desse dispositivo para apresentar a interface do Plano de Cuidados.

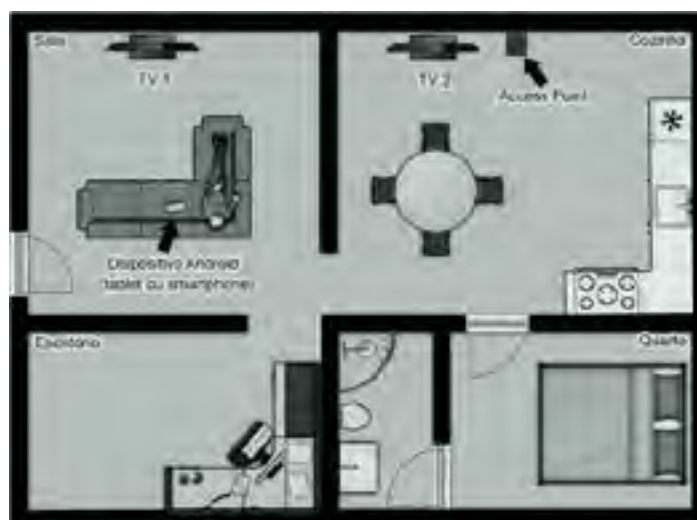


Figura 3 - Cenário de uso do Plano de Cuidados Ubíquo

O cenário ilustra uma situação em que o paciente em sua residência visualiza uma notificação do Plano de Cuidados na TV mais próxima do seu dispositivo móvel. A aplicação NPC, executada em segundo plano (*background*) no dispositivo Android, busca por um conjunto de prescrições no UbiCare e monitora o horário em que elas devem ser exibidas ao paciente. No momento apropriado, a aplicação realiza uma triangulação a partir do mapeamento do cenário e da potência do sinal do *Wi-Fi* para verificar o Chromecast mais próximo, e, então, sem a necessidade de nenhuma interação do paciente, a notificação é exibida na TV.

A Figura 4 apresenta algumas telas referentes às interfaces das aplicações NPC e GPC e os seus respectivos fluxos de interação. Na interação 1, a interface da aplicação NPC do *smartphone* (parte inferior esquerda), busca uma notificação previamente registrada no GPC, representada pela aplicação *web* na parte superior. No horário de exibição dessa notificação, no passo 2, a aplicação NPC seleciona o dispositivo Chromecast mais próximo e no passo 3, o dispositivo Chromecast conectado na TV (parte inferior direita), apresenta a outra interface da aplicação NPC na TV. No passo 4, a interface da aplicação NPC no *smartphone* passa a se comportar como um controle da interface exibida na TV.

Quando o paciente visualiza na TV uma notificação do Plano de Cuidados, pelo *smartphone*, ele deve confirmá-la, e em seguida pode continuar navegando pelas interfaces para visualizar e/ou fornecer outras informações. Essas informações ficam armazenadas temporariamente nesse *smartphone*, e no momento em que há uma sincronização de dados dele com o UbiCare, passo 5, elas são enviadas ao barramento para atualizar as bases de dados do UbiCare. Isso permite o uso dessas informações por outras aplicações, como, por exemplo, uma aplicação direcionada aos profissionais de saúde que permite um acompanhamento remoto do paciente.



Figura 4 - Comunicação entre as aplicações GPC e NPC

Trabalhos Relacionados – Alguns trabalhos envolvendo assistência domiciliar à saúde, adesão dos pacientes aos tratamentos e computação ubíqua vêm sendo desenvolvidos. Uma proposta envolvendo o uso de sensores ubíquos é apresentada nos trabalhos de Maglogiannis *et al.*¹⁹. Outra proposta, apresentada por Pötter *et al.*²⁰ faz uso de *gadgets* (*smartwatches* e dispositivos Android) como forma de lembrar os pacientes das tarefas diárias relacionadas aos seus respectivos tratamentos. Ambos os trabalhos possuem pontos em comum com a nossa proposta. No entanto, nenhum deles mostra qualquer relação com o uso dos dispositivos integrados a um plano de cuidados.

Diante da grande popularidade dos aparelhos de TV nas residências, várias soluções envolvendo TVs têm sido publicadas. Pötter *et al.*²⁰ apresenta a arquitetura de um sistema de telemonitoramento onde notificações de um plano de cuidados são exibidas em interfaces feitas para plataforma Android

integradas à plataforma JavaGinga, que permite a execução de aplicações Java em infraestrutura de TV Digital no padrão brasileiro. O problema dessa plataforma é a sua limitação no que se refere ao desenvolvimento de aplicações para dispositivos de *casting*, tanto do ponto de vista da integração com os principais serviços de *cloud computing* disponíveis, quanto da integração com as principais plataformas de hardware e software utilizadas atualmente, tais como Android, iOS e *desktop* por meio de navegadores *web*.

Na nossa proposta, o protótipo construído com dispositivos Chromecast lida bem com essas questões encontradas no JavaGinga. Além disso, esses dispositivos são acessíveis, possuem uma excelente documentação e são de fácil programação. Adicionalmente, do ponto de vista do modelo de Plano de Cuidados Ubíquo, novas soluções envolvendo outros dispositivos e/ou tecnologias podem ser integradas à solução a partir dos serviços disponibilizados.

O modelo de plano de cuidados aqui apresentado é uma extensão do que foi apresentado no sistema de monitoramento à saúde domiciliar SCIADS (Sistema de Computação Ubíqua na Assistência Domiciliar à Saúde)²¹. A principal diferença é que enquanto no SCIADS o plano de cuidados é um componente de software que faz parte de um sistema integrado a uma central de saúde, aqui ele é uma ferramenta onipresente que permite a integração de novos componentes inter-relacionados que gerenciam os cuidados com o paciente sempre que necessário.

Conclusão

Diante da necessidade de se construir um conjunto de aplicações de propósitos específicos para tratar determinados aspectos que influenciam na adesão de pacientes aos tratamentos domiciliares, um modelo arquitetural de software para viabilizar a integração dessas aplicações foi elaborado. A partir dele é possível a integração de novas aplicações que venham fazer parte do Plano de Cuidados. Um protótipo baseado nesse modelo foi implementado com foco no envio e na apresentação, via TV, de notificações ao paciente.

Os principais fatores determinantes da não-adesão em casos de doenças crônicas foram levados em consideração durante a construção do protótipo. Alguns deles estão relacionados com a minimização dos problemas de esquecimento das prescrições, a redução do distanciamento entre o paciente e a equipe de saúde, a apresentação de informações educativas como forma de conscientizar o paciente em relação à importância do tratamento, e a possibilidade de um melhor acompanhamento do histórico e da evolução do paciente a partir do contínuo registro de informações no plano de cuidados. Embora o UbiCare não trate diretamente esses fatores, aplicações ubíquas como o Notificador do Plano de Cuidados, ao serem integradas a ele, podem consumir recursos que viabilizam isso, como informações e horários das prescrições do tratamento.

Várias aplicações envolvendo a gerência de cuidados dos pacientes estão sendo desenvolvidas. Uma delas envolvendo um estudo relacionado a *social care*, desenvolvida no Laboratório de Informática em Saúde (LabIS) do Instituto de Informática da UFG, está em etapa de integração com o UbiCare. Essa aplicação visa principalmente o uso de recursos de gerência de usuários, relacionamentos e de notificações para melhorar as interações entre os atores envolvidos no tratamento de doenças crônicas.

Algumas funcionalidades relacionadas ao protótipo apresentado também podem ser aprimoradas, como, por exemplo, o mecanismo de localização do paciente, que, por questões de simplificação, funciona tendo como base a localização do seu dispositivo móvel. Aplicações que fazem uso de sensores e gadgets vestíveis (*e.g.*, *smartwatches*) se integradas ao Plano de Cuidados poderiam resolver essa situação. Atualmente, estão sendo realizadas adaptações e desenvolvimento de novas aplicações seguindo padrões de saúde como o ISO/IEEE 11073, OpenEHR, CEN/ISO 13606 e HL7, visando atender às exigências de normas de saúde.

A implementação da proposta na forma de protótipo encontra-se na etapa de realização de avaliações determinadas por grupos de pacientes utilizando a solução. Nesse sentido, planejamos realizar avaliações com tais grupos de pacientes, com o objetivo de verificar os benefícios alcançados em termos do aumento da adesão e da interação com profissionais de saúde.

Referências

- [1] Sztajnberg, A., Rodrigues, A. L. B., Bezerra, L. N., Loques, O. G., Copetti, A., Carvalho, S. Applying context-aware techniques to design remote assisted living applications. *J. Functional Informatics and Personalised Medicine*. 2009;2(4):358–378.
- [2] Wood, A. D., Stankovic, J. A., Virone, G., Selavo, L., He, Z., Cao, Q., Stoleru, R. Context-aware wireless sensor networks for assisted living and residential monitoring. *Network, IEEE*. 2008;22(4):26–33.
- [3] ElHelw, M., Pansiot, J., McIlwraith, D., Ali, R., Lo, B., Atallah, L. An integrated multisensing framework for pervasive healthcare monitoring. *Pervasive Computing Technologies for Healthcare*. 2009;1–7.
- [4] Chung, W. Y., Bhardwaj, S., Purwar, A., Lee, D. S., Myllylae, R. A fusion health monitoring using ecg and accelerometer sensors for elderly persons at home. *IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*. 2007;3818–3821.
- [5] Lee, H., Park, K., Lee, B., Choi, J., Elmasri, R. Issues in data fusion for healthcare monitoring. *Pervasive Technologies Related to Assistive Environments*. 2008;3.
- [6] Sabaté, E.. Adherence to long-term therapies: evidence for action. World Health Organization. 2003.
- [7] Paz, A. A., Santos, B. R. L. D. Programas de cuidado de enfermagem domiciliar. *Revista brasileira de enfermagem*. 2003;56(5):538-41.
- [8] Caffrey C., Sengupta M., Moss A., Harris-Kojetin L., Valverde R. Home health care and discharged hospice care patients: United States, 2000 and 2007. US Department of Health and Human Services, Center: National Center for Health Statistics; 2011.
- [9] Amaral NN, Cunha MCB, Labronici RHD, Oliveira ASB, Gabbai AA. Assistência domiciliar à saúde (Home Health Care): sua história e sua relevância para o sistema de saúde atual. *Rev Neurociencias*. 2003;9(3):111-17.
- [10] Bonfim F.E., Coelho K.S., Pasinato M.T., Oliveira M.R., Veras R. Plano de Cuidados para Idosos na Saúde Suplementar. Biblioteca Virtual em Saúde. Rio de Janeiro;2012. [2016]. http://bvsm.s.saude.gov.br/bvs/publicacoes/plano_cuidado_idosos.pdf.
- [11] Maldaner, C. R., Beuter, M., Brondani, C. M., Budó, M. D. L. D., & Pauletto, M. R. Fatores que influenciam a adesão ao tratamento na doença crônica: o doente em terapia hemodialítica.. *Revista Gaúcha de Enfermagem*. 2008;29(4):647.
- [12] Doenges, M. E., Moorhouse, M. F., Geissler, A. C., & da Cruz, I. C. F. Planos de cuidado de enfermagem: orientações para o cuidado individualizado do paciente. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2008.
- [13] Horta, W. D. A. Planos de cuidado de enfermagem: orientações para o cuidado individualizado do paciente. São Paulo: EPU EDUSP; 1979.
- [14] Haynes R., McDonald H., Garg A.. Helping patients follow prescribed treatment. *Jama*. 2002;288(22):2880-2883.
- [15] Germano, E., Carvalho, ST., Souza-Zinader, JP. Plano de Cuidados Ubíquo com Sistema de Notificações voltado a Pacientes Domiciliares. Escola Regional de Informática ERI-GO, 2015. Goiânia;33-44.
- [16] Weiser, M. The computer for the 21st century. *Scientific american*. 1991;265(3):94-104.

- [17] Ang, J., Arsanjani, A., Chua, S., Comte, P., Krogdahl, P., Luo, M., Newling, T. Patterns: service-oriented architecture and web services. IBM Corporation, International Technical Support Organization. 2004.
- [18] Fielding, R. Fielding dissertation: Chapter 5: Representational state transfer (rest) [tese]. Irvine: University of California;2000.
- [19] Maglogiannis, I., Spyroglou, G., Panagopoulos, C., Mazonaki, M., and Tsanakas, P. Mobile reminder system for furthering patient adherence utilizing commodity smartwatch and android devices. *Wireless Mobile Communication and Healthcare (Mobihealth)*. IEEE. 2014;124–127.
- [20] Pötter, H. Sztajnberg, A. Arquitetura de software de um sistema de telemonitoramento de pacientes idosos. XII Workshop de Informática Médica. 2013.
- [21] Carvalho, S. T., Copetti, A., Loques Filho, O. G. Sistema de computação ubíqua na assistência domiciliar à saúde. *Journal Of Health Informatics*. 2011;3(2).

Contato

Eliseu Germano da Silva
eliseusilva@inf.ufg.br

NOTIFICAÇÕES DE MONITORAMENTO REMOTO DE PACIENTES USANDO REDES SOCIAIS

Hugo A. Ribeiro¹, Douglas Battisti¹, Eliseu Germano¹ e Sergio T. Carvalho¹

¹Instituto de Informática (INF), Universidade Federal de Goiás (UFG), Brasil

Resumo: Objetivo: Permitir o encaminhamento de notificações, relacionadas ao monitoramento contínuo de sinais vitais de pacientes, para profissionais de saúde e familiares utilizando redes sociais online. **Método:** Integração destas redes sociais a um sistema de monitoramento remoto de pacientes permitindo que os usuários demonstrem interesse em receber notificações por meio da manutenção de relacionamentos. **Resultados:** Um protótipo com um sistema de notificação de eventos apoiado por redes sociais online acoplado a tecnologias que geralmente fazem parte do cotidiano das pessoas, como *smartphones*. **Conclusão:** A integração de sistemas de redes sociais online a sistemas de monitoramento remoto de pacientes, permite que complicações e anomalias sejam identificadas e comunicadas com antecipação, ocasionando redução na taxa de readmissão hospitalar.

Palavras-chave: monitoramento, rede social, software.

Abstract: Objective: To enable the routing of notifications related to continuous monitoring of vital signs of patients to health professionals and family using online social networks. **Method:** Integration of social networks to a remote patient monitoring system allowing users to show interest in receiving notifications through relationships management. **Results:** A prototype with an event notification system supported by online social networks coupled with technologies that are often part of daily life, such as *smartphones*. **Conclusion:** The integration of social networks online systems to remote patient monitoring systems allows to identify and communicate complications and anomalies in advance, causing reduction in hospital readmission rate.

Keywords: monitoring, social networking, software.

Introdução

O contingente de profissionais de saúde tem um deficit de mais de 7,2 milhões de pessoas e terá uma carência de 12,9 milhões até o ano de 2035¹. Essa tendência vai contra o aumento de expectativa de vida humana que acarreta em maior demanda por cuidados médicos, principalmente quando se trata de pacientes com doenças crônicas.

As tecnologias da informação e comunicação entram como ferramentas importantes para amenizar essa falta de profissionais de saúde. Elas permitem a comunicação entre pacientes e profissionais de saúde a qualquer instante, além da redução de custos de entrega de tratamentos personalizados, caso o paciente necessite de constantes visitas aos médicos e de cuidadores presentes em todos os momentos. Além disso, o acompanhamento remoto contínuo de pacientes pode fornecer um alívio aos sistemas de atendimento médico atualmente existentes².

Segundo Morrissey², 33% dos pacientes esperam que seus médicos tenham acesso a tecnologias de monitoramento remoto, sendo que quanto mais idoso é o paciente, maior é a aceitação dessas

tecnologias. Além disso, de acordo com o que foi colocado por ele, 40% dos pacientes idosos querem ter acesso a tecnologias que notifiquem seus cuidadores sobre emergências médicas.

Uma forma de implementar notificações em um sistema de monitoramento remoto de pacientes é a sua integração a serviços de redes sociais online (RSOs) ^{15,16,17,18,19,20,21,22,23}. Esse artigo apresenta uma proposta de integração de funcionalidades de RSOs a uma plataforma de monitoramento remoto de pacientes, a UbiCare, em desenvolvimento no Laboratório de Informática em Saúde (LabIS) do Instituto de Informática (INF) da Universidade Federal de Goiás (UFG).

O artigo está organizado como segue: a segunda seção aborda os conceitos que possibilitam a emissão de notificações em sistemas de monitoramento remoto de pacientes por meio de redes sociais online; a terceira seção apresenta o protótipo construído e integrado ao UbiCare, além de uma discussão dos trabalhos relacionados e a quinta e última seção traz a conclusão e os trabalhos futuros.

Métodos e materiais

Nessa seção são apresentados os fundamentos necessários à realização da proposta de integração de notificações e RSOs. Os conceitos e funcionalidades dos sistemas sensíveis ao contexto, dos sistemas de monitoramento remoto de pacientes, das RSOs e do padrão arquitetural de software *publish/subscribe* são inter-relacionados de modo a possibilitar a emissão de notificações.

Sistemas sensíveis ao contexto – Dey e Abowd³ definiram contexto como “qualquer informação que pode ser usada para caracterizar a situação de uma entidade. Uma entidade é uma pessoa, um local ou um objeto relevante para a interação entre o usuário e a aplicação, incluindo os próprios usuários e aplicações”. Essa definição comporta uma grande quantidade de informações como sendo contexto, as mais relevantes aquelas que permite inferir quem (identidade) está fazendo o que (atividade), em que local (localização) e em que momento (tempo)⁴.

Os sistemas sensíveis ao contexto (SSCs) são aqueles capazes de prover informações ou serviços relevantes de acordo com o contexto do usuário³. Tais sistemas podem ser estruturados em uma arquitetura com cinco camadas^{5,6}, como apresentado na Figura 1.

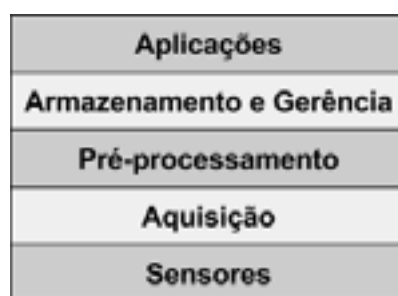


Figura 1: Arquitetura genérica de SSCs

A organização arquitetural apresentada, permite que contexto seja adquirido (camada de Aquisição) por meio de sensores (camada de Sensores) e devidamente representado (camada de Pré-processamento), persistido e disponibilizado (camada de Armazenamento e Gerência) para as aplicações que se comportam de acordo com as informações de contexto (camada de Aplicações).

Sistemas de monitoramento remoto de pacientes – Um sistema de monitoramento remoto de pacientes (SMRP) é uma especialização de SSC em que dispositivos são utilizados para coletar remotamente e enviar dados de saúde para uma central de diagnóstico. As aplicações dessa modalidade

podem trabalhar com sinais vitais oriundos dos sensores ligados ao paciente, definidos de acordo com o seu quadro clínico. Possíveis avaliações providas por centrais de diagnóstico incluem a detecção de arritmia cardíaca⁸, a indicação de anomalias no índice glicêmico⁹, e a detecção de queda¹⁰. Conforme o resultado da avaliação, uma notificação pode ser emitida.

Uma arquitetura genérica para sistemas de monitoramento remoto de pacientes, utilizando computação móvel e redes de comunicação sem fio, adaptada de Pawar *et al.*⁷, é apresentada na Figura 2.

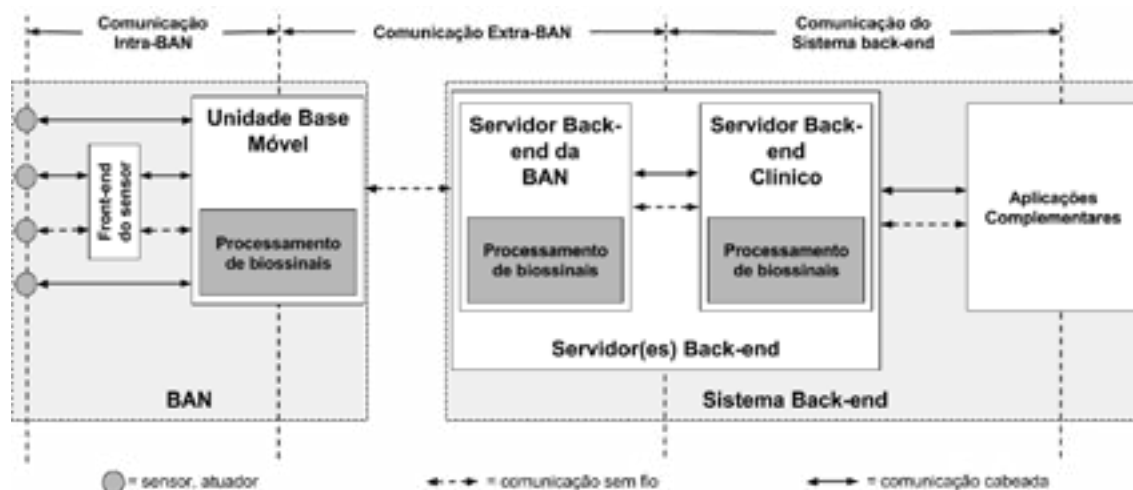


Figura 2: Arquitetura genérica de sistemas de monitoramento remoto de pacientes

Nesta arquitetura pode se observar a decomposição em três camadas principais: a camada de sensoriamento, a camada de *middleware* e a camada de aplicações. A primeira camada, compreende os sensores presentes na rede de área corporal, do inglês, *Body Area Network* e o transporte das informações coletadas, de forma bruta ou pré-processada para o *middleware*, utilizando um dispositivo móvel, Unidade Base Móvel, como *gateway*. A camada de *middleware*, corresponde aos Servidores Back-end, é a responsável pela persistência e avaliação dos dados recebidos do dispositivo móvel. Além disso, de modo a fazer uso das tecnologias vigentes, espera-se que a camada de *middleware* seja capaz de se comunicar com sistemas hospitalares, viabilizando o acesso aos dados por meio da intranet de um hospital. A camada de aplicações possui um conjunto de aplicações construídas sobre o *middleware*, consumindo os dados por ele disponibilizados.

Relacionamentos como informação contextual – Zimmerman *et al.*¹¹ propõem uma extensão à *definição* de contexto incluindo as relações entre as entidades caracterizando uma informação contextual tão relevante quanto aquelas apresentadas na Seção 2.1. Existem três tipos de relações: as sociais, que modelam as relações interpessoais, as funcionais, que são responsáveis pela relação de consumo de serviços de outras entidades, e as composicionais, que controlam o comportamento de um grupo de entidades.

As RSOs são uma modalidade de mídia social focada na manutenção de relações entre os usuários, podendo ser utilizadas para se obter informação contextual dessa natureza¹². Os sistemas de monitoramento remoto de pacientes, por serem SSCs, podem ser estendidos de modo a acomodar a informação contextual de relacionamento entre os usuários que nele residem. Neste artigo, isso é alcançado mediante a adição de um módulo de RSO, permitindo a gerência dos relacionamentos entre as entidades do sistema.

Padrão arquitetural *publish/subscribe* – Como apresentado por Morrissey², uma das funcionalidades pertinentes a um SMRP é a emissão de notificações. Tais notificações são geradas a partir das

inferências realizadas sobre os dados fisiológicos de um paciente durante a etapa de avaliação e são encaminhadas às entidades interessadas no quadro clínico do paciente. Uma forma de abordar este requisito é por meio de uma arquitetura de software na qual se possa explicitar os objetos de interesse (pacientes) e os objetos interessados (familiares e profissionais de saúde). O padrão arquitetural *publish/subscribe* permite desacoplar os objetos de interesse dos respectivos interessados, simplificando a implementação de ambas as partes. A Figura 3, adaptada de¹³, apresenta esse padrão arquitetural.



Figura 3: Padrão arquitetural *publish/subscribe*

Sistemas *publish/subscribe* possuem modelos de assinatura responsáveis pela definição do repasse das mensagens dos publicadores (*publishers*) para os assinantes (*subscribers*). Os modelos de assinatura mais utilizados são os baseados em tópicos e os baseados em conteúdo. No primeiro modelo, as mensagens são publicadas em canais nomeados, de forma que apenas os assinantes destes canais possam recebê-las. No segundo modelo, as mensagens podem ser filtradas a partir de seus atributos de acordo com os interesses dos assinantes¹³.

Considerando a existência de informação contextual de relacionamento entre as diferentes entidades do sistema, é possível que as notificações sejam encaminhadas seguindo o padrão arquitetural *publish/subscribe*. A criação de um relacionamento na rede social online corresponde a uma assinatura nessa arquitetura. Dessa forma, os pacientes atuam como publicadores e os cuidadores como assinantes.

Resultados e discussão

A arquitetura proposta por Pawar *et al.*⁷ (Figura 2), apresenta um conjunto de componentes que definem a estrutura genérica de um SMRP. Uma de suas principais características está relacionada com a divisão dessa estrutura nas camadas sensoriamento, *middleware* e aplicações.

Essa estrutura é representada no UbiCare, SMRP em desenvolvimento no Laboratório de Informática em Saúde (LabIS) do Instituto de Informática (INF) da Universidade Federal de Goiás (UFG), a partir de uma arquitetura orientada a serviços, do inglês, *Service-Oriented Architecture* (SOA). No UbiCare as aplicações se comunicam por meio de um barramento, em que serviços relacionados aos cuidados dos pacientes são consumidos por meio de *Applications Programming Interfaces* (APIs). Esse barramento de serviços se comporta como a camada de *middleware*, onde os recursos relacionados aos serviços de monitoramento de pacientes são integrados. Por conta de algumas características da arquitetura SOA, essas camadas se sobrepõem. Isso pode ser observado na camada de sensoriamento que passa a ser representada por um conjunto de aplicações que coletam dados de sensores.

A emissão de notificações utilizando RSOs é realizada por meio do serviço de gerência de relacionamentos denominado por GR-API, e do serviço de emissão de notificações denominado EN-API¹⁴. O serviço de notificações pode ser usado por qualquer aplicação que venha a compor a plataforma UbiCare. A Figura 4 apresenta a arquitetura do UbiCare com funcionalidade de RSOs além de incluir a aplicação SPC, responsável pela coleta de dados de sensores fisiológicos.

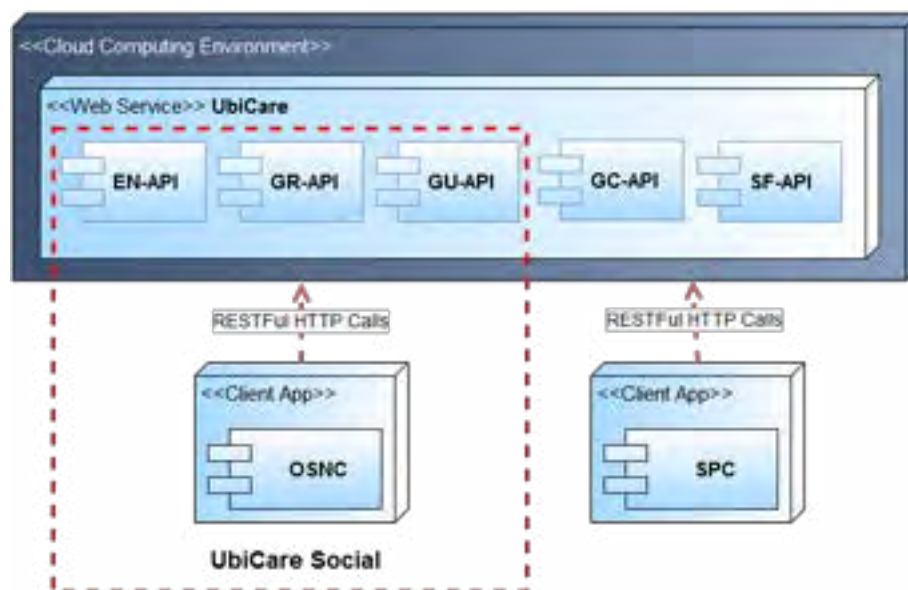


Figura 4: Arquitetura do UbiCare com funcionalidades de RSOs

Protótipo – O protótipo, denominado UbiCare Social e delimitado na Figura 4, é composto por uma aplicação e de um conjunto de serviços disponibilizados pelo UbiCare. Esses serviços são implementados pelos componentes de software a seguir:

- GC-API – Gerenciador de Cuidados – disponibiliza os principais recursos relacionados ao tratamento do paciente, tais como as prescrições de saúde, o controle de riscos e o histórico de avaliações realizado pelos profissionais de saúde.
- EN-API – Emissor de Notificações – contém os recursos que permitem a entrega de notificações aos diferentes usuários do sistema.
- GR-API – Gerenciador de Relacionamentos – disponibiliza recursos que permitem a manutenção dos relacionamentos entre os usuários do sistema.
- GU-API – Gerenciador de Usuários – disponibiliza recursos que permitem a autenticação e o controle de usuários.
- SF-API – Sensores Fisiológicos – disponibiliza os recursos que viabilizam o registro de dados fisiológicos do paciente, tais como pressão arterial e peso.

Os serviços EN-API, GR-API e GU-API são consumidos pela seguinte aplicação:

- OSNC – Cliente de Rede Social Online – aplicativo para a plataforma Android que permite que os pacientes, os profissionais de saúde e os familiares gerenciem seus relacionamentos, por meio das funcionalidades do serviço GR-API, e recebam as notificações referentes a essas relações.

Funcionamento – O protótipo construído tem como finalidade a entrega de notificações para os cuidadores de um paciente. Essas notificações são geradas após a detecção de alguma anomalia nos dados fisiológicos coletados. O encaminhamento das notificações é realizado com o auxílio do Google Cloud Messaging (GCM)¹, um serviço que permite o envio de mensagens entre servidores e clientes.

A Figura 5 apresenta o fluxo relacionado à coleta de dados fisiológicos e à sua transmissão para o UbiCare (1, 2 e 3), bem como as interações dos usuários com os serviços por meio das aplicações (3) e as interações relacionadas ao GCM (A, B, C, D e E). O funcionamento do GCM é fundamentado na distribuição de identificadores únicos para os dispositivos que tenham a aplicação OSNC instalada. Quando o usuário acessa a aplicação, um identificador é solicitado (A) e atribuído ao dispositivo (B).

1 <https://developers.google.com/cloud-messaging/>

Esse identificador é persistido no UbiCare (C). Sempre que for necessário notificar um determinado usuário, o UbiCare informa os identificadores de seus dispositivos e a mensagem para o GCM (D). Os identificadores são resolvidos e as mensagens são encaminhadas aos dispositivos (E).

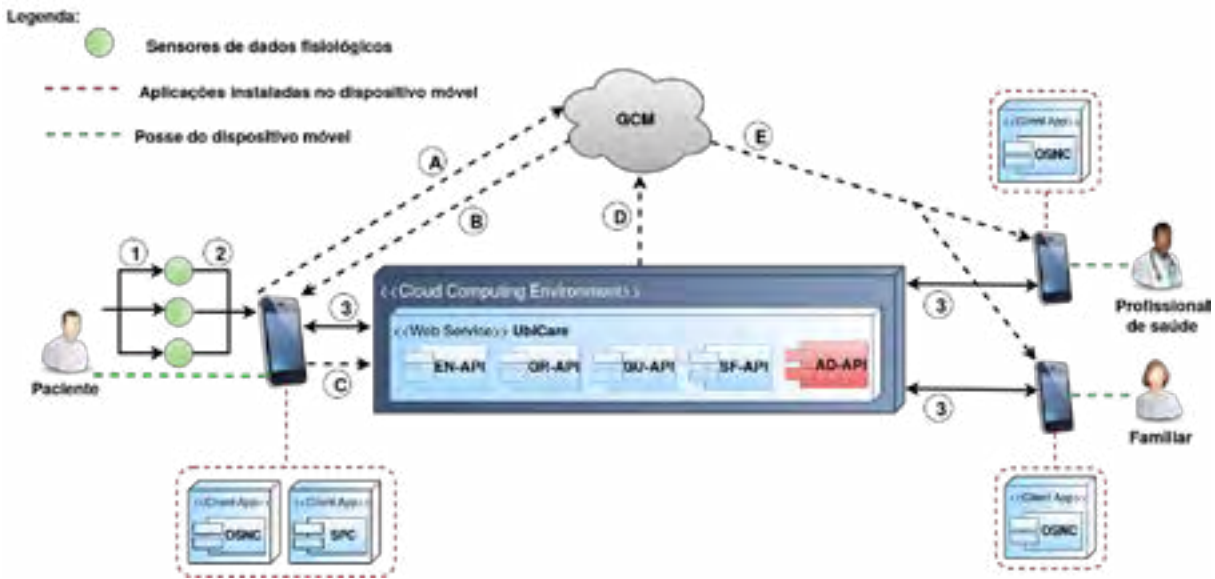


Figura 5: Funcionamento do emissor de notificações do UbiCare Social

A aplicação móvel OSNC permite ao usuário acessar as funcionalidades do gerenciador de relacionamentos. Isso é realizado por meio do nome e da senha dos usuários cadastrados, como apresentado na Figura 6(a). Considerando o cenário simplificado apresentado na Figura 7, uma vez que o usuário Profissional de saúde esteja autenticado, a aplicação apresenta um comportamento como especificado nas Figuras 6(b), 6(c), 6(d).

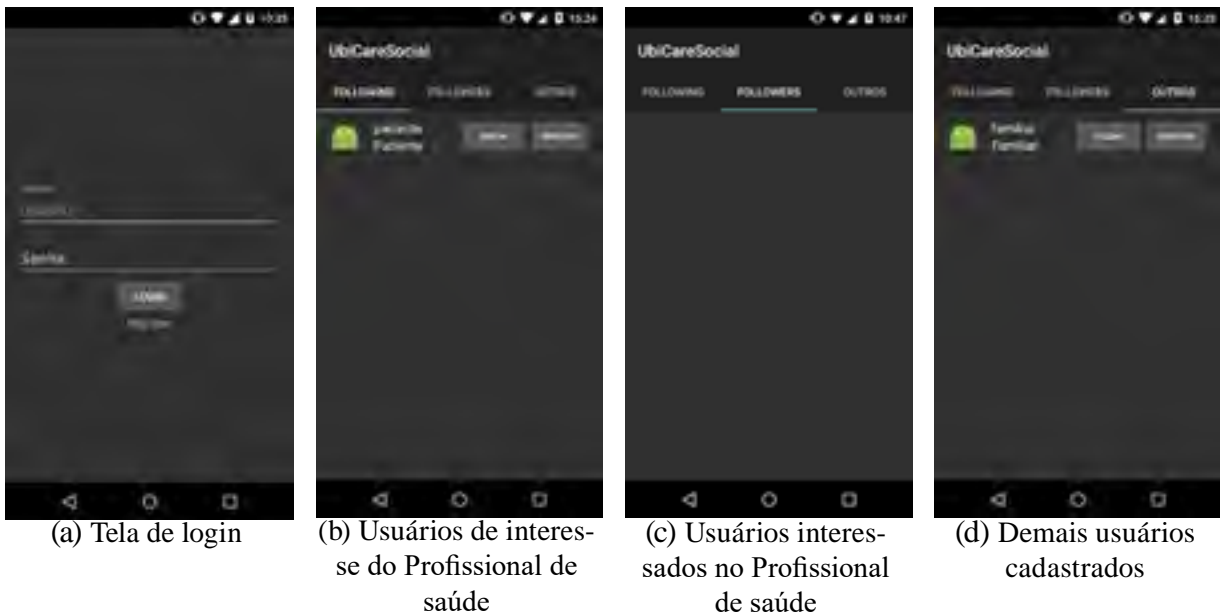


Figura 6: Comportamento da aplicação para os relacionamentos apresentados na Figura 7

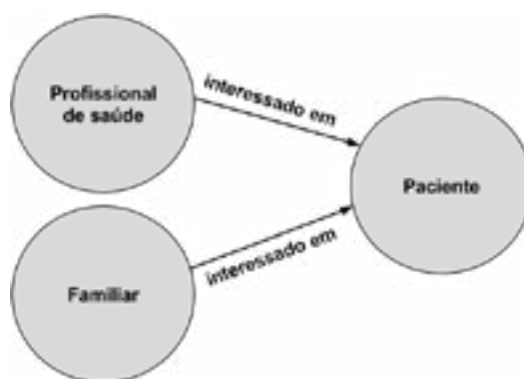


Figura 7: Instância de relacionamento entre os usuários

Caso ocorra algum evento relacionado ao Paciente, uma mensagem contendo o identificador do Paciente será direcionada ao EN-API. Os identificadores dos dispositivos das pessoas interessadas serão recuperados. Isso é possível pelo fato de os relacionamentos corresponderem a assinaturas baseadas em conteúdo. A mensagem e os identificadores dos dispositivos do Profissional de saúde e do Familiar serão encaminhados ao GCM. Eles receberão uma notificação em seus dispositivos. Esta notificação será exibida como apresentado na Figura 8.

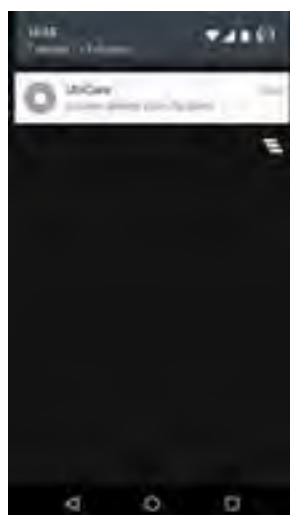


Figura 8: Exemplo de notificação enviada pelo EN-API

Atualmente, o UbiCare não conta com um Analisador de Dados (AD-API). Os testes de encaminhamento de notificações foram realizados por meio de simulações. Outras aplicações, como o Plano de Cuidados Ubíquo¹⁴, podem direcionar mensagens ao EN-API para que ele as dissemine para os interessados no usuário originador da mensagem.

Há um esforço em termos de desenvolvimento e pesquisa para se usar as RSOs massificadas de modo a permitir a emissão de notificações relacionadas a dados de saúde^{15,16,17,18,19,20,21,22,23}. O Facebook, quando comparado ao Twitter e ao Google Plus, apresenta um conjunto de funcionalidades que melhor condiz com o que se espera encontrar em um SMRP^{20,21}. No entanto, apesar de possuir uma grande base de usuários e uma série de funcionalidades disponíveis por meio de APIs, o uso destas plataformas de RSOs não garante controle sobre os dados e sobre as funcionalidades, além de existir resistência dos usuários por conta da baixa confiança nestas plataformas¹⁵. Devido às limitações

observadas em RSOs massificadas, optou-se por uma implementação dedicada, pois não limitaria a evolução da pesquisa sendo realizada.

Conclusão

A solução apresentada tem como objetivo estender a plataforma UbiCare de modo a possibilitar o acompanhamento contínuo da saúde do paciente, aumentando a qualidade dos tratamentos médicos e aliviando a carga sobre o sistema de saúde. Mantendo a proposta da plataforma UbiCare, o objetivo é atingido por meio da integração de um objeto do cotidiano das pessoas, o *smartphone*, a algum sistema especializado, capaz de aumentar a qualidade de vida das pessoas. Os serviços integrados foram o de gerência de relacionamentos e um serviço de notificação que usa os relacionamentos como informação contextual. O resultado é um sistema que permite a disseminação de dados de saúde, no caso a notificação relacionada ao quadro clínico do paciente, para todos os interessados em qualquer lugar, por meio de uma conexão com a internet.

No que diz respeito à aceitação da solução, mais resultados precisam ser obtidos. Outros trabalhos obtiveram êxito, reportando a ampla aceitação por parte dos usuários. Deve-se notar, entretanto, que foram avaliados em outras circunstâncias, diferentes das que se têm em nosso país, tais como fatores sociais, econômicos e culturais que podem vir a ser um empecilho ao uso destas tecnologias, como, por exemplo, a exclusão digital.

O aperfeiçoamento do presente trabalho requer que o mesmo avance de modo a satisfazer restrições referentes à privacidade, à segurança e à conformidade com normas e legislações. Os pacientes esperam ser capazes de definir regras explicitando quais informações devem estar disponíveis e para quem¹⁵. Outros fatores no sentido de melhorias se referem à inclusão de mais serviços de mídia social, como canais de comunicação entre pacientes, familiares e cuidadores, envolvendo, por exemplo, imagens e vídeos.

Referências

- [1] World Health Organization (WHO). Global health workforce shortage to reach 12.9 million in coming decades. 2013. Último acesso: 01/02/2016. Disponível em: <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2013/health-workforce-shortage/en/>.
- [2] Morrissey J. Remote patient monitoring: How mobile devices will curb chronic conditions: Factor in the time and cost of implementing data-driven technology. 2014. Último acesso: 01/02/2016. Disponível em: <http://medicaleconomics.modernmedicine.com/medical-economics/content/tags/chronic-care/remote-patient-monitoring-how-mobile-devices-will-curb-c?page=full>.
- [3] Abowd GD, Dey AK, Brown PJ, Davies N, Smith M, Steggle P. Towards a Better Understanding of Context and Context-Awareness. Proceedings of the 1st International Symposium on Handheld and Ubiquitous Computing. Springer-Verlag; 1999; p. 304–307.
- [4] Vieira V, Tedesco P, Salgado AC. Modelos e Processos para o Desenvolvimento de Sistemas Sensíveis ao Contexto. Jornadas de Atualização em Informática. 2009; p. 381–431.
- [5] Baldauf M, Dustdar S, Rosenberg F. A survey on context-aware systems. International Journal of Ad Hoc and Ubiquitous Computing. 2007; 2(4):263–277.
- [6] Musumba GW, Nyongesa HO. Context awareness in mobile computing: A review. International Journal of Machine Learning and Applications. 2013; 2(1).
- [7] Pawar P, Jones V, van Beijnum BJF, Hermens H. A framework for the comparison of mobile patient monitoring systems. Journal of Biomedical Informatics. 2012; 45(3):544 – 556.
- [8] Doering LV, Hickey K, Pickham D, Chen B, Drew BJ. Remote noninvasive allograft rejection

- monitoring for heart transplant recipients: study protocol for the novel evaluation with home electrocardiogram and remote transmission (NEW HEART) study. *BMC Cardiovascular Disorders*. 2012; 12(1):1–9.
- [9] Zhu Y. Automatic detection of anomalies in blood glucose using a machine learning approach. *Journal of Communications and Networks*. 2011; 13(2):125–131.
- [10] Karantonis DM, Narayanan MR, Mathie M, Lovell NH, Celler BG. Implementation of a real-time human movement classifier using a triaxial accelerometer for ambulatory monitoring. *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*. 2006; 10(1):156–167.
- [11] Zimmermann A, Lorenz A, Oppermann R. An operational definition of context. *Proceedings of the 6th International and Interdisciplinary Conference on Modeling and Using Context*. Springer-Verlag. 2007; p. 558–571.
- [12] Kaplan AM, Haenlein M. Users of the world, unite! The challenges and opportunities of Social Media. *Business Horizons*. 2010; 53(1):59–68.
- [13] Eugster PT, Felber PA, Guerraoui R, Kermarrec AM. The Many Faces of Publish/Subscribe. *ACM Computing Surveys*. 2003; 35(2):114–131.
- [14] Germano E, Carvalho ST, Souza-Zinader JP. Plano de Cuidados Ubíquo com Sistema de Notificações voltado a Pacientes Domiciliares. III Escola Regional de Informática de Goiás - ERI-GO. 2015.
- [15] Domingo MC. A context-aware service architecture for the integration of body sensor networks and social networks through the IP multimedia subsystem. *IEEE Communications Magazine*. 2011; 49(1):102–108.
- [16] Norval C, Arnott JL, Hine NA, Hanson VL. Purposeful social media as support platform: Communication frameworks for older adults requiring care. *5th International Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare*; 2011; p. 492–494.
- [17] Trinugroho YBD, Reichert F, Fensli R. eHealth Smart Home Environment Service Platform - Enabling Remote Monitoring and Service Composition through Social Media. *Proceedings of 5th International Conference on Health Informatics*. 2012; p. 434–438.
- [18] Triantafyllidis AK, Koutkias VG, Chouvarda I, Maglaveras N. A Pervasive Health System Integrating Patient Monitoring, Status Logging, and Social Sharing. *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics*. 2013; 17(1):30–37.
- [19] Khorakhun C, Bhatti SN. Remote health monitoring using online social media systems. *6th Joint IFIP Wireless and Mobile Networking Conference*. 2013; p. 1–8.
- [20] Khorakhun C, Bhatti SN. Alerts for remote health monitoring using online social media platforms. *IEEE 15th International Conference on e-Health Networking, Applications Services*. 2013; p. 177–181.
- [21] Khorakhun C, Bhatti SN. Using online social media platforms for ubiquitous, personal health monitoring. *IEEE 16th International Conference on e-Health Networking, Applications and Services*. 2014; p. 287–292.
- [22] Khorakhun C, Bhatti SN. Wellbeing as a proxy for a mHealth study. *IEEE International Conference on Bioinformatics and Biomedicine*. 2014; p. 32–39.
- [23] Bhowmik AK, Khendek F, Hormati M, Glitho R. An architecture for M2M enabled social networks. *14th Annual Mediterranean Ad Hoc Networking Workshop*. 2015; p. 1–8.

Contato

Hugo A. Ribeiro
hugoalmeida@inf.ufg.br

VISUALIZAÇÃO IMERSIVA E INTERAÇÃO GESTUAL COM DADOS MÉDICOS

Artur Assunção Pinheiro¹, Paulo Roberto Jansen dos Reis¹, João Victor Marinho Figueirêdo¹,
Anselmo Cardoso de Paiva¹, Geraldo Braz Júnior¹

¹ Núcleo de Computação Aplicada - NCA
Universidade Federal do Maranhão - UFMA, São Luís - MA

Resumo: As tecnologias de Realidade Virtual vêm se desenvolvendo bastante nos últimos anos e com elas a sua utilização em diversas áreas, dentre as quais, a medicina. Testes, treinamentos, e alguns tipos de tratamento que seriam complicados de serem feitos com abordagens tradicionais agora podem ser produzidos graças aos elementos disponíveis nas tecnologias de realidade virtual. Objetivo: Propor uma ferramenta de visualização volumétrica em realidade virtual que possua interação gestual e ferramentas de segmentação de imagens e que facilite o processo de análise de dados médicos. Métodos: Aquisição das imagens, geração dos dados volumétricos, desenvolvimento das ferramentas de interação e desenvolvimento da interface gestual. Resultados: O sistema obteve êxito na geração e visualização de dados médicos tendo bom desempenho em testes realizados na avaliação de usabilidade de sua interface gestual. Conclusão: O sistema se mostra como uma promissora alternativa para a visualização de dados médicos em realidade virtual.

Palavras-chave: Realidade Virtual. Visualização Volumétrica. Interfaces Naturais.

Abstract: *The Virtual Reality technologies have been developing greatly in recent years and with them their use in various fields, among which the medicine. Some testings, trainings, and some types of treatments that would be complicated to be made with traditional approaches can now be produced thanks to the elements available in the virtual reality technologies. Objective: To propose a volume visualization tool in virtual reality that has gestural interaction and image segmentation tools and facilitates the process of analysis of medical data.. Methods: Image acquisition volumetric data generation, development of the interaction tools and development of the gestural interface. Results: The system was successful in the generation and visualization of medical data, having good performance in usability tests of its gestural interface. Conclusion: The system is a promising alternative for viewing medical data in virtual reality.*

Keywords: *Virtual Reality. Volumetric Visualization. Natural User Interface.*

Introdução

Nos últimos anos a Realidade Virtual (VR - do inglês *Virtual Reality*) obteve um grande avanço tanto em sua tecnologia quanto em sua popularidade. Com isso, novos protótipos de dispositivos capazes de envolver a visão do usuário completamente, além de reconhecer seus movimentos já estão disponíveis aos desenvolvedores a até mesmo ao público¹.

A análise visual de dados volumétricos é uma tarefa comum em diversas campos de estudo. A visualização volumétrica é usada na medicina, na biologia, em geologia, em paleontologia e em diversas outras áreas². Alguns exames médicos fazem uso de dados volumétricos para melhorar a detecção e diagnóstico de doenças. Tais dados são adquiridos pela digitalização do “objeto de interesse” através

de Ressonância Magnética (MRI), Tomografia Computadorizada (CT), entre outros, gerando uma representação do objeto de estudo que se pretende visualizar para estudar algumas propriedades³.

Tradicionalmente, os pesquisadores dessas diversas áreas analisam tais dados volumétricos em computadores convencionais, visualizando os dados tridimensionais em telas bidimensionais, que não transmitem efetivamente a noção de profundidade. Grande parte dos equipamentos que utilizam imagens médicas, por exemplo, são capazes de gerar imagens 3D. Entretanto, estes modelos não oferecem uma experiência muito realista para os médicos que aprenderam a ver e interagir com os seus pacientes de maneira mais palpável.

A visão estéreo presente nos ambientes de VR pode contribuir para o treinamento de novos médicos e no planejamento de cirurgias. Com essa tecnologia é até possível realizar um *tour* virtual por dentro do corpo do paciente uma vez que proporciona a percepção de profundidade que não existe nas tecnologias de visualização convencionais.

A VR é uma ferramenta capaz de visualizar imagens volumétricas oriundas de exames médicos e permitir uma interação com elas de forma gestual e sem auxílio de outros tipos de controles externos, tornando-se uma boa alternativa para estes tipos de tarefa, podendo diminuir o tempo de planejamento de procedimentos médicos e até aumentar a sua precisão.

O objetivo geral deste trabalho é propor uma ferramenta imersiva de visualização volumétrica em realidade virtual que possua interação gestual e ferramentas de segmentação de imagens e que facilite o processo de análise de dados volumétricos.

Realidade Virtual, Visualização Volumétrica e Interfaces Naturais - Nesta seção serão apresentados alguns conceitos sobre Realidade Virtual, Visualização Volumétrica e Interfaces Naturais.

Realidade Virtual (VR) pode ser vista como um tipo de interface humano-computador na qual o usuário se vê imerso no ambiente virtual e interage com ele de uma maneira mais natural do que com um computador regular⁴.

Para se criar experiências imersivas e realistas, podem ser utilizados diversos dispositivos em conjunto, como por exemplo óculos de realidade virtual (HMD - do inglês *Head Mounted Display*), sensores de movimento, sensores de rastreamento de corpo ou cabeça, sensores de rastreamento de mãos, etc⁵.

Visualização volumétrica diz respeito às técnicas utilizadas na visualização de dados associados a regiões de um volume, tendo como principal objetivo a exibição do interior dos objetos volumétricos a fim de explorar sua estrutura e facilitar sua compreensão³.

Dados relacionados a regiões volumétricas são denominados dados volumétricos. As técnicas envolvidas no processo de visualização podem ser resumidas em quatro etapas: Formação do volume, classificação, iluminação e projeção. Entretanto, a visualização propriamente dita é realizada nos últimos três, pois considera-se apenas volumes pré-processados³.

Um novo paradigma de interação está ganhando cada vez mais força, a Interface Natural (NUI - do inglês *Natural User Interface*). Este tipo de interface prioriza a interação de forma mais natural possível, de forma que as pessoas possam interagir com a tecnologia da mesma forma que interagem com os demais objetos do cotidiano⁶.

As maneiras mais utilizadas pelos seres humanos para interagirem entre si e com o ambiente são através da fala, de gestos e de toques. Dessa maneira, sistemas com interfaces naturais buscam se valer dessas mesmas abordagens em suas interações. Os gestos em especial representam uma das formas mais expressivas e primárias de interação para o ser humano, que os utilizam desde seus primeiros anos de vida.

Sistemas com interfaces baseadas em gestos devem ser aptos para realizar reconhecimento de gestos em tempo real⁷. Os gestos utilizados no controle de aplicações devem ser fáceis de executar e de lembrar. Não existe, entretanto, um conjunto de gestos padrão que seja considerado fácil para

qualquer tipo de usuário. Com isso, é necessário adotar gestos que sejam naturais ao usuário alvo da aplicação, levando em consideração seus conhecimentos gerais, cultura e capacidades linguísticas⁸.

Métodos

Este trabalho se propõe a investigar a visualização de dados médicos em um ambiente computacional imersivo, utilizando uma interação baseada em gestos, bem como utilizando ferramentas de recorte volumétrico e de segmentação interativas.

Utilizando-se o HMD *Oculus Rift* para a visualização imersiva, juntamente com o *Leap Motion Controller*, para a detecção dos gestos, foi desenvolvido um protótipo empregando tais conceitos capaz de ler um dado volumétrico representando um exame médico (tomografia computadorizada ou ressonância magnética). Possibilitando a visualização dos dados médicos no ambiente de realidade virtual. É possível ainda segmentar regiões de interesse do volume através das ferramentas de segmentação implementadas para o protótipo.

Toda a manipulação dos dados e ferramentas dentro do ambiente gerado pelo protótipo é feita a partir de gestos manuais, sem a necessidade da utilização de algum tipo de periférico. Cada ferramenta é utilizada a partir de um gesto específico, havendo compartilhamento de gestos em algumas ferramentas detalhadas a seguir..

Visualização e Ferramentas de Segmentação - A leitura das imagens e criação do volume tridimensional é feita utilizando-se a biblioteca de Su⁹. É possível analisar os dados volumétricos através de três ferramentas: plano de corte, do inglês *Clipping Plane*, a ferramenta de volume de interesse (VOI - do inglês *Volume of Interest*) e a ferramenta de segmentação semiautomática.

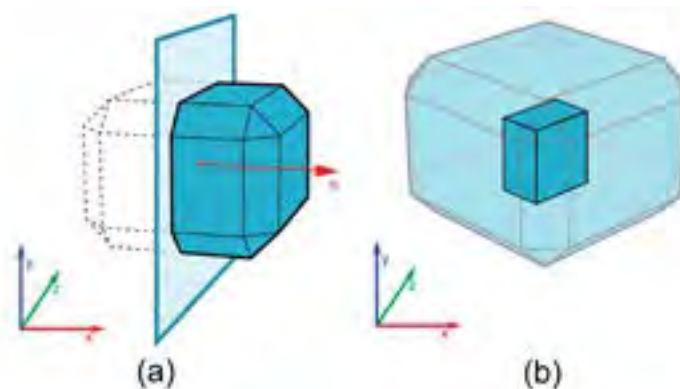


Figura 1: Ferramentas de Segmentação (a) Ferramenta de Plano de Corte (b) Ferramenta de Volume de Interesse.

O Plano de corte é uma ferramenta que divide o volume em duas partes. Uma continua sendo exibida normalmente e a outra será omitida da visualização, permitindo ao usuário ter acesso a regiões internas ao volume. O plano de corte pode ser movido e rotacionado livremente para possibilitar que o volume seja observado de todas as formas possíveis. A Figura 1a ilustra o funcionamento da ferramenta do plano de corte.

A ferramenta de volume de interesse (VOI) é a ferramenta utilizada para segmentar uma região específica do volume, para que o usuário possa visualizar apenas a sua área de interesse, por exemplo. Ela funciona na forma de um cubo que desabilita a visualização do volume, com exceção da área contida na sua intersecção com o volume, como é mostrado na Figura 1b.

Esta ferramenta pode ser redimensionada pelo usuário para que obtenha as dimensões desejadas, podendo ainda ser movimentada pelo espaço para que se posicione na região do volume mais conveniente.

Seu funcionamento se apropria do plano de corte, de modo que cada lado do cubo é representado por um plano de corte diferente, todos com suas normais apontando para o centro do cubo. Dessa forma, apenas o que estiver no seu interior será exibido na visualização.

A Segmentação Semiautomática utiliza técnicas de processamento de imagens para segmentar a região escolhida pelo usuário. A técnica utilizada é o crescimento de região, uma abordagem relativamente popular para o problema da segmentação em imagens digitais¹⁰.

Interface Gestual - Num ambiente de realidade virtual, é importante que o usuário não necessite de ferramentas externas, como teclados ou *joysticks*, para interagir com os elementos ao seu redor. Poder manipular tais elementos com as mãos torna a experiência muito mais realista e imersiva. Baseada nisso, a interação do usuário com o sistema foi inteiramente desenvolvida através de gestos, captados através do *Leap Motion Controller*.

A utilização do *Leap Motion* permite a visualização das mãos dentro do ambiente virtual, além da possibilidade de interpretação dos gestos feitos pelo usuário. Alguns gestos são utilizados para realizar tarefas específicas, como manipular ferramentas ou ativar botões virtuais.

O plano de corte pode ser rotacionado de duas maneiras: horizontalmente e verticalmente. O gesto necessário para se realizar a rotação horizontal utiliza as duas mãos simultaneamente. Elas devem estar posicionadas em frente ao usuário, uma ao lado da outra, com todos os dedos cerrados, ou seja, com ambas as mãos fechadas. Feito isso, se o usuário mover a mão direita para a frente, ou a mão esquerda para trás, o plano de corte será rotacionado no sentido anti-horário. Dessa forma, se em vez disso o usuário mover a mão esquerda para a frente, ou a direita para trás, o plano de corte será rotacionado no sentido horário.

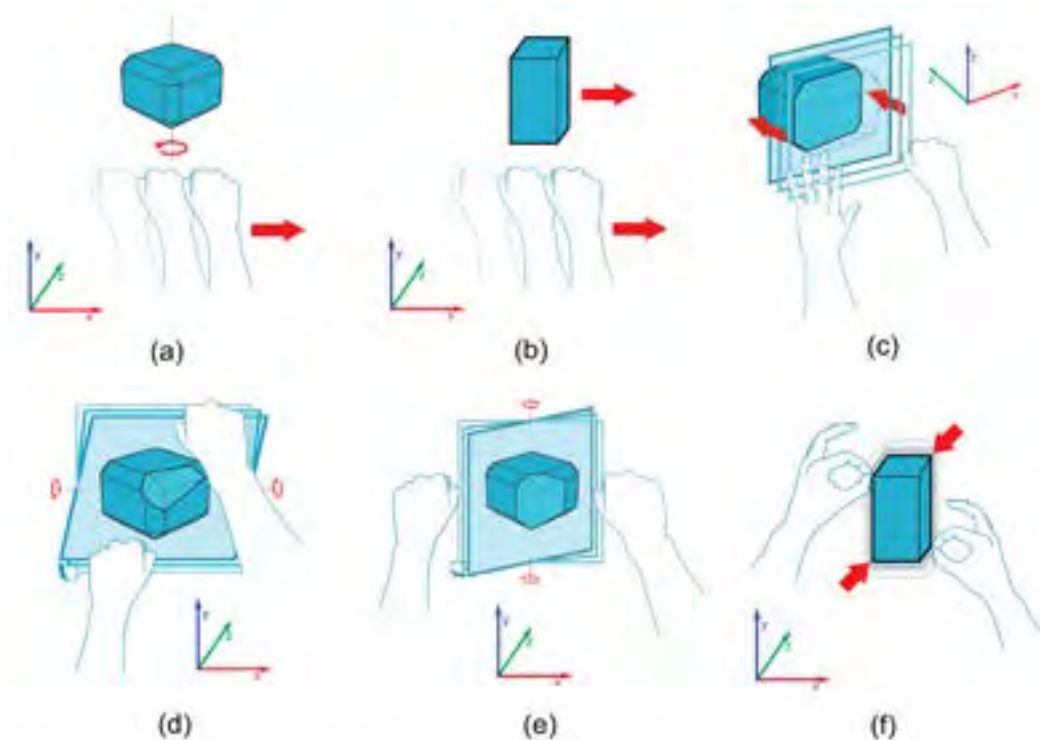


Figura 2: Gestos utilizados na manipulação das ferramentas (a) Gesto utilizado para rotacionar o volume (b) Gesto para mover a ferramenta de volume de interesse (c) Gesto de mover o plano de

corde (d) Gesto de rotacionar o plano de corte verticalmente (e) Gesto de rotacionar o plano de corte horizontalmente (f) Gesto de redimensionar o volume de interesse.

Para reconhecer o gesto, o sistema verifica se as mãos estão posicionadas com as normais de suas palmas viradas para frente. A seguir verifica se as duas mãos estão fechadas. Para isso, é utilizado o reconhecimento de *Grab*, uma funcionalidade nativa do *Leap Motion* que verifica o quão cerrada está a mão. Em seguida é verificado se a distância horizontal de cada mão é maior do que suas distâncias verticais, medida utilizada para determinar se as mãos estão lado a lado ou uma em cima da outra.

Tendo resultado positivo nos testes citados, a rotação é feita com base na diferença das posições das mãos no eixo Z, eixo que define se as mãos se deslocam para frente ou para trás. Se a distância entre as mãos for diferente da distância inicial capturada no momento em que o gesto é iniciado, a rotação é aplicada baseada em sua diferença.

A rotação no eixo vertical é feita de maneira muito similar. A diferença é que as mãos devem estar posicionadas uma sobre a outra. Assim, novamente é verificado se as normais apontam para a frente e se as mãos estão fechadas através do reconhecimento de *Grab*. Entretanto, dessa vez a distância vertical entre as mãos deve ser maior do que suas distâncias horizontais. Com isso, a rotação também é aplicada baseada na diferença entre as posições das mãos no eixo Z. As Figura 2d e 2e ilustram os gestos utilizados na rotação do plano de corte.

O plano de corte pode ser transladado em apenas uma direção, a direção de sua normal. Para que ele possa ser transladado em outras direções é necessário que ele seja rotacionado antes. O gesto necessário para a translação também utiliza as duas mãos, porém, a mão esquerda deve estar aberta e a direita fechada. Então, o usuário deve mover as duas mãos simultaneamente ao longo do eixo Z. Se elas forem movidas no sentido positivo do eixo, a translação do plano de corte também será positiva, caso contrário, sua translação será negativa. A Figura 2c mostra o gesto utilizado na translação do plano de corte.

Assim como no gesto anterior, as mãos devem estar posicionadas com as normais de suas palmas viradas para frente. O reconhecimento de *Grab* do *Leap Motion* verifica se a mão esquerda está aberta e a direita cerrada. Se tais condições forem satisfeitas, a translação se dará baseada do deslocamento das mãos no eixo Z.

Para a Rotação do Volume e Movimentação da Ferramenta de Volume de Interesse e da Semente de Segmentação Semiautomática é utilizado o mesmo gesto. Por isso, para evitar conflitos, o usuário só pode realizar uma dessas tarefas de cada vez. A tarefa é escolhida através dos botões virtuais presentes na interface gráfica do sistema.

O gesto novamente faz uso do *Grab*, porém agora utilizando apenas uma das mãos, não importando se a direita ou a esquerda. É o gesto mais simples presente no sistema, sendo necessário apenas fechar a mão e movê-la pelo espaço. É verificado se existe apenas uma mão sendo visualizada e se há a ocorrência do *Grab*. Em seguida, o deslocamento da mão será convertido para a translação do VOI, da semente da segmentação semiautomática ou na rotação horizontal do volume, dependendo da ferramenta utilizada no momento. Na Figura 2a é demonstrado o gesto na rotação do volume e na Figura 2b, o gesto de translação do VOI.

A escala da ferramenta de volume de interesse é feita através do reconhecimento de *Pinch*, outra funcionalidade nativa do *Leap Motion* que identifica se o polegar está em contato com algum outro dedo da mão. O gesto consiste nas duas mãos na posição de *Pinch*, mantendo o polegar em contato com o dedo indicador.

No momento em que o gesto é reconhecido, o VOI é redimensionado tendo em base a distância entre o polegar direito e o polegar esquerdo. Desse modo, ao mover as mãos pelo espaço, o usuário é capaz de redimensionar o cubo conforme sua vontade.

Apesar de o *Leap Motion* oferecer o reconhecimento do gesto de *Pinch*, foi preferido que o sistema possuísse seu próprio reconhecimento por questões de desempenho. Com isso, são checados três

dedos de cada mão: polegares, indicadores e médios. O *Pinch* é reconhecido quando a distância das pontas do indicador e do polegar é relativamente pequena e a distância da ponta do indicador para a ponta do dedo médio é relativamente grande.

Quando o *Pinch* é reconhecido nas duas mãos, o VOI é posicionado no centro da área de visualização e é redimensionado de acordo com as posições de cada mão, como é mostrado na Figura 2f. Sua largura, altura e profundidade serão ajustadas de acordo com a distância entre os polegares das mãos, enquanto o gesto for reconhecido.

A segmentação semiautomática é iniciada também com o reconhecimento do *Pinch*, porém desta vez em apenas uma mão. Caso o sistema confirme que existe apenas uma mão sendo visualizada e que seu polegar está suficientemente próximo do seu indicador, e que seu indicador está suficientemente distante do seu dedo médio, o comando para a ativação da segmentação semiautomática é executado.

Resultados e Discussão

O protótipo desenvolvido foi testado com a utilização de dados volumétricos gerados a partir de três exames de ressonância magnética. Dois deles foram adquiridos através do banco de dados do Laboratório de Computação Gráfica da Universidade de Stanford (*Stanford Computer Graphics Laboratory*)¹¹, ambos constituídos por 99 imagens no formato TIFF. O outro exame foi adquirido através do repositório público do OsiriX¹², sendo este no formato DICOM e possuindo 347 imagens que foram posteriormente convertidas para o formato JPEG para que pudessem ser utilizadas no programa. A Figura 3 mostra um usuário utilizando o protótipo para visualizar um dado médico.

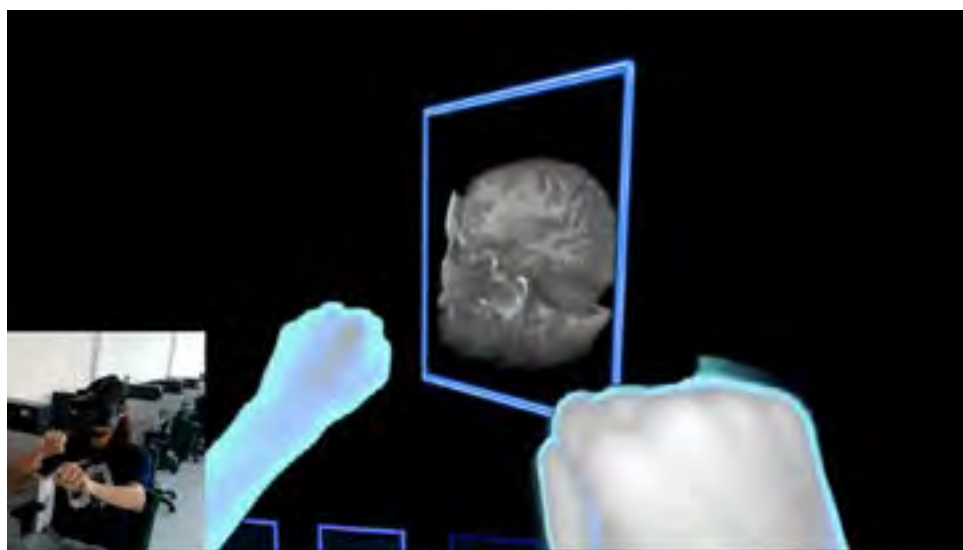


Figura 3: Usuário utilizando o sistema desenvolvido.

Avaliação dos Gestos - Os gestos desenvolvidos neste trabalho foram analisados quanto à sua usabilidade. Para que isso fosse possível, foram propostos testes baseados na avaliação de gestos realizada no trabalho de Nielsen¹³. Os testes contaram com a participação de quinze voluntários de ambos os sexos, sendo estes estudantes e professores universitários, entre graduandos, mestres e doutores, das áreas de Ciência da Computação e Design, com faixa etária entre 18 e 45 anos. Os testes foram organizados da seguinte forma:

- **Adivinhe a Função:** São apresentados vídeos da execução de todos os gestos presentes na aplicação e os voluntários devem adivinhar o papel que cada um desempenha dentro do sistema com base em uma lista de funções possíveis;

- **Teste de Memória:** Os gestos são apresentados aos voluntários para que possam ser aprendidos. Em seguida é requisitado que os voluntários demonstrem a execução de cada gesto de acordo com os pedidos do entrevistador. Cada gesto requisitado deve ser efetuado em até dois segundos para que seja considerado um caso de acerto;
- **Teste Piloto:** Os voluntários utilizam a ferramenta empregando os gestos aprendidos para realizar tarefas específicas de acordo com um roteiro;
- **Questionário de Avaliação:** Após utilizar o sistema, os voluntários respondem a um questionário com intuito de avaliar cada gesto quanto à sua usabilidade com relação a cinco parâmetros: facilidade de utilização, eficiência do hardware reconhecer o gesto (*Tracking*), facilidade de memorização dos gestos, stress físico que o gesto gera e sua intuitividade.

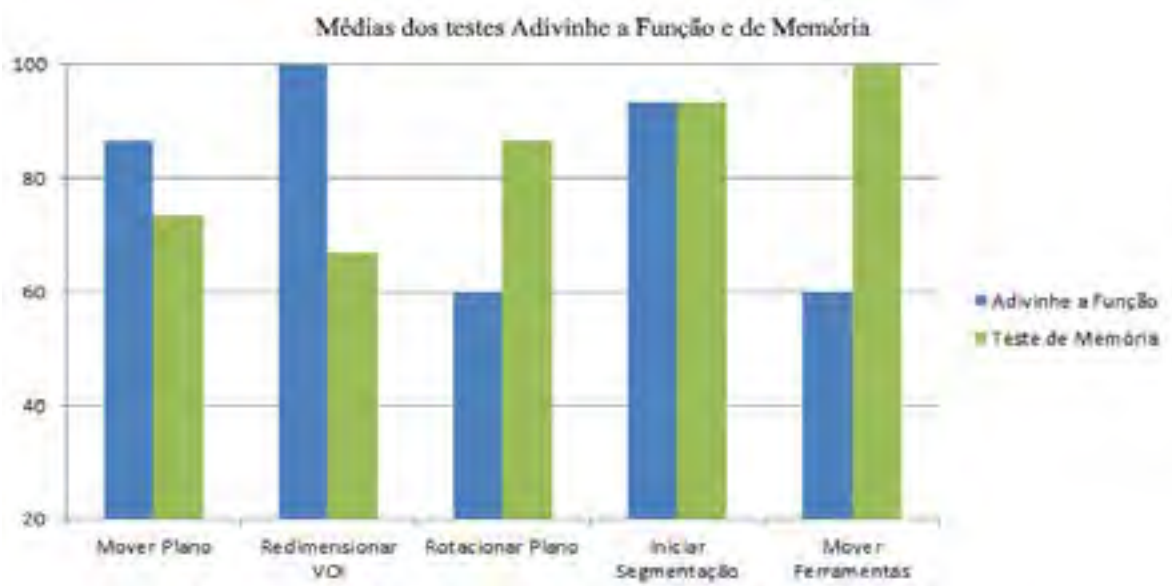


Figura 4: Resultados do Teste de Memória e do Teste Adivinhe a Função.

No Teste Adivinhe a Função as funcionalidades de rotacionar o volume, mover a ferramenta de VOI e mover a semente de segmentação foram agrupados em um único grupo “Mover Ferramentas”, pois são executados com o mesmo gesto.

No Teste de Memória o gesto mais lembrado pelo usuários foi o do grupo de mover ferramentas, tendo 100% de acerto. As ferramentas de mover o plano de corte e de redimensionar a ferramenta de VOI obtiveram a menor taxa de êxito no Teste de Memória com 73,3% e 66,7% respectivamente. A Figura 4 apresenta os resultados obtidos no Teste de Memória e no Teste Adivinhe a Função.

Após os dois testes iniciais, os voluntários utilizaram a aplicação para realizar tarefas específicas como visualizar fatias internas de um exame ou visualizar apenas determinadas regiões de um volume, especificadas por um roteiro ditado pelo seu entrevistador. Em seguida, foi solicitado o preenchimento do questionário de avaliação, que analisa vários aspectos de cada gesto presente no sistema. Podemos verificar o desempenho de cada gesto em cada parâmetro do questionário na Figura 5. Notou-se que mesmo com os testes sendo realizados em sequência, com o Teste Piloto sendo realizado logo após o Teste de Memória, alguns voluntários se confundiram no momento de manipular a aplicação, em especial na utilização da interface gráfica para definir qual gesto seria reconhecido em cada contexto.



Figura 5: Gráfico com o resultado da avaliação de cada gesto.

Na Figura 6 é possível verificar o valor médio que a aplicação obteve em cada quesito de avaliação de usabilidade testado. Percebe-se que os valores médios de cada parâmetro são relativamente semelhantes e são consideravelmente bons dentro da escala de Likert¹⁴.



Figura 6: Gráfico com o resultado da avaliação média da aplicação

Conclusão

Este trabalho apresentou o desenvolvimento de um sistema de visualização de dados médicos em um ambiente de realidade virtual e utilizando interações baseadas em gestos.

O protótipo desenvolvido obteve êxito na leitura dos dados médicos e na geração de seu dado volumétrico, proporcionando uma alternativa interativa e imersiva de visualização ao usuário. Através das ferramentas de segmentação é possível visualizar as fatias do volume, bem como segmentar regiões

de interesse específicas. Todas as interações do usuário com o sistema foram feitas a partir de uma interface de gestos manuais para garantir uma maior naturalidade e imersão no ambiente virtual.

É necessário melhorar o *feedback* que o sistema retorna ao usuário com relação à execução correta dos gestos, além de melhorar a transição entre gestos de modo a evitar gestos reconhecidos erroneamente.

Pelos resultados obtidos, constatou-se que a ferramenta de segmentação semiautomática pode ter sua precisão melhorada, podendo ainda fazer uso de diferentes técnicas de segmentação de imagens médicas para tornar-se mais completa.

Os gestos implementados para a interação com as ferramentas foram avaliados por um grupo de voluntários. Através de três tipos de testes de usabilidade, foi possível avaliar se os gestos utilizados são confortáveis, intuitivos, fáceis de usar e eficientes em suas funções. A partir dos testes foi possível perceber que os gestos desenvolvidos possuem bom desempenho médio em todos os quesitos analisados.

Com a finalidade de aprimorar ainda mais o protótipo desenvolvido, pretendemos testar com outras coleções de dados volumétricas e testar as interações que foram implementadas. Ainda pretendemos adicionar outras ferramentas como a de coloração com escolha de palheta de cores que permitiria o profissional dimensionar visualmente os dados, assim como outras ferramentas de segmentação específicas.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq, CAPES e FAPEMA, pelo apoio financeiro.

Referências

- [1] Boas, Y. Overview of virtual reality technologies. In: Interactive Multimedia Conference. Southampton. 2013.
- [2] Laha, B.; Bowman, D. A. Identifying the benefits of immersion in virtual reality for data visualization. In: Immersive visualization revisited workshop of the IEEE VR conference. 2012. p. 1–2.
- [3] Paiva, A. C.; Seixas, R. D. B.; Gattass, M. Introdução à visualização volumétrica. Monografias da Ciência da Computação-PUC-Rio, Inf MCC03/99, 1999.
- [4] Rizzo, A.; Difede, J.; Rothbaum, B. O.; Daughtry, J. M.; Reger, G. Virtual reality as a tool for delivering ptsd exposure therapy. Post-Traumatic Stress Disorder: Future Directions in Prevention, Diagnosis, and Treatment, 2013.
- [5] Rizzo, A.; Parsons, T.; Buckwalter, J. Using virtual reality for clinical assessment and intervention. Handbook of technology in psychology, psychiatry, and neurology: Theory, research, and practice, 2012.
- [6] Malizia, A.; Bellucci, A. The artificiality of natural user interfaces. Communications of the ACM, ACM, v. 55, n. 3, p. 36–38, 2012.
- [7] Sousa, H. d. P. Segmentação de Nódulos Pulmonares Através de Interações Baseadas em Gestos. Dissertação (Dissertação de Mestrado) — Universidade Federal do Maranhão, 2013.
- [8] Wachs, J. P.; Kölsch, M.; Stern, H.; Edan, Y. Vision-based hand-gesture applications. Communications of the ACM, ACM, v. 54, n. 2, p. 60–71, 2011.
- [9] Su, B. Ray marching for rendering 3D noise and textures in Unity 3D. 2015. Disponível em: <https://github.com/brianasu/unity-ray-marching/tree/volumetric-textures-depth>. Acesso em: 21 jan. 2016.

- [10] Sonka, M.; Hlavac, V.; Boyle, R. Image processing, analysis, and machine vision.: Cengage Learning, 2014.
- [11] Stanford Computer Graphics Laboratory. The Stanford volume data archive. 2014. Disponível em: <http://graphics.stanford.edu/data/voldata/>. Acesso em: 11 maio 2016.
- [12] Osirix. DICOM sample image sets. 2016. Disponível em: <http://www.osirix-viewer-.com/datasets/>. Acesso em: 11 maio 2016.
- [13] Nielsen, M.; Störring, M.; Moeslund, T. B.; Granum, E. A procedure for developing intuitive and ergonomic gesture interfaces for man-machine interaction. In: Proceedings of the 5th International Gesture Workshop. 2003. p. 1–12.
- [14] Likert R. The method of constructing and attitude scale. Methods and Techniques in Business Research, Ardent Media, p. 54, 1967.

Contato

Artur Assunção Pinheiro,
artur.assuncaopinheiro@gmail.com
Núcleo de Computação Aplicada, Centro de
Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade
Federal do Maranhão, Campus do Bacanga,
São Luís - MA

DISPOSITIVO MÓVEL PARA REGISTRO ELETRÔNICO MULTIPROFISSIONAL DO ATENDIMENTO PRÉ-HOSPITALAR NO SAMU

Filipe Andrade Bernardi¹, André Luis Antoneli Senju², Marcelo Alexandre Santos², Bruno Mendonça Azevedo³, Gerson Alves Pereira Júnior⁴.

¹Universidade de São Paulo (USP), Brasil

²Programa de Pós-graduação Interunidades em Bioengenharia, Escola de Engenharia de São Carlos (EESC), Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto (FMRP) e Instituto de Química de São Carlos (IQSC), Brasil

³Faculdade de Ribeirão Preto (AFARP/UNIESP), Brasil

⁴Departamento de Cirurgia e Anatomia, Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto (FMRP), Brasil.

Resumo: Objetivos: Descrever o processo de desenvolvimento de software para registro de informações multiprofissionais relevantes sobre os diferentes casos traumáticos e não traumáticos que podem ser atendidos e desenvolver um registro único para a equipe pré-hospitalar móvel de suporte avançado. Métodos: Desenvolvimento de aplicativo para dispositivos móveis utilizando várias ferramentas de informática com requisitos levantados por meio de material disponibilizado em fichas e das entrevistas com equipe multiprofissional (médico, enfermeiro e condutor). Resultados: Foi definido um conjunto de informações que abrangem dados a serem preenchidos pela equipe multiprofissional, bem como requisitos que foram implementados para suprir a necessidade dos profissionais em saúde, auxiliando com melhorias sobre como o registro em saúde é realizado através de uma organização de maneira lógica e sequencial para facilitar seu entendimento. Conclusão: Através deste estudo foi possível integrar atividades de diferentes profissionais do atendimento pré-hospitalar móvel com um sistema único de registro de informações em saúde.

Palavras-chave: Sistemas Integrados e Avançados de Gestão da Informação, Projetos de Tecnologias de Informação e Comunicação, Gestão da Informação em Saúde.

Abstract: Objectives: To describe the procedure of software development in order to store relevant information for a multidisciplinary team, which consists of doctors, nurses and ambulance's operators who work with various traumatic and non-traumatic cases and to develop accessible records for the first responder team. Methods: Applications (apps) development for mobile devices using computing software with its requirements acquired from data available on files and interviews with the multidisciplinary team. Results: A data set that need to be completed by the multidisciplinary team was defined as well as the requirements that have been implemented in order to supply the needs of health professionals, offering improvements on how the health records are usually accomplished throughout a logical and sequential system facilitating the service. Conclusion: It was possible to integrate different professional activities of the first responders with a unique system to record health related information.

Keywords: Information Management Advanced and Integrated Systems, Information Technologies and Communication Projects, Health Information Management.

Introdução

A informação em saúde tem capacidade de ser uma ferramenta integrativa, capaz de reunir facilmente informações clínicas para apoiar a decisão da equipe de saúde, possibilitando aumento da qualidade no atendimento, bem como a organização, armazenamento e disponibilidade dos dados para apoio na tomada de decisão por gestores.

Para que o sucesso possa ser atingido, é fundamental que seja realizada uma tarefa de identificação e documentação das necessidades e propósitos de um software. Essa tarefa, muitas vezes, exige uma compreensão do ambiente onde o software será inserido, considerando as características do negócio, as possíveis modificações futuras e as necessidades reais envolvidas no processo¹.

Mais ainda, no desenvolvimento de softwares específicos há possibilidade de uma maior cobertura de requisitos, facilitando o processo de aquisição e leitura de dados por diversos profissionais em saúde, além de proporcionar diversas análises específicas em nível gerencial. No Brasil, nas últimas décadas, vem se ampliando o interesse em utilizar bancos de dados originados, de forma rotineira, pelos serviços de saúde, como ferramenta na elaboração de políticas de saúde e no planejamento e gestão de serviços de saúde².

Os Sistemas de informação em saúde (SIS) podem ser definidos como um conjunto de componentes interrelacionados que coletam, processam, armazenam e distribuem a informação para apoiar o processo de tomada de decisão e auxiliar no controle das organizações de saúde. Assim, os sistemas de informação em saúde congregam um conjunto de dados, informações e conhecimento utilizados na área de saúde para sustentar o planejamento, o aperfeiçoamento e o processo decisório dos múltiplos profissionais da área da saúde envolvidos no atendimento aos pacientes e usuários do sistema de saúde³.

No entanto, as ferramentas informatizadas de registros em saúde existentes não tem sido capazes de contribuir com todo o potencial conhecido e já explorado por outras áreas de conhecimento. Tais falhas são associadas com aspectos de centralização, fragmentação e ausência de integração entre diversas soluções, o que pode ser percebido no contexto de atendimento pré-hospitalar, ao observar a impossibilidade de acessar dados clínicos coletados no local de atendimento, bem como realizar acompanhamento da evolução do paciente no decorrer da assistência. No atendimento de emergência pré-hospitalar, a rapidez, a disponibilidade de informações e a facilidade de acesso são fatores imprescindíveis⁴. O uso de dispositivos móveis preenche todos estes requisitos.

O registro eletrônico das diferentes informações da equipe multiprofissional, envolvendo médicos, enfermeiros e condutores, é importante para a qualidade de atendimento prestado nas unidades de suporte avançado.

Uma das estratégias de atuação no Sistema Único de Saúde (SUS) para garantir a integralidade do cuidado (um dos seus princípios) é a Multiprofissionalidade, que envolve a reorganização dos serviços de saúde, focada na prática integrada entre as diversas profissões desse setor, visando um atendimento integral e que consiga captar toda a complexidade e integralidade envolvida no processo do cuidado à saúde⁵.

Desta forma fica demonstrado a necessidade de desenvolvimento de um SIS que englobe dados referentes as atividades multiprofissionais, cabendo estudo sobre grupos de informações pertinentes a cada modalidade de profissionais em saúde. O gerenciamento da informação entre paciente e sistemas de saúde, auxiliado por eficientes sistemas de informações computadorizados, faz da tecnologia da informação um poderoso recurso⁶.

Métodos

Para realizar o estudo, foram solicitados modelos de fichas preenchidas atualmente em papel pelas três categorias profissionais, utilizadas como referência para levantamento de funcionalidades, por meio de entrevistas com foco em coleta de requisitos com os profissionais do Serviço de Atendimento Médico de Urgência (SAMU) do município de Ribeirão Preto. Para desenvolvimento da aplicação, foi utilizado a linguagem de programação Java com bibliotecas adicionais para *Android*, uma plataforma para desenvolvimento que inclui sistema operacional, middleware e bibliotecas para controle de funções do dispositivo⁷. O *SQLite*, um banco de dados relacional *open source* e embutido⁸ ao *Android* foi escolhido para armazenamento persistente, bem como a ferramenta com interface gráfica para gerenciamento de banco de dados *Navicat*⁹, utilizada neste estudo para construção do modelo lógico do banco de dados.

Como forma de obter um resultado gradativo, passo a passo, com a participação ativa de profissionais de saúde, foi utilizado o processo de desenvolvimento ágil *Extreme Programming*(XP). A XP é ideal para ser usada em projetos em que os *stakeholders* não sabem exatamente o que desejam e podem mudar muito de opinião durante o desenvolvimento do projeto. Com *feedback* constante, é possível adaptar rapidamente eventuais mudanças nos requisitos¹⁰.

Resultados

A partir do material levantado através de disponibilização de fichas e das entrevistas para o levantamento de requisitos, foi definido um conjunto de informações que abrangem dados a serem preenchidos pela equipe multiprofissional, bem como requisitos que foram implementados para suprir a necessidade dos profissionais em saúde, auxiliando com melhorias sobre como o registro em saúde é realizado através de uma organização de maneira lógica e sequencial para facilitar seu entendimento.

Para o preenchimento de informações que contemplam o registro do atendimento pré-hospitalar do paciente, foram levantadas as seguintes funcionalidades:

- 1- Definição do tipo de atendimento: Casos que envolvem casos de trauma ou não traumáticos;
- 2- Sinais Vitais;
- 3- Procedimentos Realizados;
- 4- Anexos;
- 5- Evento Clínico com Diagnóstico Presuntivo para casos não traumáticos;
- 6- Cenário do Trauma, para casos traumáticos;
- 7- Diagnóstico Presuntivo específicos para casos traumáticos;

O primeiro passo para preenchimento da interface médica é a determinação do tipo de atendimento, podendo ser traumático (Figura 1) ou não traumático (Figura 2).

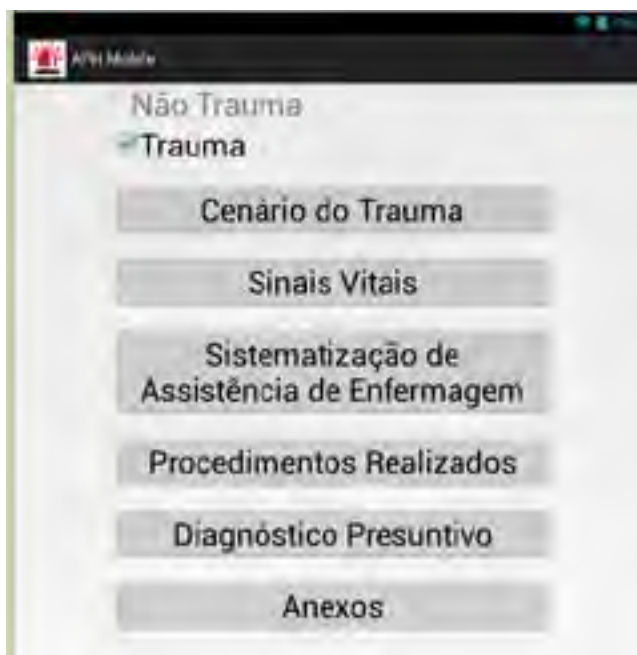


Figura 1: Opções para Trauma.

As opções variam de acordo com a escolha do tipo de atendimento, sendo que ao ser escolhido “Trauma”, são exibidas opções mostradas na figura 1. Da mesma forma, caso seja escolhida a opção “Não Trauma”, são exibidas as opções mostradas na figura 2.



Figura 2: Opções para Não Trauma.

Na figura 3 é demonstrada a interface de Evento Clínico para casos não traumáticos, onde os campos “queixa principal” e “diagnóstico presuntivo” são padronizados com o Código Internacional de Atenção Primária (CIAP2).



Figura 3: Evento Clínico

Para casos Traumáticos temos conjuntos de informações mais detalhadas, adequadas para especificidade de lesões traumáticas, como pode ser observado na figura 4, que ilustra a funcionalidade “Cenário do Trauma”. Da mesma forma, na figura 5 é possível mostrar a implementação específica do “Diagnóstico Presuntivo” para casos traumáticos.

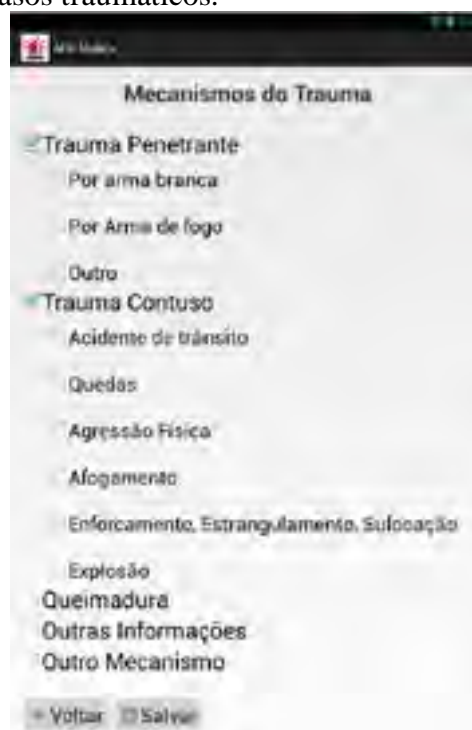


Figura 4: Cenário de Trauma

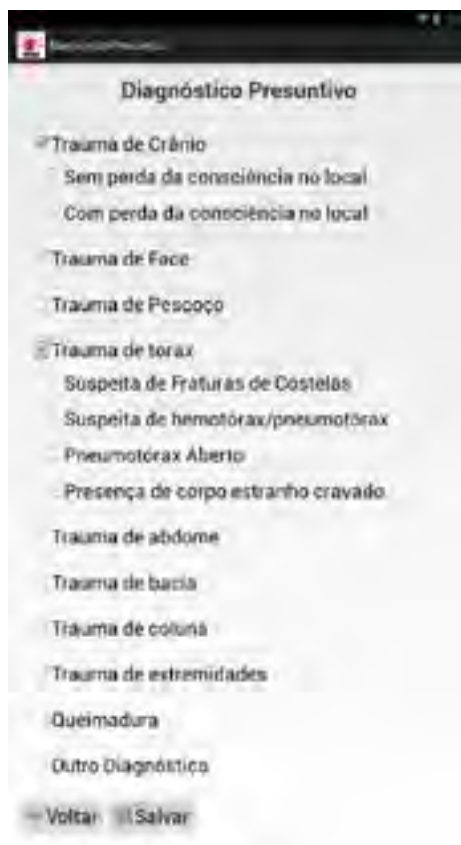


Figura 5: Diagnóstico Presuntivo

De forma análoga, para o registro de enfermagem foi desenvolvida a Sistematização da Assistência de Enfermagem (SAE) informatizada com as seguintes funcionalidades:

- 1-Avaliação de Via Aérea e Coluna Cervical;
- 2-Avaliação da Ventilação;
- 3-Avaliação da Circulação;
- 4-Avaliação neurológica;
- 5-Avaliação da Pelve e Extremidades;
- 6-Avaliação Psicossocial;
- 7-Avaliação Psico-espiritual;
- 8-Diagnóstico de Enfermagem;
- 9-Intervenção de Enfermagem;
- 10-Avaliação das Intervenções;
- 11-Anotações Complementares;
- 12-Medicamentos Administrados;
- 13-Materiais Utilizados;
- 14-Equipamentos;

Os itens de cada avaliação de enfermagem foram divididos em sinais e sintomas, como na figura 6 que mostra a implementação da Avaliação Neurológica.

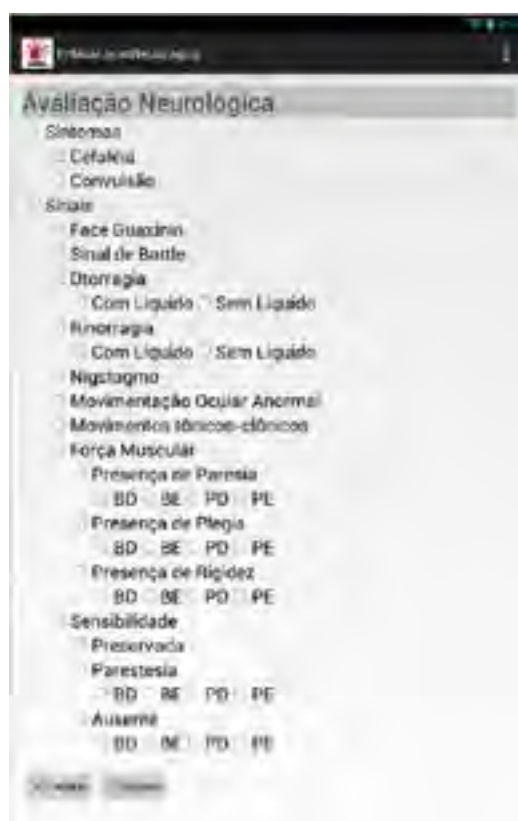


Figura 6: Avaliação Neurológica (SAE)

O SAE informatizado desenvolvido também integra dados referentes a Medicamentos Administrados, Materiais e Equipamentos Utilizados, como demonstram as figuras 7, 8 e 9.



Figura 7: Medicamentos Administrados (SAE)

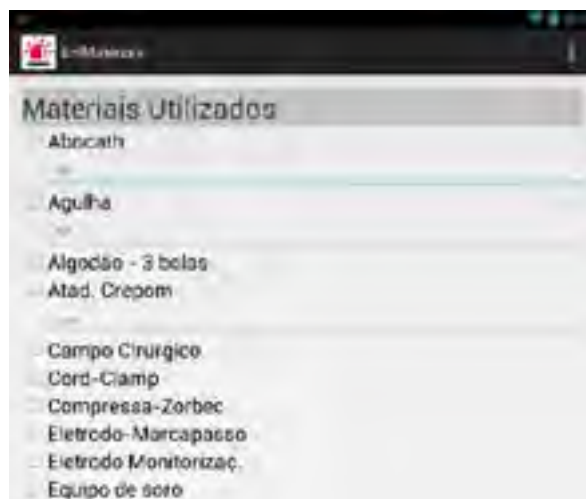


Figura 8: Materiais Utilizados (SAE)

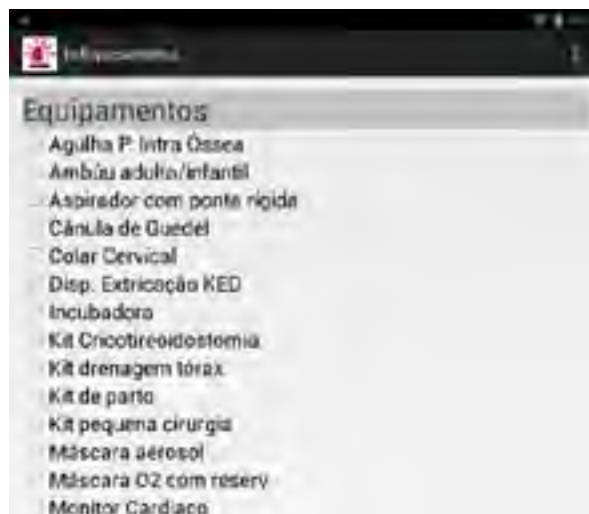


Figura 9: Equipamentos (SAE)

Além de informações relativas ao atendimento, há informações relacionados aos veículos de transporte, anotadas diariamente e de responsabilidade do condutor, tendo as seguintes funcionalidades levantadas:

- 1- Avaliação Sistema Elétrico;
- 2- Avaliação Sistema Mecânico;
- 3- Avaliação Carroceria, Acessórios e Segurança;
- 4- Avaliação de Danos ou Avarias
- 5- Observações;
- 6- Anotações de Quilometragem e Nível de Combustível;

Discussão

No cenário de mobilidade da Unidade de Suporte Avançado, o veículo pode transitar por locais onde a cobertura de dados móveis não esteja disponível, inviabilizando a comunicação do software com o servidor. Esta questão foi resolvida com a implementação de uma arquitetura distribuída de armazenamento persistente.

O processo ocorre de forma local, em banco de dados no próprio dispositivo, não dependendo de conexão com a internet para utilizar o sistema. Assim que o aplicativo detectar uma conexão com a internet, seja ela por rede de dados móveis, ou por WiFi, o sistema é capaz de replicar os dados para um servidor, resultando em persistência das informações.

Para a visualização ou edição, será utilizado um sistema *web*, que possibilitará cada unidade buscar dados médicos dos pacientes, além da funcionalidade de impressão de uma ficha única com as informações preenchidas, pois o sistema não conta com utilização de certificados e assinaturas digitais, não sendo capaz de suprir a necessidade de assinatura dos profissionais de forma digital.

Outra questão importante a ser abordada é a necessidade de definições de um conjunto de informações obrigatórias, impossibilitando o armazenamento sem um preenchimento mínimo do atendimento prestado a fim de inviabilizar o mau uso dos recursos de registro eletrônico de informações médicas. Neste sentido, também deve-se definir um tempo de edição, para evitar alterações indevidas após intervalos de tempo maiores que o permitido.

Com a utilização dos dispositivos móveis, há um acréscimo nas possibilidades e disponibilidade do sistema de registro eletrônico de informações com a independência de acesso a um computador, permitindo aos profissionais de saúde maior agilidade na anotação dos dados clínicos. Uma solução completa carece de um sistema web em fase de desenvolvimento, com término próximo.

Conclusão

Com a finalização do desenvolvimento do *software* proposto, foi possível propor uma transformação no processo de registro de informações multiprofissionais anotadas dos atendimentos, atualmente realizado em formulários impressos e arquivados sem qualquer tipo de armazenamento eletrônico. Outra transformação proposta é a implantação de um conjunto único de dados, sem redundância de informações nos três diferentes seguimentos de profissionais envolvidos no atendimento.

Desta forma, a implantação do software descrito neste estudo realizará uma abertura de novas possibilidades de análise dos dados clínicos, resultando em ganhos assistenciais e gerenciais.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio e financiamento desta pesquisa ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de estudo.

Referências

- [1] Lopes L. Um modelo de processo de engenharia de requisitos para ambientes de desenvolvimento distribuído de software [Dissertação]. Porto Alegre: Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul; 2005.
- [2] Bittencourt S, Camacho L, Leal M. O Sistema de Informação Hospitalar e sua aplicação na saúde coletiva. *Cad Saúde Pública*. 2006;22(1):19-30.
- [3] de Fátima Marin H. Sistemas de informação em saúde: considerações gerais. *Journal of Health Informatics*. 2010;2(1):20-24.
- [4] Stasiu R, Malucelli A, Dias J. Sistema de informação e Comunicação para Atendimento Pré-Hospitalar. VIII Congresso Brasileiro de Informática em Saúde - CBIS'2002. São Paulo: SBIS; 2002. p. 1-5.

- [5] de Souza Salvador A, da Silva Medeiros C, Barreto Cavalcanti P, Nicolau de Carvalho R. CONSTRUINDO A MULTIPROFISSIONALIDADE: UM OLHAR SOBRE A RESIDÊNCIA MULTIPROFISSIONAL EM SAÚDE DA FAMÍLIA E COMUNIDADE. Revista Brasileira de Ciências da Saúde. 2011;15(3):329-338.
- [6] Gonçalves Oliveira C, Adriana Alves Leite de Barros K, Gonçalves de Oliveira A. Construção de um protótipo de software para apoio à Sistematização da Assistência de Enfermagem, utilizando a engenharia de software e usabilidade. Journal of health informatics. 2010;2(1):1-6.
- [7] Meier R. Professional Android 4 application development. Indianapolis: Wiley/Wrox; 2012.
- [8] Allen G, Owens M, Owens M. The definitive guide to SQLite. New York: Apress; 2010.
- [9] Ozar G. MySQL management and administration with Navicat. Packt Publishing Limited; 2012.
- [10] dos Santos Soares M. Comparação entre metodologias Ágeis e tradicionais para o desenvolvimento de software. INFOCOMP Journal of Computer Science. 2004;3(2):8-13.

Contato

Filipe Andrade Bernardi, Avenida
Bandeirantes Av. Bandeirantes, 3900 - Monte
Alegre - CEP: 14049-900 Ribeirão Preto/
SP, Telefone: +55 16 997880795, E-mail:
filipepaulista12@usp.br

IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA DE SUPORTE A DECISÃO CLÍNICA E ANÁLISE DE DADOS EM PACIENTES COM HIPOGLICEMIA

CLINICAL DECISION-SUPPORT SYSTEM IMPLEMENTATION AND DATA ANALYSIS IN PATIENTS WITH HYPOGLYCEMIA

IMPLANTACIÓN DEL SISTEMA DE APOYO A LA TOMA DE DECISIONES Y ANÁLISIS DE LOS DATOS EN PACIENTES CON HIPOGLUCEMIA

Gleicy Elaine de Oliveira¹, Cibele Ribeiro Melo³, Erika Bezerra Parente⁴, Mirna Namie Okamura⁵,
Beatriz Faria Leão²

^{1, 2, 3, 5}Tecnologia da Informação/Hospital Sírio Libanês, São Paulo, Brasil.

⁴Núcleo de Diabetes/Hospital Sírio Libanês, São Paulo, Brasil.

Resumo: Foi desenvolvido no Hospital Sírio Libanês um sistema de apoio à decisão de condutas nas linguagens de programação JAVA e Delphi. Foi implantado no sistema um protocolo para tratamento de hipoglicemia que após o diagnóstico através da glicemia capilar e inserção do dado no sistema, inicia-se um processo que finaliza em uma conduta. O objetivo deste estudo foi descrever o processo de implantação deste sistema, além de analisar os dados demográficos das hipoglicemias. É um estudo observacional, transversal, retrospectivo. Os dados foram coletados de 01/2014 a 12/2015. 635 episódios de hipoglicemia foram avaliados. 87,1% das 635 hipoglicemias foram leves (50 a 60mg/dL). A unidade de internação oncológica mostrou a menor prevalência de hipoglicemias (17,8%), enquanto internações prolongadas entre 16 e 30 dias mostraram maior prevalência (21,6%). As hipoglicemias também foram mais comuns em homens acima de 45 anos e em mulheres entre 15 e 44 anos.

Palavras-chave: Hipoglicemia, Informática em saúde, Árvores de Decisões, Apoio a decisão, Informática Médica.

Abstract: A decision support system was developed at Sírio Libanês Hospital using the programming languages JAVA and Delphi. A hypoglycemic protocol was inserted in the system to test the support to clinical decision. After a hypoglycemia diagnosis using the capillary glucose test, the data was inserted in the system and a process was generated with some steps that finished with an intervention procedure. The objective of this study was to describe the system implementation process and to analyze demographic characteristics of hypoglycemic episodes. This is an observational, cross-sectional, retrospective study. The data was from January 2014 to December 2015. 635 hypoglycemic episodes were included in this analysis. 87.1% hypoglycemic episodes were mild. Oncology unit was the one with lower prevalence (17.8%), while a longer stay at the hospital (16 to 30 days) had a high prevalence (21.6%). Hypoglycemic episodes were more common in men over 45 years old and among women between 15 and 44 years old.

Keywords: Hypoglycemia, Medical Informatics Applications, Decision Trees, Decision Support, Medical Informatics.

Resumen: Un sistema de soporte a la decisión clínica, basado en el lenguaje de programación Java y Delphi, fue desarrollado en el Hospital Sírio Libanés. A este sistema, se implementó un nuevo protocolo para el tratamiento de la hipoglucemia. Tan pronto la enfermedad sea diagnosticada, a través de la evaluación de la glucemia capilar, la información es incluida en el sistema, y se empieza un proceso que determina la conducta clínica. Este estudio observacional, transversal y retrospectivo, tuvo como objetivos centrales la descripción del proceso para implementación del sistema, y análisis de los datos demográficos de la hipoglucemia. Los datos fueron recolectados de enero de 2014 a diciembre de 2015. Se evaluaron 635 casos de hipoglucemia, de los cuales, 87,1% fueran clasificados como de grado

leve. La prevalencia de hipoglucemia fue menor en la unidad de asistencia oncológica (17,8%), y mayor (21,6%) en los pacientes con internación más prolongada (16 y 30 días). Los casos de hipoglucemia fueran más frecuentes en hombres con edad a partir de 45 años, y mujeres en la edad reproductiva (15 a 44 años).

Palabras clave: hipoglucemia, Informática de la Salud, árboles de decisiones, que apoyan la decisión, Informática Médica

Introdução

Diabete melito é uma patologia caracterizada pela elevação constante de glicose (açúcar) no sangue¹. Segundo a Sociedade Brasileira de Diabetes, uma epidemia está em curso no mundo, atingindo cerca de 387 milhões de pessoas, devendo chegar a 471 milhões no ano de 2035. No Brasil, existem aproximadamente 14 milhões de pessoas acometidas pela doença^{2,3}.

A hipoglicemia é um distúrbio provocado pela baixa concentração de glicose no sangue e pode acometer pacientes com diabetes ou não. No hospital, o uso de insulina para controlar a glicemia dos pacientes é a principal causa de hipoglicemia. É a emergência médica endocrinológica mais frequente. O tratamento é simples e deve ser feito rapidamente para evitar sequelas nos pacientes⁴.

Visando assegurar um tratamento ágil e uniforme, a Sociedade Beneficente de Senhoras Hospital Sírio Libanês criou uma comissão científica multiprofissional que desenvolveu um projeto de informatização das condutas em glicemias intra-hospitalares. Este projeto foi construído em um ano e três meses, a implantação iniciou em agosto de 2013, com treinamento *in loco* do *software* e do conhecimento clínico pela equipe multiprofissional de implantação da Tecnologia da Informação, equipe dos protocolos clínicos e os enfermeiros especialistas em diabetes. Atualmente, o protocolo está implantado em todas as unidades de internação, exceto UTI's e unidades pediátricas⁴.

O *Software* compreende os pacientes com hipoglicemia através do resultado do exame de glicemia capilar realizado pelo profissional de enfermagem a beira leito, orientado pela prescrição médica. É considerado que o paciente apresenta hipoglicemia sempre que glicemia capilar estiver abaixo de 70 mg/dl. A hipoglicemia é considerada grave quando a medida estiver abaixo de 50mg/dl e/ou quando houver perda de consciência do paciente. Alguns autores definem hipoglicemia grave abaixo de 40 mg/dl, mas a instituição preconizou 50mg/dl com objetivo de evitar morbimortalidade por hipoglicemia⁴.

O processo tem início na prescrição do controle de glicemia, passa pela realização da coleta do exame e chega até a administração do medicamento. Existem controles e direcionamento pelo sistema através da leitura do código de barras de identificação do medicamento, do paciente e do profissional executante, permitindo assim segurança, assertividade e posteriormente a análise dos dados clínicos coletados para orientação das melhores práticas⁴.

Objetivos

- Primário: descrever o processo de implantação do sistema de apoio à decisão clínica usando o protocolo de tratamento de hipoglicemia.
- Secundário: analisar os dados demográficos das hipoglicemias de acordo com a gravidade, unidades de internação, sexo e idade dos pacientes além do tempo de permanência hospitalar.

Métodos

O projeto faz parte do prontuário eletrônico do Hospital Sírio Libanês que foi desenvolvido no ERP específico da área hospitalar, Philips/TASY - nas linguagens Delphi e Java. Para elicitação de requisitos foram utilizadas as melhores práticas baseadas no guia *BABOK (Business Analysis Body of Knowledge)* e utilizada metodologia própria de especificação sistêmica adaptada dos modelos do RUP (*Rational Unified Process*)^{5,6}.

Trata-se de um estudo observacional, transversal, retrospectivo, realizado na Sociedade Beneficente de Senhoras Hospital Sírio Libanês. A fonte foi o prontuário eletrônico, com as informações coletadas de alerta do Protocolo de Hipoglicemia e características dos pacientes. Foram selecionados inicialmente 1631 episódios de hipoglicemia registradas no banco de dados. O período do estudo foi de janeiro de 2014 a dezembro de 2015. A amostra foi constituída por pacientes que tiveram episódio de hipoglicemia nas Unidades de internação (geral e oncológica) e semicríticas. Foram excluídos da amostra as Unidades de Terapia Intensiva, Unidades Ambulatoriais e Pediatria totalizando 1215 episódios. Foram também retirados desta amostra os que tiveram a conduta suspensa, totalizando 928 episódios. Foram ainda retirados os episódios sem data de administração da conduta sugerida, resultando em 635 episódios que serão abordados neste trabalho.

Resultados

Descrição da Implantação do processo

O processo inicia-se na prescrição do controle de glicemia, passando pela realização da coleta do exame e chega até a administração do medicamento.

Todas as prescrições de controle de glicemia realizadas no Hospital Sírio Libanês geram uma sugestão para o uso do Protocolo de Hipoglicemia. O médico pode desativar o protocolo, caso não concorde com a sugestão. A equipe de enfermagem verifica a glicemia capilar a beira leito e informa o resultado em um *Personal Digital Assistant (PDA)* - dispositivo móvel com grande capacidade para execução de tarefas que requerem mobilidade), e assim o algoritmo é acionado (Figura 1).

Para a definição do tipo de terapia, o fator principal a ser considerado é a capacidade do paciente de ingerir a solução de glicose – dependendo do seu nível de consciência – e de estar, ou não, com prescrição médica de jejum.

Todo o processo possui controle por leitura de código de barras, assegurando que a coleta do exame e a administração do medicamento sejam realizadas corretamente. Durante a execução das etapas anteriores o sistema gera de forma automática uma mensagem para o suprimento do estoque da unidade pela farmácia, bem como a ordem de manipulação para o preparo do medicamento no posto de enfermagem (Figura 2). Estes processos visam identificação imediata para que o paciente não demore a receber a medicação, permitindo posteriormente a análise das informações para direcionamento da terapêutica e análise da eficácia do protocolo.

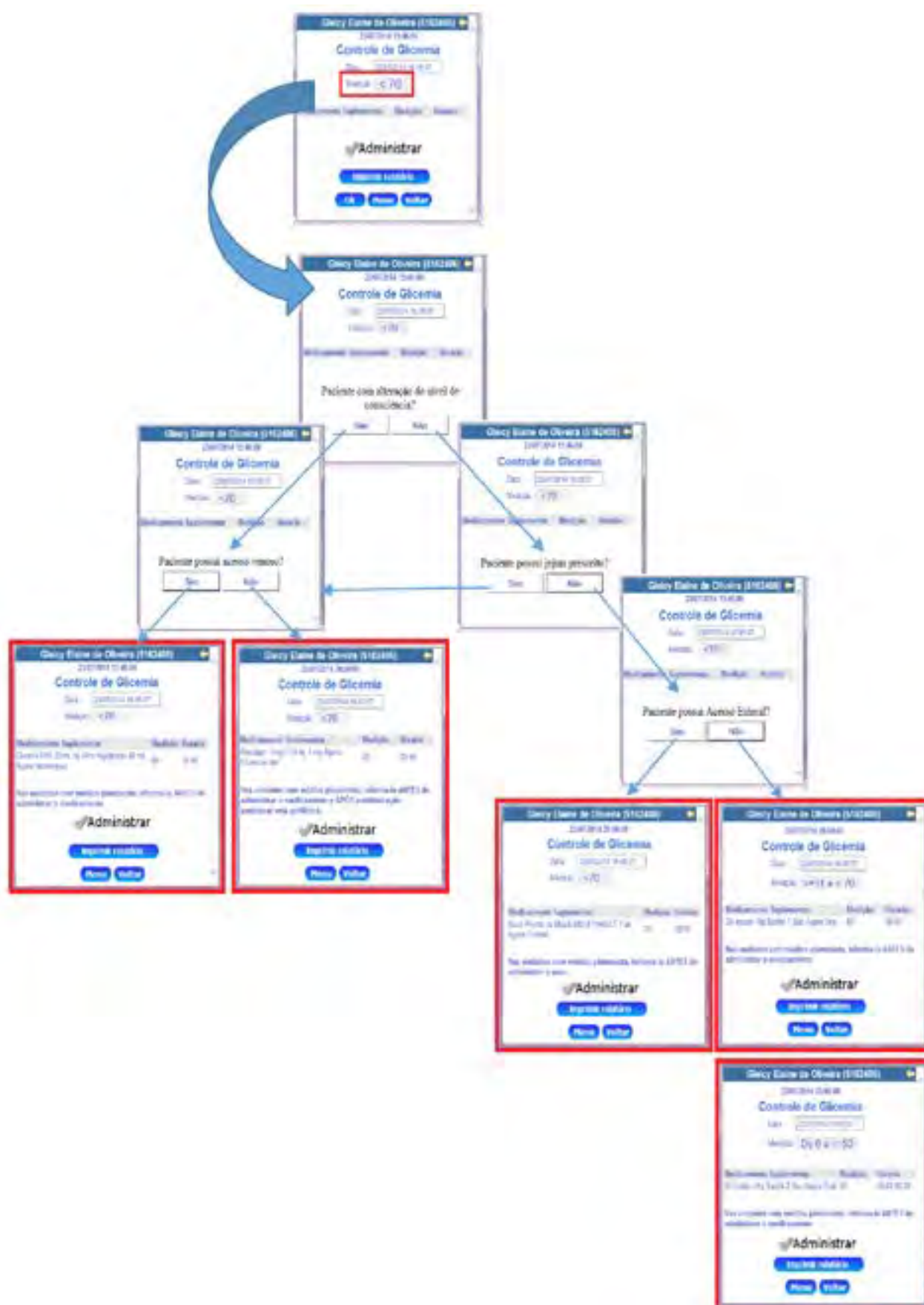


Figura 1 - Fluxos do Protocolo de Hipoglicemia



Figura 2 - Processo de Intervenção do episódio de hipoglicemia

Dados demográficos dos episódios de hipoglicemia

Foram avaliados os pacientes das unidades de internação, unidades especializadas no tratamento oncológico e Semi Intensivas. Os eventos, na sua maioria (87,1%), foram de hipoglicemia leve e a unidade de menor prevalência (17,8%) foi a de internação oncológica (Tabela 1)

Tabela 1 - Distribuição dos eventos de hipoglicemias por setor de atendimento. HSL, 2014 e 2015

Setor	Hipo leve eventos	Hipo grave Eventos	Total de eventos	% do total
Semi	141	30	171	26,9%
Unidade de Internação	303	48	351	55,3%
Unidade de Internação onco	109	4	113	17,8%
Total	553	82	635	100%
	87,1%	12,9%		

Os 635 episódios avaliados ocorreram em 384 pacientes. Houve maior número de hipoglicemias quando o tempo de permanência hospitalar foi de 16 a 30 dias, diminuindo consideravelmente em internações acima de 30 dias (Tabela 2).

Tabela 2 -Distribuição dos eventos de hipoglicemias por tempo de permanência e tipo de saída. HSL, 2014 e 2015

Tempo de permanência	Alta	Óbito	Total	%
≤ 1	44		44	11,5%
2 a 3	61		61	15,9%
4 a 7	71		71	18,5%
8 a 15	74	6	80	20,8%
16 a 30	77	6	83	21,6%
> 30	39	6	45	11,7%
Total	366	18	384	100,0%
	<i>95,3%</i>	<i>4,7%</i>	<i>100,0%</i>	

Dos pacientes avaliados, 53,6% eram do sexo masculino e 46,4% do sexo feminino. Na população acima de 45 anos, a hipoglicemia foi mais frequente nos homens, enquanto na população de 15 a 44 anos, ocorreu mais em mulheres. (Figura 3)

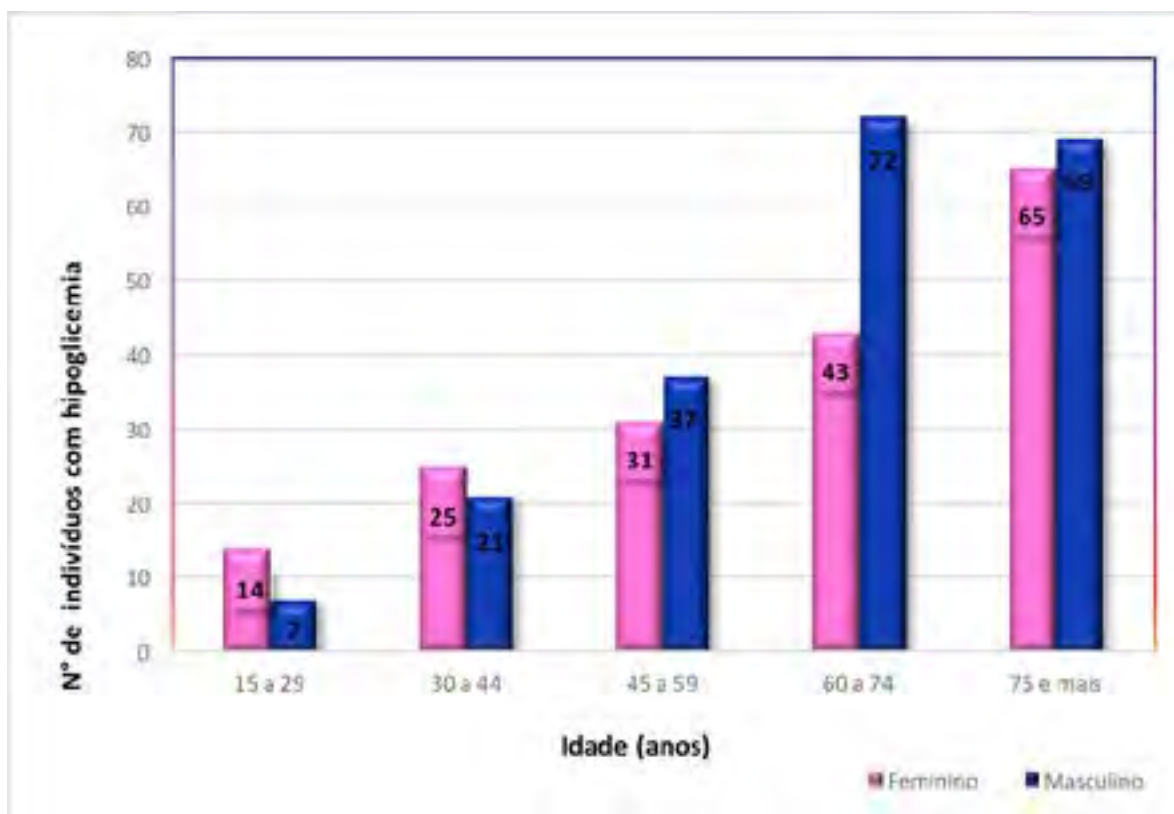


Figura 3 - Prevalência de hipoglicemias por sexo e idade

Conclusão

A junção do conhecimento clínico e da informática foram fatores críticos para o sucesso do *software* e sua implantação. Essa união foi capaz de deflagrar um protocolo em um dispositivo eletrônico, ajudando no cuidado do paciente.

A análise dos dados gerados permitiu identificação da necessidade de ações nas unidades de internação onde houve maior número de hipoglicemias, assim como identificar populações de risco (homens acima de 45 anos, mulheres entre 15 e 44 anos, pacientes entre 16 e 30 dias de internação) para medidas de prevenção de hipoglicemia. Para estudo das melhores práticas e intervenção junto às populações de risco, os dados coletados compõem ferramentas de gerenciamento de informação encaminhados para a equipe clínica responsável pelo Protocolo de Glicemia Intra-Hospitalar que dará continuidade nas avaliações e na construção, se necessário, de planos de ação.

Cada profissional assistencial consegue interagir diretamente no tratamento através dos processos automatizados, além de uniformizar a assistência do paciente.

Agradecimentos

Agradecemos a toda comissão científica e executiva do protocolo de controle glicêmico intra-hospitalar que permitiram, ao compartilhar seus conhecimentos, que este projeto pudesse ser realizado. Em especial ao Dr. Jorge Mattar Jr., a Dra. Denise Iezzi, a Dra. Christiane Nóbrega Sobral (*in memoriam*) e ao Dr. José Antonio Miguel Marcondes. Também agradecemos a Sup. Margareth Ortiz Camargo e Ger. Grace Regiane de Almeida e Dr. Vladimir Ribeiro Pizzo por apoiar e subsidiar a construção deste trabalho.

Referências

- [1] *American Diabetes Association*, disponível em <http://www.diabetes.org/es/informacion-basica-de-la-diabetes/?loc=db-es-slabnav>, Acesso em 24 jun.2016.
- [2] Netto AP. Diabetes no Brasil: Podemos melhorar o atendimento. Sociedade Brasileira de Diabetes, disponível em <http://www.diabetes.org.br/artigos-sobre-diabetes/1320-diabetes-no-brasil-podemos-melhorar-o-atendimento>, Acesso em 01 jul.2016.
- [3] Diretrizes da Sociedade Brasileira de Diabetes (2015-2016), disponível em <http://www.diabetes.org.br/sbdonline/images/docs/DIRETRIZES-SBD-2015-2016.pdf>, Acesso em 02 jun.2016.
- [4] Protocolo de Controle Glicêmico Intra-Hospitalar, Hospital Sírio Libanês (2013-2014), disponível em <https://www.hospitalsiriolibanes.org.br/institucional/gestao-da-qualidade/Documents/protocolo-controle-glicemico.pdf>, Acesso em 01 jun.2016.
- [5] *BABOK-A Guide to the business analysis body of knowledge V3* (2013-2014), disponível em <http://www.babokonline.org>, Acesso em 04 jul.2016.
- [6] Amaral PG, Oliveira GE, Alves RG, Siqueira SRC. Equipe de enfermeiras nos processos de implantação e treinamento da tecnologia da informação: experiência do Hospital Sírio Libanês. Artigo apresentado em formato de pôster no CBIS2010 - XII Congresso Brasileiro de Informática em Saúde.
- [7] Melo CR, Oliveira GE, Almeida GR, Gonçalves PB. Administração de medicamentos utilizando a mobilidade do Personal Digital Assistant. In: XIII Congresso Brasileiro de Informática em Saúde; 2012 out. Paraná, BR. Curitiba: CBIS; 2012.

Contatos

Beatriz Faria Leão

Médica, Informática Clínica/ Doutora em
Medicina, Pós Doutorado em Informática em
Saúde –Universidade Rotterdam
bfleao@gmail.com

Cibele Ribeiro Melo

Analista de Negócios
Administradora Sistemas Informação/Pós
graduada em Gestão de Projetos
cibeleserer@gmail.com

Erika Bezerra Parente

Médica Endocrinologista, doutora pela
FMUSP, membro do núcleo de Diabetes do
Hospital Sírio Libanês
ebparente@gmail.br

Gleicy Elaine de Oliveira

Enfermeira/ Analista de negócios, especialista
em Informática em saúde pela Universidade
Federal de São Paulo.
gleicyelainedeoliveira@yahoo.com.br

Mirna Namie Okamura

Enfermeira
Mestre em Epidemiologia pela Faculdade de
Saúde Pública - USP
mirnaok@gmail.com

UM SISTEMA CONEXIONISTA DE APOIO A DECISÃO PARA TRIAGEM DE PACIENTES EM UNIDADES BÁSICAS DE SAÚDE

Anderson Palácio de Queiroz (Universidade Estadual do Ceará - Brazil),
Necio Veras (Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - Brazil),
Gustavo Campos (Universidade Estadual do Ceará - Brazil)

Abstract: *The non-prioritization of clinical cases by basic health unit teams is a problem that restricts people's access to services. This difficulty arises from the excessive number of people under the responsibility of the teams, which is often higher than its service capacity, creating a great competition and an overcrowding of the posts. In this context, the objective of this paper is to present a decision support system, based on artificial neural networks, which perform triage of patients from their health complaints, making possible to identify the different risk gradations, directing prioritized cases to the appropriate health professionals.*

Resumo: A não priorização dos casos clínicos pelas equipes das unidades básicas de saúde é um problema que restringe o acesso da população aos serviços. Essa dificuldade surge a partir do número excessivo de pessoas sob a responsabilidade das equipes, que muitas vezes é superior à sua própria capacidade de atendimento, gerando uma grande concorrência e a superlotação dos postos. Nesse contexto, o objetivo deste trabalho é apresentar um sistema de apoio a decisão, baseado em redes neurais artificiais, que realize triagens de pacientes a partir de suas queixas de saúde, possibilitando identificar as diferentes gradações de risco, direcionando os casos priorizados para os profissionais de saúde adequados.

1. Introdução

A triagem (ou classificação) de pacientes é um processo complexo que envolve múltiplos atores, como profissionais, pacientes, familiares, órgãos municipais, estaduais e federais da área da saúde. Consiste na etapa inicial do atendimento ao paciente e determina o tempo máximo que este poderá aguardar pelo atendimento médico sem que esta espera cause prejuízos a sua saúde⁶.

Em uma Unidade Básica de Saúde (UBS) é preciso tratar cada indivíduo de acordo com sua necessidade, evitando diferenciações injustas. Para isso, é importante manter uma estratégia que garanta o acesso justo ao serviço frente às filas, distribuição de senhas e atendimentos agrupados por ordem crescente em relação à chegada dos usuários à UBS. Uma estratégia fundamental para garantir um acesso eficiente deve considerar a adoção da avaliação de riscos, identificando diferentes gradações e/ou situações de urgência para, a partir disso, realizar as devidas priorizações. É relativamente fácil identificar sinais de riscos mais evidentes, como um paciente com dificuldade de respirar ou mesmo um idoso com dor no peito, no entanto, nem sempre o risco é facilmente reconhecível, variando de acordo com o modo de manifestação da doença entre os pacientes.

Por isso, a avaliação de riscos não somente indica o tipo de intervenção necessária, mas também o momento que o atendimento deve ocorrer. Na atenção básica à saúde, diferentemente de uma emergência hospitalar, a intervenção imediata só se faz necessária em situações de alto risco, no entanto, é necessário priorizar o atendimento de alguns casos, sob a pena de manter uma pessoa em sofrimento por tempo prolongado¹.

A classificação geral dos casos de demanda em uma UBS ocorrem de duas formas: situação não-aguda e situação aguda ou crônica agudizada². A situação não aguda diz respeito a casos menos graves

nos quais a intervenção pode ser remarcada para um outro momento. Já a situação aguda ou crônica agudizada é subdividida em três outras classes: (1) atendimento imediato (alto risco), (2) atendimento prioritário (risco moderado) ou (3) atendimento no dia (risco baixo ou ausência de risco)^{1,2}.

O presente artigo objetiva apresentar um sistema de apoio a decisão que correlacione, de modo automático, as queixas de saúde dos pacientes para três doenças específicas, comuns em unidades básicas de saúde, com a avaliação adequada de riscos. O sistema, baseado em Redes Neurais Artificiais (sistema conexcionista), reconhece padrões que o habilita a realizar triagens de pacientes a partir de uma base de dados de queixas de saúde, fornecida por profissionais atuantes na atenção básica de um município brasileiro. Portanto, o processo objetiva possibilitar a identificação de diferentes gradações de riscos visando direcionar os casos prioritizados para as intervenções adequadas.

2. Métodos

Na presente pesquisa foi utilizada uma abordagem dividida em três fases como forma de explicitar o modelo da solução para o problema da triagem de pacientes: (a) Extração de atributos, (b) Otimização paramétrica e (c) Classificação. Durante a preparação dos dados, ocorreu a normalização e extração de atributos e, em seguida, a fase de otimização dos parâmetros internos das redes, ocorrendo de forma anterior à etapa de classificação.

A fase inicial, de Extração de atributos, foi necessária para remover as informações redundantes ou irrelevantes para o processo de classificação, além de aumentar a acurácia e o desempenho do classificador. A entrada desta etapa é, normalmente, um conjunto de dados brutos e as saídas são os dados com dimensionalidade reduzida^{5,4}, contendo os atributos que carregam a maior parte da informação relevante, mantendo assim, o máximo poder discriminativo do conjunto. Com a fase de Otimização, buscou-se minimizar a combinação do erro global de treinamento e do erro de generalização, identificando os melhores parâmetros e topologias da rede através da meta-heurística de *Genetic Algorithm* (GA). A partir da redução de dimensionalidade dos dados e da identificação das melhores redes, a probabilidade de melhorar o desempenho da classificação é significativamente maior^{4,5}. A dinâmica do funcionamento da abordagem utilizada nesta pesquisa é ilustrada na Figura 1.

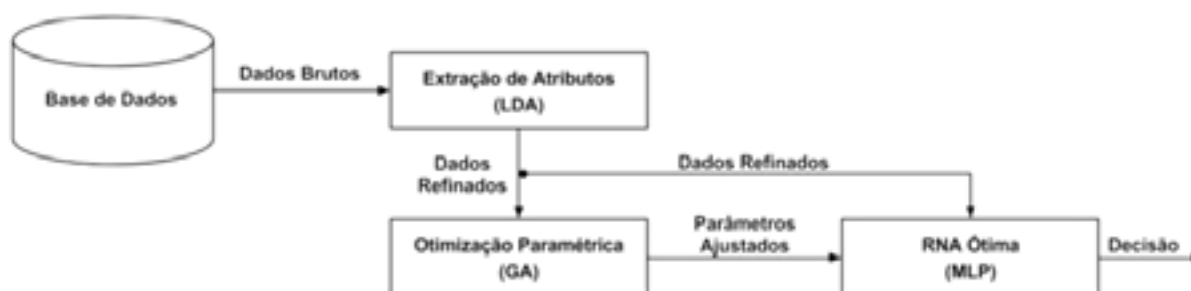


Figura 1: Dinâmica da abordagem proposta. Fonte: Primária.

Feita a extração de atributos, iniciou-se a fase de otimização paramétrica, que correspondeu ao treinamento das redes, onde o GA recebeu como entrada os dados refinados e, para cada iteração, gerou-se uma população de 50 cromossomos. Para cada solução paramétrica é instanciada uma rede MLP (*Multilayer Perceptron*) capaz de ser executada durante 100 (cem) épocas de treinamento. A melhor solução é então avaliada através da validação cruzada de *k-partições* e o seu desempenho analisado. Por tanto, a rede neural escolhida para a fase de classificação desta pesquisa é do tipo multicamadas (MLP).

Basicamente, a rede utilizou dados redimensionados e agrupados pela Análise Discriminante Linear (LDA) de forma a generalizar e aprender a classificar os casos clínicos de três doenças comuns

em postos de saúde². A saída do modelo neural supervisionado generalizou casos de teste corretamente entre os tipos possíveis de situações agudas, ilustradas na Figura 2, encaminhando os pacientes para os procedimentos de saúde adequados.

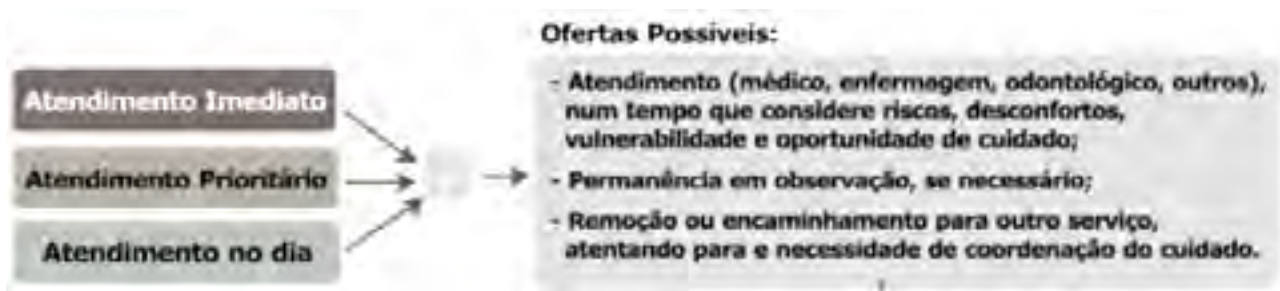


Figura 2: Estratificação de risco para situações agudas².

É importante acrescentar que o modelo neural MLP foi escolhido devido sua ampla utilização, simplicidade e estabilidade, sendo aplicado, principalmente, em classificação, análise e interpolação de dados, o que o torna particularmente adequado para a modelagem de processos em geral^{4,5}.

2.1 Preparação dos dados

Os dados utilizados nesta pesquisa foram relativos a queixas comuns em postos de saúde coletados por uma equipe de enfermeiros que trabalham em diferentes Unidades Básicas de Saúde de um município brasileiro. Especificamente, considerou-se casos clínicos de três patologias: cefaleia, diabetes e diarreia. Os casos foram apresentados ao processo de triagem conexcionista de forma aleatória, simulando, assim, o acolhimento à demanda espontânea na atenção básica. Para tanto, foram coletados 81 casos clínicos de cefaleia, distribuídos conforme ilustrado na Tabela 1.

Tabela 1: Quantidade de casos de cefaleia por classe de risco.

Classes	Quantidade de casos
Atendimento não urgente	14
Atendimento no dia	19
Atendimento prioritário	30
Atendimento imediato	18

Além disso, foram coletados mais 83 casos clínicos de diabetes divididas em quatro classes em conformidade com a estratificação de riscos¹. Na Tabela 2 é possível perceber a distribuição dos casos para diabetes.

Tabela 2: Quantidade de casos de diabetes por classe de risco.

Classes	Quantidade de casos
Atendimento não urgente	11
Atendimento no dia	16
Atendimento prioritário	31
Atendimento imediato	25

Finalmente, a Tabela 3 mostra a distribuição por classe de estratificação de risco de 82 casos clínicos para diarreia e vômito, igualmente coletados pela pesquisa.

Tabela 3: Quantidade de casos de diarreia e/ou vômito por classe.

Classes	Quantidade de casos
Atendimento não urgente	11
Atendimento no dia	25
Atendimento prioritário	28
Atendimento imediato	18

Sabe-se que a aquisição e construção da base de conhecimento de um sistema reconhecedor de padrões com o auxílio de especialistas é uma tarefa que exige um considerável tempo para ser executada. Por essa razão, a base de conhecimento extraída para esta pesquisa contém uma quantidade relativamente baixa de exemplos de treinamento e teste, porém suficientes para a geração de dados de forma a permitir que conclusões sejam elencadas. Observa-se também que as três bases possuem uma dimensionalidade elevada, o que pode, na prática, degradar o desempenho da classificação. Quando se dispõe de um conjunto de treinamento limitado, deve-se selecionar apenas um pequeno número de atributos relevantes³. Para tanto, foi realizado o pré-processamento (normalização e redução de dimensionalidade) dos dados de entrada antes do início do processo de classificação.

A normalização correspondeu à ajustes nos dados, garantindo que todas as amostras estivessem em uma mesma escala, viabilizando a entrada dos dados e um treinamento eficaz pela rede neural. Uma técnica comum para isso é escalar as entradas em média zero e variância um, também conhecida em estatística por normalização *z-score*. Com o intuito de reduzir as dimensões do vetor de características obtido a partir das três bases coletadas, utilizou-se a Análise Discriminante Linear (LDA). Com isso, objetivou-se preservar o máximo possível a informação discriminatória das classes durante a redução da dimensionalidade dos dados.

Além de reduzir o custo operacional e simplificar o problema, o LDA fez com que os padrões de uma mesma classe permanecessem agrupados o mais densamente possível e os agrupamentos de classes distintas estivessem o mais separados possível. Com isso, além da extração de atributos, o LDA também realizou a clusterização das amostras, facilitando ainda mais o processo de discriminação do classificador.

2.2 Modelagem da Rede MLP

Nesta fase objetivou-se aplicar técnicas e algoritmos para melhorar a classificação dos dados. Durante o treinamento e teste da fase de modelagem das redes *Multilayer Perceptron*, utilizou-se os conjuntos de dados transformados a partir da fase de extração de atributos divididos em dois subconjuntos, conforme demonstrado na Tabela 4.

Tabela 4: Amostras de treinamento e teste para modelagem das redes MLP.

Subconjunto	Quantidade
Treinamento	162
Teste	81

O subconjunto de treinamento foi usado essencialmente no processo de aprendizado da rede, sintonizando os pesos e limiares de seus neurônios. Já o subconjunto de teste foi utilizado para verificar a generalização de soluções a partir de dados de entrada não apresentados no treinamento, possibilitando assim a validação da topologia assumida.

2.3 Evolução dos parâmetros para a Rede

Inicialmente foi necessário encontrar topologias de redes MLP capazes de exprimir a variância dos três conjuntos de dados e, para tanto, aplicou-se uma sistemática baseada

em computação evolutiva por meio de Algoritmo Genético para encontrar topologias ótimas para as redes de forma a discriminar apropriadamente os dados.

O Algoritmo Genético buscou evoluir os seguintes parâmetros internos das redes: (1) A Taxa de Aprendizagem (η); (2) O Termo *Momentum* (α); (3) A função de Ativação (g); (4) O número de camadas ocultas e (5) o número de neurônios contidos em cada camada oculta. Esses parâmetros foram codificados em sequências binárias de até 21 bits. A Tabela 5 exemplifica uma possível combinação para os parâmetros encontrados pelo GA.

Tabela 5: Exemplo de uma possível solução.

Representação	g(.)	h	a	1º camada	2º camada
Binária	1	011010	1010	10100	11011
Decimal	1	0,40625	0,625	20	27

Para a pesquisa utilizou-se duas possíveis funções para a Função de Ativação do Algoritmo Genético: sigmoide e tangente hiperbólica. Sobre o número de camadas ocultas, limitou-se a uma ou duas camadas e, quanto ao número de neurônios à 32 neurônios por camada. Após a codificação de cada solução candidata em uma topologia de rede, passou-se para a etapa de treinamento e, em seguida, a rede foi submetida ao conjunto de teste para verificação de capacidade de generalização. Dessa forma, foi possível analisar a capacidade da rede de prever padrões de saída desconhecidos. Finalmente, um valor é atribuído para a solução gerada de acordo com a função objetivo, construindo assim, uma nova solução.

2.4 Função Objetivo

A função objetivo utilizada pelo GA consistiu na combinação de dois critérios de erro e pode ser expressa conforme a Equação 1:

$$f = \frac{P_1 \times E_{\text{train}} + P_2 \times E_{\text{gen}}}{P_1 + P_2}, \text{ onde:} \quad (1)$$

E_{train} e E_{gen} são os erros de treinamento e generalização, respectivamente; e P_1 e P_2 são fatores de ajuste.

Os fatores P_1 e P_2 foram utilizados para ponderar o grau de importância atribuído aos erros, os quais $P_1, P_2 > 0$ e $P_1, P_2 \in \mathbb{R}$.

2.5 Topologias para a Redes MLP

A aplicação do Algoritmo Genético resultou em topologias de redes e parâmetros internos diferentes para cada conjunto de dados e as soluções encontradas pelo algoritmo foram consideradas boas, mesmo não tendo certeza de que são soluções ótimas (as melhores dentro do universo das soluções possíveis).

As Tabelas 6, 7 e 8 apresentam os cinco melhores resultados obtidos para a execução do algoritmo nas bases cefaleia, diabetes e diarreia ou vômito, respectivamente.

Tabela 6: Melhores parâmetros e topologias para a base da cefaleia.

Topologia	h	a	g(.)	Etrain	Egen
04 x 17 x 0 x 04	0,44	0,75	Sigmoide	0,059	0,088
04 x 26 x 0 x 04	0,53	0,69	Sigmoide	0,062	0,097
04 x 03 x 0 x 04	0,55	0,25	Sigmoide	0,086	0,063
04 x 14 x 0 x 04	0,45	0,12	Sigmoide	0,089	0,095
04 x 07 x 0 x 04	0,75	0,062	Sigmoide	0,091	0,081

Tabela 7: Melhores parâmetros e topologias para a base da diabetes.

Topologia	h	a	g(.)	Etrain	Egen
04 x 10 x 0 x 04	0,73	0,38	Sigmoide	0,075	0,046
04 x 22 x 0 x 04	0,58	0,5	Sigmoide	0,086	0,036
04 x 09 x 0 x 04	0,58	0,25	Sigmoide	0,089	0,053
04 x 17 x 0 x 04	0,58	0,69	Sigmoide	0,089	0,08
04 x 19 x 0 x 04	0,58	0,25	Sigmoide	0,093	0,055

Tabela 8: Melhores parâmetros e topologias para a base da diarreia e/ou vômito.

Topologia	h	a	g(.)	Etrain	Egen
04 x 14 x 0 x 04	0,17	0,81	Sigmoide	0,12	0,17
04 x 11 x 0 x 04	0,81	0,25	Sigmoide	0,12	0,18
04 x 18 x 0 x 04	0,84	0,19	Sigmoide	0,12	0,18
04 x 06 x 0 x 04	0,81	0,25	Sigmoide	0,12	0,18
04 x 13 x 0 x 04	0,81	0,69	Sigmoide	0,13	0,18

Em cada execução foi gerado, inicialmente, uma população de 50 cromossomos (soluções), com 20 cruzamentos e 10 mutações. Cada rede neural MLP foi executada ao longo da fase de treinamento com erro aceitável definido em 0,01 durante 100 épocas de treinamento. É importante observar que para todo o conjunto de treinamento e teste, somente uma camada neural intermediária foi suficiente para discriminar os dados entre as quatro classes desejadas e a função de ativação sigmoide foi a única selecionada entre as melhores soluções encontradas pelo algoritmo genético.

3. Resultados e Discussão

A avaliação das melhores soluções encontradas iniciou-se com a seleção das melhores topologias de redes e configurações de parâmetros em cada uma das três bases englobadas pela pesquisa. Em seguida, realizou-se os treinamentos e testes definitivos das redes selecionadas e avaliou-se os erros de treinamento e generalização, assim como os percentuais de acerto (acurácia) e as taxas de erro. O processo de validação foi realizado com base nas melhores soluções paramétricas e topológicas encontradas pelo Algoritmo Genético.

A presente pesquisa utilizou a validação cruzada de k -partições (*k-fold cross-validation*) para realizar a divisão do conjunto total de amostras em k partições, sendo que $(k - 1)$ delas foram usadas para compor o subconjunto de treinamento e a partição restante constituiu o subconjunto de teste. Todo o processo de aprendizado da rede repetiu-se k vezes até que todas as partições tivessem sido utilizadas como subconjunto de teste. O resultado experimental dos testes, considerando a união de todos os conjuntos de dados, está apresentado sob a forma de uma matriz de confusão (Tabela 9).

Tabela 9: Matriz de Confusão referente a totalidade dos dados.

	Atendimento não urgente	Atendimento no dia	Atendimento prioritário	Atendimento imediato
Atendimento não urgente	33	2	1	0
Atendimento no dia	2	52	4	0
Atendimento prioritário	1	2	86	0
Atendimento imediato	0	1	3	56

A partir da Matriz apresentada pela Tabela 9 é possível calcular as porcentagens dos casos clínicos que tiveram seus riscos corretamente reconhecidos pelo classificador (Tabela 10):

Tabela 10: Taxas de acerto e erro para cada classe de risco.

	Taxa de acerto	Taxa de erro
Atendimento não urgente	91,6%	8,3%
Atendimento no dia	91,2%	8,7%
Atendimento prioritário	91,4%	8,5%
Atendimento imediato	100%	0%

Logo, a acurácia média global é dada pela Equação 2:

$$\frac{33+52+86+56}{243} = \frac{227}{243} = 93.4 \% \quad (2)$$

Com isso, ao aplicar o método da validação cruzada de 3 partições, divide-se aleatoriamente os conjuntos de dados entre três ensaios, cada um com 100 épocas de treinamento, isto é, todas as amostras de treino são apresentadas a rede 100 vezes, totalizando 300 épocas de treinamento. Assim, é garantido que dois terços de cada base de dados foi utilizada para treino e um terço para teste.

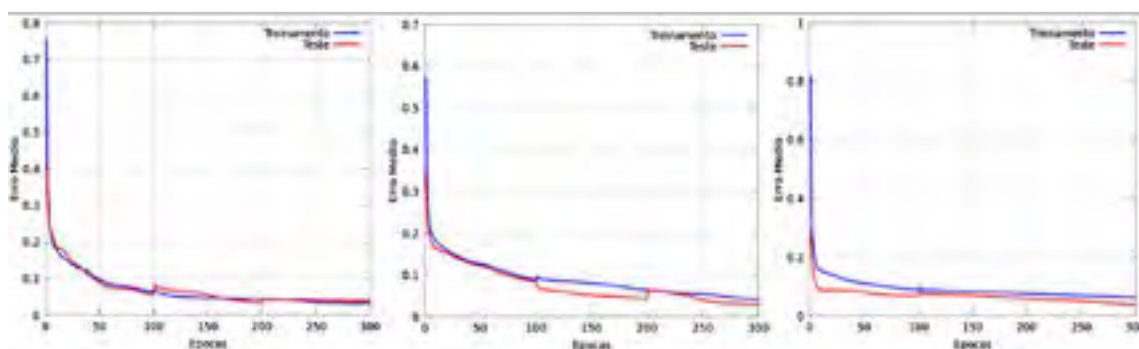


Figura 3: Decaimento do erro quadrático médio com o decorrer das épocas de treino e teste para as bases da cefaleia, diabetes e diarreia, respectivamente.

A Figura 3 apresenta os dados sobre o monitoramento do treinamento e teste dos modelos de redes durante a validação cruzada e o erro médio de classificação é gerado durante as iterações de treinamento (épocas) para as amostras de treino e validação. O decaimento dos erros de classificação e teste com o crescimento do número de épocas demonstra o aprendizado dos modelos para discriminar as

estratificações de risco das doenças, comprovando a capacidade de generalizar classificações para novos casos e, conseqüentemente, de aprender com o passado.

4. Conclusão

Neste trabalho foi apresentado um sistema de apoio à decisão baseado numa arquitetura de rede neural para auxiliar médicos e enfermeiros durante o processo de triagem de pacientes em unidades básicas de saúde. Os dados utilizados foram relativos aos sintomas de três doenças comuns em postos de saúde: cefaleia, diabetes e diarreia e/ou vômito². Estes dados foram coletados por uma equipe de profissionais da área da enfermagem que atuam em unidades básicas de saúde de município brasileiro. O objetivo do sistema foi classificar casos clínicos em quatro classes de riscos distintas, encaminhando o paciente para o atendimento adequado, auxiliando, dessa forma, o processo de triagem.

Após as fases de redução de dimensionalidade dos dados e otimização paramétrica, as melhores redes MLP foram selecionadas e submetidas ao processo de testes. O método da validação cruzada de *k-partições* foi aplicado para aferir a capacidade de generalização da abordagem e as soluções paramétricas das redes multicamadas obtiveram boas avaliações tanto no treinamento quanto na validação, sendo comprovado por meio da avaliação do decaimento dos erros quadráticos médios e das acurácias estimadas após os testes de validação cruzada.

Portanto, os resultados mostram que o sistema proposto pode atingir uma significativa acurácia (superior a 90%) de classificação, demonstrando real aplicabilidade no suporte a triagem de pacientes em unidades básicas de saúde. Como trabalhos futuros, sugere-se a aplicação da abordagem com outros tipos de enfermos considerando bases de dados relativamente maiores.

5. Referências

- [1] BRASIL, M. d. S. (2011). Acolhimento à demanda espontânea. Brasília: Ministério da Saúde - Cadernos de Atenção Básica n. 28, Volume I.
- [2] BRASIL, M. d. S. (2012). Acolhimento à demanda espontânea: queixas mais comuns na Atenção Básica. Brasília: Ministério da Saúde - Cadernos de Atenção Básica n. 28, Volume II.
- [3] Jain, A. K., Duin, R. P., and Mao, J. (2000). Statistical pattern recognition: A review. *Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on*, 22(1):4–37.
- [4] Khan, J., Wei, J. S., Ringner, M., Saal, L. H., Ladanyi, M., Westermann, F., Berthold, F., Schwab, M., Antonescu, C. R., Peterson, C., et al. (2001). Classification and diagnostic prediction of cancers using gene expression profiling and artificial neural networks. *Nature medicine*, 7(6):673–679.
- [5] Olaniyi, E. O. and Adnan, K. (2014). Onset diabetes diagnosis using artificial neural network. *International Journal of Scientific and Engineering Research*, 5(10).
- [6] Schlatter, R. P. Análise do sistema de apoio à decisão para triagem de pacientes em serviço de emergência. Master's thesis, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Administração, Programa de Pós-graduação em Administração.

DENDROIDH: AGRUPANDO CIDADES POR SEMELHANÇA DE INDICADORES

DENDROHDI: CLUSTERING CITIES BY SIMILARITY INDICATORS

DENDROIDH: INTERCALACIÓN DE CIUDADES POR INDICADORES DE SIMILITUD

Ricardo Alexandre Afonso¹, Raquel da Silva Cabral¹,
Vinicius Cardoso Garcia² e Alexandre Álvaro³

Resumo: Objetivo: as cidades inteligentes estão surgindo mediante a necessidade de otimização de recursos e ampliação do bem-estar dos seus habitantes. Atualmente não existem dados claros sobre como comparar cidades inteligentes com base em indicadores que utilizem dados públicos, principalmente na área de Saúde. **Método:** este trabalho propõe a utilização de indicadores de IDH para comparar estatisticamente e agrupar cidades com semelhança de indicadores, e assim, oferecer aos seus gestores, a possibilidade de adotar estratégias de gestão baseadas em visualização de dados dispostos em dendrogramas. **Resultado:** foram realizados cálculos com a utilização de uma ferramenta estatística em bases de dados públicas para obter dendrogramas de dados. **Conclusão:** o agrupamento de cidades por semelhança de indicadores se mostrou promissor para comparar e medir cidades com semelhantes características.

Palavras-chave: Mineração de Dados; Cidades Saudáveis; Base de Dados.

Abstract: Objective: Smart cities are emerging by the need to optimize resources and expansion of the welfare of its inhabitants. Currently there are no clear data on how to compare smart cities based on indicators using public data, especially in the health area. **Method:** this paper proposes the use of HDI indicators to compare statistically and group towns with similar indicators, and thus, offer its managers, the possibility of adopting management strategies based on data visualization arranged in dendrograms. **Result:** Calculations were performed using a statistical tool in public databases for dendrograms data. **Conclusion:** the grouping of cities by similarity indicators showed promise to compare and measure cities with similar characteristics.

Keywords: Data Mining; Healthy Cities; Data base.

Introdução

Segundo Chourabi⁽¹⁾ as Cidades Inteligentes estão surgindo na medida em que as soluções tecnológicas permitem ampliar o poder de otimizar recursos e melhorar os processos gerenciais. Entretanto, essas soluções necessitam de bases de dados e de tratamento para que esses dados se tornem semanticamente passíveis de entendimento, e recuperação de informações, seja isso automatizado ou não. E a visualização destes dados pelos seus gestores precisa ser simples e intuitiva.

1 Professor Adjunto do NCEX (Núcleo de Ciências Exatas), UFAL, Arapiraca, AL, Brasil.

2 Professor Adjunto do CIn (Centro de Informática), UFPE, Recife, PE, Brasil.

3 Professor Adjunto do DComp (Departamento de Computação), UFSCar, Araraquara, SP, Brasil.

É possível afirmar que ao comparar cidades com características socioeconômicas e políticas semelhantes, a utilização dos meios de gestão democráticos depende diretamente da característica de cada região, de modo que indicadores de saúde pública revelem nuances do desenvolvimento dessas cidades ⁽²⁾.

A análise desenvolvida neste trabalho representa a busca pela compreensão sobre a relação entre Território, População e Desenvolvimento, a partir de indicadores analíticos que articulam estas três dimensões visando encontrar um padrão de semelhança entre os municípios avaliados. Esta análise baseia-se em evidências empíricas provenientes de dados coletados em um conjunto de dados envolvendo aglomerações de cidades brasileiras por semelhança de variáveis encontradas em bases de dados de saúde pública ⁽⁷⁾.

Este trabalho encontra-se organizado da seguinte forma: a próxima seção apresenta o Método conceitual que serve de base para o estudo sobre a relação entre as dimensões estabelecidas para comparação de cidades. Na Seção seguinte (Resultados e Discussão) apresenta-se o comportamento da amostra de dados, com aplicação ao conjunto de cidades do estado de Alagoas que serviu como exemplo de aplicação deste método. E na Seção final (Conclusão) são apresentadas as considerações finais.

Métodos

Essa Seção apresenta os indicadores utilizados para comparar cidades inteligentes brasileiras, e enfoca sobretudo os indicadores de IDH para pontuar o desenvolvimento das cidades. Para permitir uma real comparação entre as cidades e suas características individuais, foram propostas três dimensões (Território, População e Desenvolvimento), com suas respectivas variáveis (Tabela 1):

(A) Dimensão Território: esta dimensão utiliza as variáveis Área Territorial e Densidade Demográfica. Esta dimensão tem como objetivo comparar o território de cada município, uma vez que a área total pode ter influência direta na forma como serão implementadas as estratégias de infraestrutura e serviços públicos em detrimento da extensão deste município;

(B) Dimensão População: nesta dimensão são apresentados os dados referentes às variáveis de População Urbana e Rural. Com a comparação destas variáveis, é possível compreender aspectos referentes a urbanização de cidades e os fatores que possam impedir um comparativo com cidades de características mais agrárias;

(C) Dimensão Desenvolvimento: nesta dimensão as variáveis de desenvolvimento humano municipal são detalhadas em Renda, Longevidade e Educação. Esta dimensão representa a comparação mais complexa entre os municípios, pois engloba variáveis que embora sejam distintos compõe uma fórmula (IDH) responsável por indicar o desenvolvimento do município.

Tabela 1: Características dos domínios e variáveis de comparação

Dimensão	Variável	Dado	Fonte
Território	Área Territorial	km ²	IBGE ⁽⁹⁾
	Densidade demográfica	hab./km ²	
População	População Urbana População Rural	Habitantes	IBGE ⁽⁵⁾
Desenvolvimento	Renda	Idh-r	PNUD ⁽¹⁰⁾
	Longevidade	Idh-l	
	Educação	Idh-e	

Dimensão: (A) Território

Segundo estatísticas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística ⁽⁹⁾, o Brasil possui uma população de 202.768.562 habitantes, distribuídos em uma área de 8.515.767,049 km², que resulta em uma densidade demográfica de 23,8 habitantes por quilômetro quadrado. Em virtude da história econômica do Brasil, as maiores taxas de densidade demográfica do Brasil encontram-se na região Sudeste, seguida pelo Sul e pelo Nordeste (Figura 4.1), sendo respectivamente (em hab/km²): Sudeste (67,77), Sul (38,38), Nordeste (27,33), Centro-Oeste (5,86) e Norte (2,66).

Dimensão: (B) População

Nesta dimensão são exploradas as variáveis referentes a quantidade de habitantes nas zonas urbanas e rurais das cidades avaliadas. Atualmente, é uma característica da maior parte dos municípios brasileiros, que a população que vive em áreas rurais seja bem menor do que a que vive em áreas urbanas, embora até a década de 1950, a população rural tenha sido consideravelmente maior do que a urbana ⁽⁵⁾.

Dimensão: (C) Desenvolvimento

O Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) é uma medida resumida do progresso a longo prazo em três dimensões básicas do desenvolvimento humano: renda, educação e saúde. O IDH pretende ser uma medida geral e sintética que, apesar de ampliar a perspectiva sobre o desenvolvimento humano, não abrange nem esgota todos os aspectos de desenvolvimento ⁽⁶⁾.

Desde 2010, quando o Relatório de Desenvolvimento Humano completou 20 anos, novas metodologias foram incorporadas para o cálculo do IDH. Atualmente, os três pilares que constituem o IDH (saúde, educação e renda) são mensurados da seguinte forma: **a)** Uma vida longa e saudável (saúde) é medida pela expectativa de vida; **b)** O acesso ao conhecimento (educação) é medido por: i) média de anos de educação de adultos, que é o número médio de anos de educação recebidos durante a vida por pessoas a partir de 25 anos; e ii) a expectativa de anos de escolaridade para crianças na idade de iniciar a vida escolar; **c)** O padrão de vida (renda) é medido pela Renda Nacional Bruta (RNB) per capita expressa em poder de paridade de compra (PPP) constante, em dólar, tendo 2005 como ano de referência.

A próxima Seção apresenta uma aplicação deste catálogo de métricas que utiliza o IDH para comparar cidades, e de que forma a utilização da técnica de análise multivariada pode auxiliar no agrupamento de cidades por semelhanças.

Resultados e Discussão

O objetivo desta seção é apresentar a aplicação de catálogo métricas usando Análise Multivariada e Análise de Cluster para uma comparação das cidades com base em áreas previamente estabelecidas. Esta prática permite selecionar cidades com características semelhantes, como se pretende mostrar através da comparação e agrupamento do IDH.

Análise Multivariada

A análise multivariada de uma forma bem geral refere-se a todos os métodos estatísticos que analisam simultaneamente múltiplas medidas em cada indivíduo ou objeto sob investigação ⁽³⁾. O resultado destas análises pode ser o agrupamento de indivíduos por semelhança. A análise de clusters normalmente envolve dois passos. O primeiro é a medida de alguma forma de semelhança ou associação entre as entidades para determinar quantos grupos existem, realmente, na amostra e esse será chamado nessa análise de Passo 1.

O Passo 2 consiste em definir o perfil das variáveis de modo a determinar sua composição heterogênea, embora dependente uma das outras. Este passo pode ser acompanhado da aplicação da análise discriminante ⁽⁴⁾ aos grupos identificados pela técnica de *clusters*.

Passo 1: (Criando *Clusters*)

Para realizar a aplicação destas métricas foram minerados os dados de todas as cidades da região nordeste brasileira, sendo respectivamente: Alagoas (102), Bahia (417), Ceará (184), Maranhão (217), Paraíba (223), Pernambuco (185), Piauí (224), Rio Grande do Norte (167) e Sergipe (75). São representados na Figura 1 essas métricas sintetizadas para o estado de Alagoas. O gráfico (dendrograma) resultante foi gerado com a ferramenta estatística R e o ambiente *RStudio*⁽⁸⁾, onde se identificam seis grupos (*clusters*) de cidades.

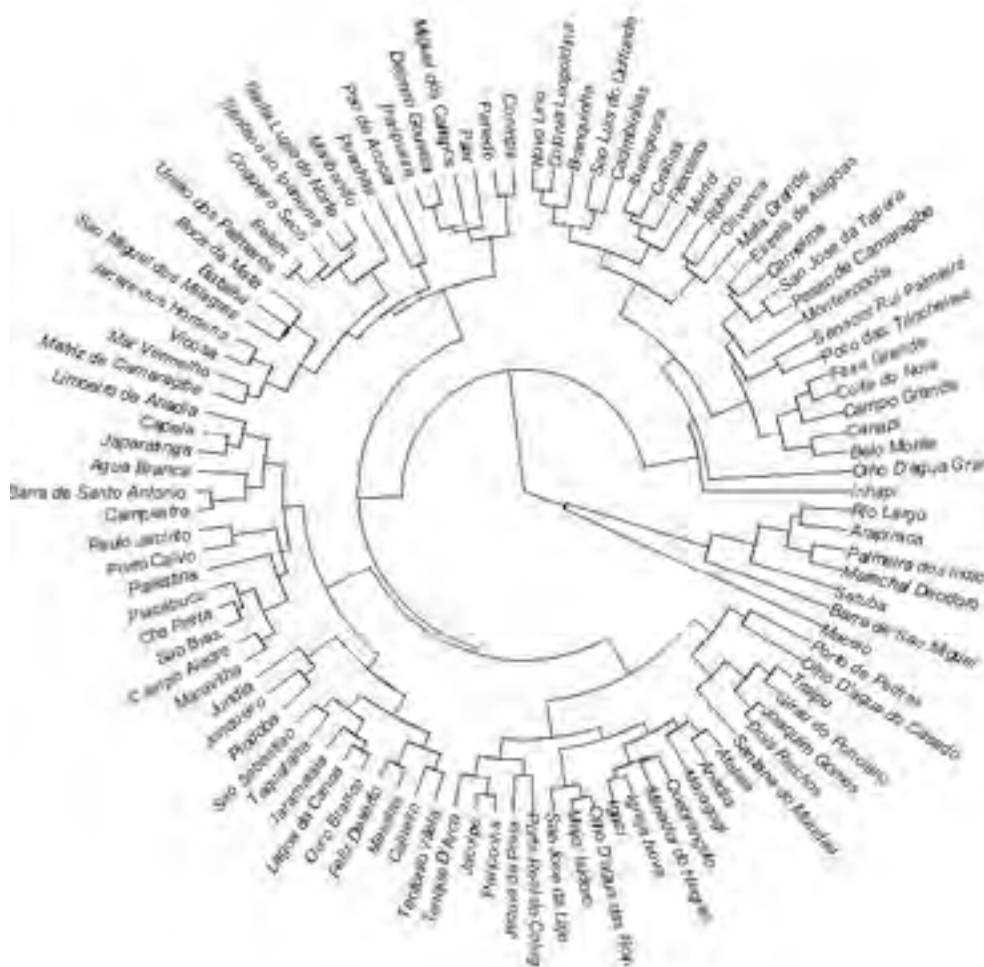


Figura 1: *Cluster* de Cidades Alagoanas agrupadas pelo IDH

Passo 2: (Analisando Clusters)

Uma forma de detalhar melhor e realizar uma análise mais aprofundada dos agrupamentos de cidades por semelhança de indicadores é separá-los em agrupamentos por amostragem. A Figura 2 apresenta o agrupamento das 50 cidades alagoanas de acordo com a dimensão Desenvolvimento (Educação, Longevidade e Emprego).

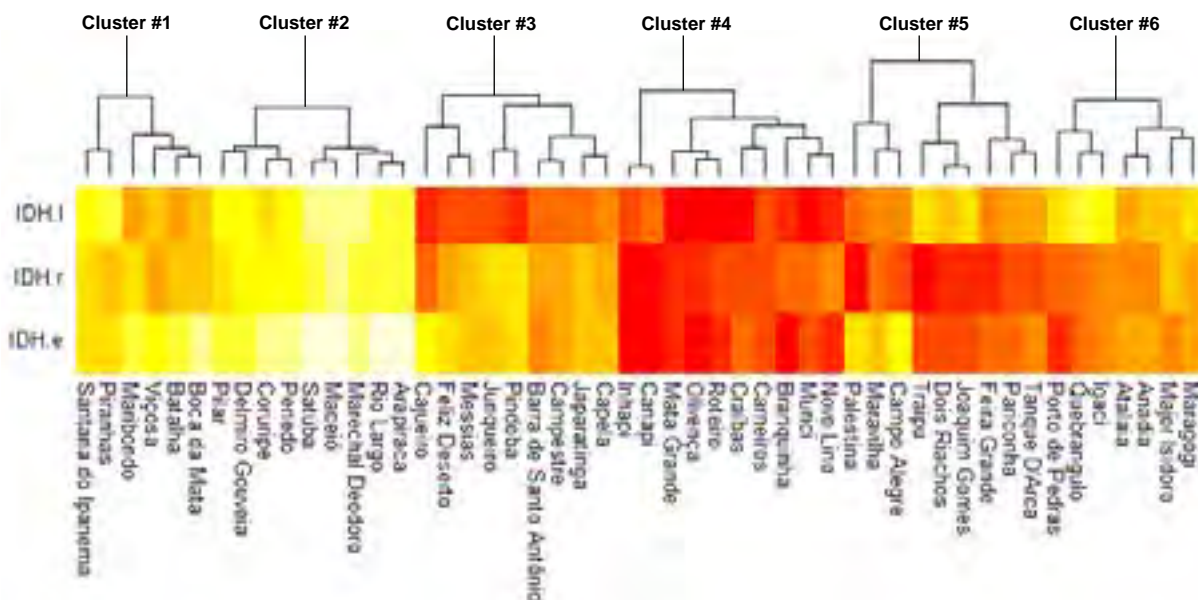


Figura 2: Detalhamento do *Cluster* de cidades por semelhança de IDH

Nesse agrupamento a granularidade de variáveis é maior, e com isso, a semelhança entre municípios se torna mais evidente na medida em que a variação entre dados é menor. Observa-se através da Tabela 2 que o *Cluster* #5 se destaca com a maior média, e nesse caso, representa os municípios com melhores variáveis que indicam áreas de melhor desenvolvimento no estado.

Tabela 2 – Média e variação do agrupamento de Desenvolvimento.

Cluster #1 – Média 2,78 ± 0,081
Maragogi, Major Isidoro, Anadia, Atalaia, Igaci, Quebrangulo, Porto de Pedras
Cluster #2 – Média 2,58 ± 0,132
Tanque D’Arca, Pariconha, Feira Grande, Dois Riachos, Traipu, Campo Alegre, Maravilha, Palestina
Cluster #3 – Média 2,09 ± 0,075
Novo Lino, Murici, Branquinha, Carneiros, Craíbas, Roteiro, Olivença, Mata Grande, Canapi, Inhapi
Cluster #4 – Média 2,67 ± 0,102
Capela, Japaratinga, Barra de Santo Antônio, Pindoba, Junqueiro, Messias, Feliz Deserto, Cajueiro
Cluster #5 – Média 3,62 ± 0,210
Arapiraca, Rio Largo, Marechal Deodoro, Maceió, Satuba, Penedo, Coruripe, Delmiro Gouveia, Pilar
Cluster #6 – Média 3,06 ± 0,063
Boca da Mata, Batalha, Viçosa, Maribondo, Piranhas, Santana do Ipanema

Conclusão

As Cidades Inteligentes estão emergindo, e junto com elas surge a necessidade de obter e transformar os dados gerados por elas para melhorar a vida dos seus habitantes. O objetivo deste trabalho foi apresentar um catálogo de métricas que comparou cidades brasileiras, e em especial as cidades nordestinas, considerando para isso três dimensões (Território, População e Desenvolvimento). Os dados dessas cidades foram agrupados de acordo com a semelhança de variáveis de cada domínio e os dados resultantes foram apresentados em forma de dendrogramas, que foram o objeto de estudo deste trabalho, focando os aspectos de Desenvolvimento das cidades baseadas nos indicadores de desenvolvimento humano (IDH).

Pretende-se com esse trabalho apresentar uma possibilidade de medição e comparação de cidades inteligentes, utilizando para isso esses domínios pré-estabelecidos (Território, População e Desenvolvimento). Dessa forma, a comparação de cidades vai atender a um padrão de comparação mais igualitária considerando assim, as diferenças regionais, de perfil populacional e desenvolvimento da região na qual o município está inserido.

Como trabalho futuro, estão sendo desenvolvidas rotinas de conversão como um serviço na web, no qual o usuário indicará as fontes de dados e a rotinas produzirão os gráficos com os resultados da comparação dos dados.

Agradecimentos

Este trabalho foi parcialmente financiado pela FACEPE (Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco), concessão IBPG-0499-1.03/11.

Referências

- [1] Chourabi, H.; et al. "Understanding Smart Cities: An Integrative Framework," System Science (HICSS), 2012 45th Hawaii International Conference on , vol., no., pp.2289-2297, 4-7 Jan. 2012. doi: 10.1109/HICSS.2012.615.
- [2] Santos, M. A Natureza do Espaço: Técnica e Tempo, Razão e Emoção (4 ed. Vol. 2. reimpr). 2006. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo.
- [3] Field, A. Descobrimdo estatística utilizando o SPSS. Tradução Lorí Viali. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 688p.
- [4] Britto, J., Stallivieri, F., Campos, R. R., & Vargas, M. Padrões de aprendizagem, cooperação e inovação em aglomerações produtivas no Brasil: uma análise multivariada exploratória. 2007. ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA–ANPEC, Recife.
- [5] IBGE. Censo Populacional 2010 Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).
- [6] Frei, Fernando. Índice de Desenvolvimento Municipal-IDM: uma alternativa para mensuração do desenvolvimento humano nos municípios do Estado de São Paulo. Diss. Universidade de São Paulo. Faculdade de Saúde Pública. Departamento de Epidemiologia, 2002.
- [7] Afonso, R. A., Silva, W. D., Tomas, G. H. R. P., Gama, K., Oliveira, A., Álvaro, A., & Garcia, V. C. Br-SCMM: Modelo Brasileiro de Maturidade para Cidades Inteligentes. 2013. Simpósio Brasileiro De Sistemas De Informação - SBSI.
- [8] Racine, Jeffrey S. RStudio: A Platform-Independent IDE for R and Sweave. Journal of Applied Econometrics, v. 27, n. 1, p. 167-172, 2012
- [9] IBGE. IBGE apresenta nova área territorial brasileira [Internet]. [Atualizado 2016 Junho 26; Citado 2016 Set 06] Disponível em: <http://goo.gl/lgPqWI>

[10] PNUD, IPEA. FJP. Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil [Internet]. [Atualizado 2016 Set 06; Citado 2016 Set 06] Disponível em: <http://goo.gl/cdSocd>

Contato

Ricardo Alexandre Afonso
Rua Amélia Nunes Correia, 200
Arapiraca – Alagoas
(82) 9184-8184
ricardo.afonso@arapiraca.ufal.br

AVALIAÇÃO DE CLASSIFICADORES NO DIAGNÓSTICO DE CÂNCER DE MAMA

Cleiton Paiva Aquino^{1*}, Esp; Afonso Ueslei da Fonseca, Esp;
Leandro Luís Galdino de Oliveira, PhD.

Instituto de Informática, Universidade Federal de Goiás.
Goiânia, Goiás – Brasil.

Resumo: O câncer de mama é um tumor que se desenvolve como consequência de alterações genéticas em algum conjunto de células da mama, podendo atingir axilas e até mesmo outros órgãos. O diagnóstico é realizado por meio de informações coletadas através de exames e observações clínicas. Em sistemas informatizados tais informações são usadas como entrada para processos de auxílio ao diagnóstico. Objetivando aumentar a acurácia e precisão desses sistemas implementamos e comparamos dois classificadores de reconhecimento de padrões, nomeados: *Naïve Bayes (NB)* e *Quadratic Discriminant Analysis (QDA)*. Para condução dos experimentos utilizamos uma base de dados de 569 instâncias com 30 atributos e um rótulo identificador entre benignas e malignas, extraídas de imagens digitalizadas. Os resultados experimentais demonstram que, embora ambos classificadores sejam promissores, o classificador *QDA* apresenta, na média, melhores taxas de acurácia e sensibilidade.

Palavras-chave: *Câncer de Mama, Algoritmos de Classificação, Diagnóstico por Imagem.*

Abstract: *Breast cancer is a tumor that develops as a consequence of genetic alterations in a number of breast cancer cells, can reach the armpits and even other organs. The diagnosis is made based on information collected through tests and clinical observations. In computerized systems such information is used as input to aid the diagnosis process. Aiming to increase the accuracy and precision of these systems implemented and compared two pattern recognition classifiers appointed: Naïve Bayes (NB) and Quadratic Discriminant Analysis (QDA). To conduct the experiments we used a database of 569 instances with 30 attributes and a label identifier between benign and malignant, extracted from scanned images. The experimental results show that although both classifiers are promising the classifier Quadratic Discriminant Analysis has, on average, better accuracy rates and sensitivity.*

Keywords: *Breast Cancer, Classification Algorithm, Diagnostic Imaging.*

Introdução

O câncer de mama é um tumor maligno que se desenvolve como consequência de alterações genéticas em algum conjunto de células da mama, que passam a se dividir descontroladamente, podendo atingir axilas e até mesmo outros órgãos. Ocorre o crescimento anormal das células mamárias, tanto do ducto quanto dos glóbulos mamários. Esse é o tipo de câncer que mais acomete as mulheres em todo o mundo, sendo 1,38 milhão de novos casos e 458 mil mortes pela doença por ano, de acordo com a Organização Mundial de Saúde (OMS). A proporção em homens e mulheres é de 1:100, ou seja, para cada 100 mulheres com câncer de mama, um homem terá a doença. No Brasil, o Instituto Nacional

^{1*} Autor correspondente: Cleiton Paiva Aquino. e-mail: cleitonpaivaquino@inf.ufg.br

de Câncer José Alencar Gomes da Silva estima 57.960 novos casos só em 2016. Segundo dados da Sociedade Brasileira de Mastologia, cerca de uma a cada 12 mulheres terão um tumor nas mamas até os 90 anos de idade^{[1],[23],[24]}.

Diante dessa constatação, o uso de técnicas e ferramentas que tornem o tratamento mais eficiente é salutar, sendo imprescindível para tal um diagnóstico ou prognóstico preciso. Nesse sentido, o aprendizado de máquina (AM) e o reconhecimento de padrões (RP) podem contribuir substancialmente uma vez que fornecem soluções empíricas para problemas de classificação. No caso em questão, auxiliando nos diagnósticos ou prognósticos de exames de câncer de mama classificando-os entre benignos ou malignos^{[5],[6]}.

Diversos autores têm tratado o problema do diagnóstico de câncer de mama por meio de reconhecimento de padrões. Mangassarian^[5], por exemplo, usou técnicas de aprendizado de máquina baseada em programação linear para aumentar a acurácia e objetivamente o prognóstico e diagnóstico do câncer de mama.

Pena-Reyes^[6] combinou metodologias de sistemas *fuzzy* e algoritmos evolucionários com o objetivo de produzir um sistema automático de diagnóstico. Recentemente, Singh^[7] abordou a detecção de câncer de mama usando geometria invariante para sensores de imagens de raio-X, construindo um novo arcabouço para sistema de Diagnóstico assistido por computador (CAD). Entretanto, seu sistema não é completamente automático uma vez que precisa de uma interação humana para a seleção das regiões de interesse (ROI) das imagens.

Algoritmos de reconhecimento de padrões são capazes de construir fronteiras de decisão acerca da distribuição de dados de treinamento e possibilitam, com base nessas fronteiras, classificar novos dados de entrada^[2].

Nesse trabalho implementamos e apresentamos uma comparação entre os classificadores para reconhecimento de padrões *Naïve Bayes* e *Quadratic Discriminant Analysis* com o objetivo de aumentar a acurácia e precisão dos diagnósticos de câncer de mama.

Naïve Bayes

O classificador *Naïve Bayes*^[3] (NB) é um dos mais usados em *machine learning*^[4]. É denominado de ingênuo (*naive*) porque assume que os eventos são independentes. Thomas Bayes desenvolveu o chamado teorema de Bayes em meados do século XVIII, mas ele só foi publicado por Richard Price em dezembro de 1763, dois anos depois da morte de Bayes.

O Naïve Bayes é um classificador probabilístico que define a classificação pela probabilidade posteriori de uma nova amostra pertencer a uma das classes conhecidas^[3].

A probabilidade $P(c_i|\vec{v})$ da classe c_i , dado um vetor de característica \vec{v} , é determinada utilizando o teorema de Bayes, definido como:

$$P(c_i|\vec{v}) = \frac{P(c_i|\vec{v})P(c_i)}{P(\vec{v})} \quad (1-1)$$

Considerando que as probabilidades de ambas as classes são iguais, temos que $P(c_i) = 0,5$ tanto para c_0 quanto para c_1 . Porém, ainda temos que calcular as probabilidades $P(c_i|\vec{v})$ que não são conhecidas. O método mais utilizado para calcular computacionalmente a probabilidade é supor que as amostras possuem uma função de densidade gaussiana, definida da seguinte forma:

$$P(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-(x-\mu)^2/2\sigma^2} \quad (1-2)$$

Assim, quanto mais próxima a distribuição das amostras tiverem a distribuição normal, melhor o resultado da classificação com o Naïve Bayes.

Esse método, geralmente, possui uma boa eficiência computacional e robustez. porém, depende muito da distribuição das informações extraídas pelos descritores, pois o classificador elabora sua função de decisão a partir da suposição de que os dados possuem distribuição normal, então, quanto mais próxima a distribuição for da normal, melhor o desempenho do classificador.

Quadratic Discriminant Analysis

O *Quadratic Discriminant Analysis*^[3] (QDA) é um classificador paramétrico não linear em que não existe pressuposição de que os grupos possuem matrizes de covariância iguais. Assim como na *Linear Discriminant Analysis* (LDA), uma observação é classificada no grupo com a menor distância quadrada. Quando supomos que a normalidade é verdade, o melhor teste possível para determinar se uma hipótese é de uma determinada classe é o teste da taxa de probabilidade.

Suponha que há apenas dois grupos, ($y \in \{0,1\}$), e as médias de cada classe são definidas com $\mu_{y=0}$, $\mu_{y=1}$ e as covariâncias são definidas como $\Sigma_{y=0}$, $\Sigma_{y=1}$. Então a taxa de probabilidade será dada por

$$\text{Taxa de probabilidade} = \frac{\sqrt{|2\pi \Sigma_{y=1}|}^{-1} \exp\left(-\frac{1}{2}(x-\mu_{y=1})^T \Sigma_{y=1}^{-1}(x-\mu_{y=1})\right)}{\sqrt{|2\pi \Sigma_{y=0}|}^{-1} \exp\left(-\frac{1}{2}(x-\mu_{y=0})^T \Sigma_{y=0}^{-1}(x-\mu_{y=0})\right)} < t \quad (2-1)$$

para algum limiar t . Após alguns rearranjos, isto pode mostrar que o resultado da superfície de separação entre as classes é quadrática. O exemplo estimado do vetor de médias e das matrizes de variância-covariância irá substituir a quantidade de populações nesta fórmula.

Assim, o classificador QDA, ao contrário do LDA, produz fronteiras de decisão mais flexíveis, tendo, entretanto, mais parâmetros para estimar.

O trabalho encontra-se organizado nas seguintes seções: materiais e métodos, análise dos classificadores NB e QDA, comparação de resultados e conclusão.

Materiais e métodos

Utilizamos nesse trabalho para a implementação dos algoritmos o software Octave^[8] versão 4.0, acrescido e ativado com os seguintes pacotes: control-3.0.0, general-2.0.0, geometry-2.0.0, signal-1.3.2 e statistics-1.2.4.

Uma base de dados foi obtida de Lichman^[17] e conta com 30 atributos calculados sobre dez características de valor real para cada núcleo da célula, descritas a seguir:

- raio (média de distâncias do centro de pontos no perímetro),
- textura (desvio padrão dos valores em escala de cinza),
- perímetro,
- área,
- suavidade (variação local em comprimentos de raio),
- compacidade ($\text{perímetro}^2 / \text{área} - 1$),
- concavidade (gravidade de porções côncavas do contorno) alíneas,
- côncavas (número de porções côncavas do contorno),
- simetria,
- dimensão fractal (aproximação litoral - 1).

Para cada uma das 10 características três valores foram computados, quais sejam: a média, o desvio padrão, e a “pior” ou maior (média dos três maiores valores), resultando assim os 30 atributos. Além desses, cada instância ainda conta com um identificador e um rótulo que diz se a amostra é benigna ou maligna. Todos os valores de características são recodificados com quatro algarismos significativos. A base conta com um total de 569 instâncias, sendo que destas 357 representam amostras benignas e as 212 restantes amostras malignas. Informações adicionais sobre a base de dados podem ser encontradas em Lichman^[17] e Wolberg^[25].

A Figura 1 traz um exemplo de uma das imagens usada na extração dos atributos, enquanto a Figura 2 mostra a dispersão do atributo “média do raio do núcleo da célula” para as 569 amostras separadas entre benignas e malignas.

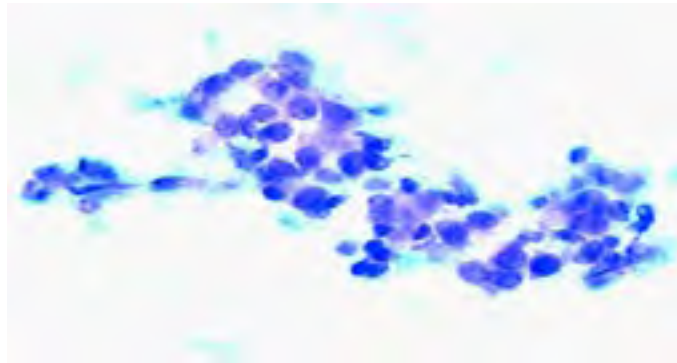


Figura 1. Imagem digitalizada de uma punção aspirativa por agulha fina (FNA) da massa da mama. Os 30 atributos são calculados a partir da imagem e descrevem as características dos núcleos celulares presentes.

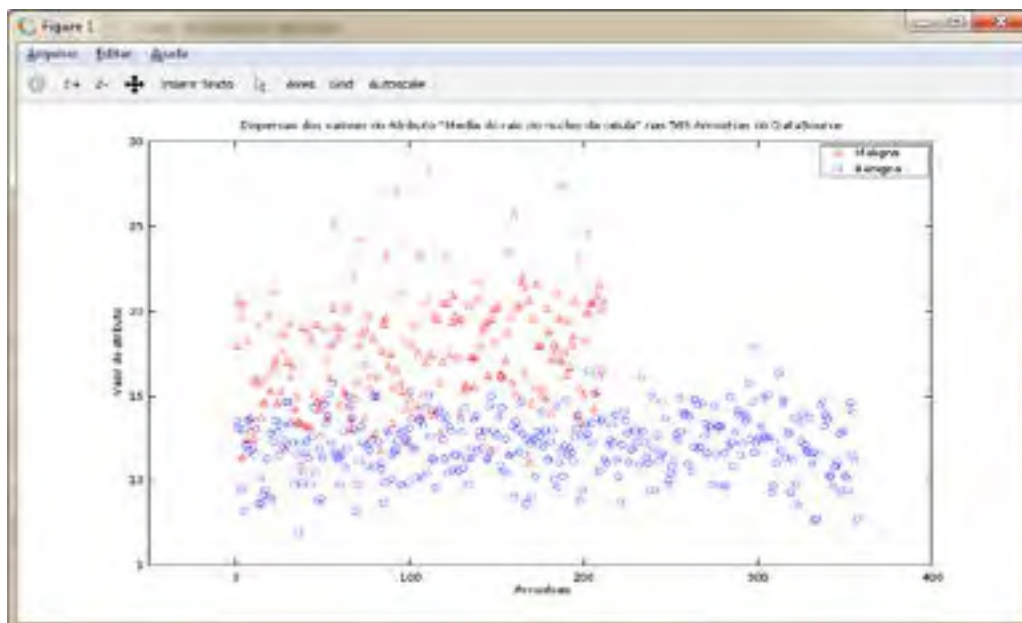


Figura 2. Dispersão dos valores do Atributo “média do raio do núcleo da célula” nas 569 amostras

Para avaliar a capacidade de generalização do modelo lançamos mão da técnica de validação cruzada sobre os classificadores. Essa técnica é amplamente empregada em problemas onde o objetivo da

modelagem é a predição. Busca-se, então, estimar o quão preciso é este modelo na prática, ou seja, o seu desempenho para um novo conjunto de dados.

O conceito central das técnicas de validação cruzada é o particionamento do conjunto de dados em subconjuntos mutuamente exclusivos e, posteriormente, utiliza-se alguns destes subconjuntos para a estimação dos parâmetros do modelo (dados de treinamento) e o restante dos subconjuntos (dados de validação ou de teste) são empregados na validação do modelo ^{[9],[10],[11]}. Entre as formas mais usadas de particionamento estão os métodos *Holdout* e *Kfold*.

Holdout^[12] é um método de validação cruzada que consiste em dividir o conjunto total de dados em dois subconjuntos mutuamente exclusivos, um para treinamento (estimação dos parâmetros) e outro para teste (validação). O conjunto de dados pode ser separado em quantidades iguais ou não. Uma proporção muito comum é considerar 2/3 dos dados para treinamento e o 1/3 restante para teste.

K-fold^{[12],[13]} é um método de validação cruzada que consiste em dividir o conjunto total de dados em k , subconjuntos mutuamente exclusivos do mesmo tamanho e, a partir disto, um subconjunto é utilizado para teste e os $k-1$ restantes são utilizados para estimação dos parâmetros e calcula-se a acurácia do modelo. Este processo é realizado k vezes alternando de forma circular o subconjunto de teste.

Sobre cada um dos algoritmos de classificação, um processo de treinamento e teste foi realizado em duas baterias de testes com as validações configuradas da seguinte forma:

Primeira bateria:

Validação *Holdout* – As 569 instâncias foram divididas em um conjunto de teste e um de treinamento. Esse processo foi realizado de 5 formas diferentes, sendo que a cada divisão o tamanho dos conjuntos de teste e treinamento foram modificados. A Tabela 1, a seguir, exemplifica a quantidade de cada conjunto em cada uma das divisões.

Tabela 1. Divisão das instâncias para validação cruzada pelo método de *Holdout*

Divisão Treino Teste	Conjunto de Treinamento		Conjunto de Teste		Total
	Malignas	Benignas	Malignas	Benignas	
50% 50%	106	178	106	179	569
60% 40%	127	213	85	144	569
70% 30%	148	249	64	108	569
80% 20%	169	285	43	74	569
90% 10%	190	321	22	36	569

Segunda bateria:

Validação *Kfold* – dividimos nossas instâncias em k grupos, sendo $k = 5$, formando assim quatro grupos de 114 instâncias e um grupo de 113 instâncias. Em cada grupo se manteve a proporção entre amostras benignas e malignas. A cada etapa da validação *Kfold* um grupo era selecionado como conjunto de testes e os $k-1$ grupos restantes como conjunto de treinamento, mantendo-se assim uma percentagem constante de 80% das instâncias de cada classe para treinamento e 20% para teste.

Para o treinamento e teste no classificador NB a base de dados foi, primeiramente, discretizada utilizando a seguinte estratégia:

- Crie uma matriz vazia para receber atributos discretizados;
- P1- Para cada atributo da base de dados (1 a 30)
- Encontre seu mínimo, seu máximo e seu desvio padrão.
- P2- Para cada amostra da base (1 a 569)
- (P3) Obtenha um atributo discretizado para cada um dos atributos (P1) com valores que vão de mínimo a máximo com intervalos de 2 vezes o desvio padrão.
Exemplo: Atributo1: mínimo = 1; máximo=23, desvio padrão=2;
Atributo1 discretizado: [1, 5,9, 13, 17, 21]
- Adicione ao final da nova Matriz um numero de zeros igual a quantidade de elementos do atributo discretizado.
- Compare o valor do atributo obtido na amostra corrente (P2) com cada um dos valores do atributo discretizado (P3)
- Se o resultado da comparação for verdadeiro para menor ou igual setar na mesma posição da nova Matriz o valor 1 e finalize a comparação.
- Se todas as comparações forem falsas setar 1 na última posição.
Exemplo Valor do Atributo na amostra corrente = 17
Matriz discretizada: [0, 0, 0, 0, 1, 0] ..

A discretização dos atributos se faz necessária, uma vez que os mesmos estão representados por valores contínuos e o classificador NB por padrão não prevê valores contínuos como entrada.

Com isso, nossa base que inicialmente era representada por uma matriz de 569x30 atributos saltou para uma nova matriz na forma discretizada de 569x129 atributos. Sobre essa matriz discretizada foi então realizado o processo de treinamento e teste já descrito anteriormente.

Para o classificador QDA nenhum processo de discretização foi necessário sendo realizado o processo de treinamento e testes, igualmente, realizado no classificador NB diretamente na base de dados.

Resultados

Para a obtenção dos resultados cada um dos algoritmos de classificação foi submetido às baterias de testes de validação descritas anteriormente e, então, foram avaliados com a medida de acurácia, que é calculada da seguinte forma:

$$ACC = \frac{VP+VN}{Total_de_amostras} \quad (3)$$

Onde VP é o número de verdadeiros positivo, VN é o número de verdadeiros negativo e Total_de_amostras é o número total de amostras utilizadas no teste, uma medida tradicional na avaliação de algoritmos de classificação.

A Tabela 2 ,a seguir, mostra as taxas de acurácia do classificador NB nas diferentes configurações de cada uma das baterias de teste:

Tabela 2: Acurácia do classificador NB nas baterias de teste.

1ª. Bateria: <i>Holdout</i>	2ª. Bateria – <i>Kfold</i> (k=5)
-----------------------------	----------------------------------

50% 50%	60% 40%	70% 30%	80% 20%	90% 10%	80% 20%	80% 20%	80% 20%	80% 20%	80% 20%
91.228	94.737	95.322	93.860	94.737	93.043	92.920	94.783	95.575	92.035
Acurácia Média:					Acurácia Média:				
93.977					93.671				

A Tabela 3, a seguir, mostra as taxas de acurácia do classificador QDA nas diferentes configurações de cada uma das baterias de teste:

Tabela 3: Acurácia do classificador QDA nas baterias de teste.

1ª. Bateria: Holdout					2ª. Bateria – Kfold (k=5)				
50% 50%	60% 40%	70% 30%	80% 20%	90% 10%	80% 20%	80% 20%	80% 20%	80% 20%	80% 20%
94.386	93.421	97.661	98.246	94.737	93.913	94.690	96.552	95.575	98.230
Acurácia Média:					Acurácia Média:				
95.690					95.786				

Análise e comparação dos resultados

A sensibilidade é a capacidade de um teste revelar altas proporções de resultados positivos nas pessoas que apresentam a condição investigada. Portanto, quanto menor a proporção de falsos negativos, erro de classificação complementar da sensibilidade, maior a sensibilidade do teste.

A especificidade é a capacidade de um teste em mostrar resultados positivos apenas nas pessoas com a condição investigada e não naquelas que não a possuem. Portanto, quanto menor a proporção de falsos positivos, erro de classificação complementar da especificidade, maior é a especificidade do teste.

A sensibilidade e a especificidade são critérios de validade resultantes da comparação do teste com a verdade. Portanto, para se expressar, objetivamente, os dois critérios, com relação a um teste, é preciso comparar seus resultados com aqueles obtidos por um exame de referência, cujos resultados possam ser considerados como corretos ou reais.

Na prática, esta é uma questão delicada, uma vez que a verdade nem sempre pode ser obtida com absoluta segurança. Por isso, é comum utilizar-se, como exame de referência indicador da verdade, uma bateria exaustiva de testes complementares ou repetidos ou, ainda, o melhor teste conhecido. A aplicação deste exame de referência é, em geral, de alto custo e, portanto, as avaliações de validade de um teste são feitas em pequenas amostras de estudos, especialmente delineados para este fim^{(14),(15)}. A Tabela 4 mostra um esquema representativo do exame de referência, também conhecido como matriz de confusão ou tabela da verdade.

Tabela 4. Exame de referência

	+	-	Total
+	VP	FN	VP + FN
-	FN	VN	FN + VN
Total	VP + FN	FN + VN	Total_de_amstras

Onde:

VP = verdadeiros positivos

VN = verdadeiros negativos

FN = falsos negativos

FP = falsos positivos

VP + FN = total real de positivos

VP + FN = total aparente de positivos

Validade

Sensibilidade : $1 - \beta = VP / (VP + FN)$

Especificidade: $1 - \alpha = VN / (FN + VN)$

Erros de Classificação

$\beta = b / (VP + FN)$

$\alpha = FN / (FN + VN)$

A AUC, área sob a curva ROC (do inglês Area Under ROC Curve), é uma medida padrão para comparação de sistemas. Quanto maior a área sob a curva ROC maior a exatidão do sistema.

A curva ROC (Receiver operating characteristic) teve origem na avaliação de qualidade em sinais com ruídos, mas vem sendo muito utilizado na medicina para avaliar a qualidade de um teste clínico. Já outros estudos utilizaram o uso da curva ROC na avaliação de classificadores e demonstraram sua eficiência e qualidade superior, indicando a substituição da acurácia pela AUC ^{[14],[15]}.

A curva ROC é uma representação gráfica para os valores de sensibilidade (eixo Y) e 1-especificidade (eixo X). Usualmente, o uso da curva ROC na medicina é constituído a partir de um conjunto de pontos que indicam diversos resultados dependentes de alguma variável que influencie no resultado. Com tudo no caso de classificadores binários (que possuem somente duas classes) testados neste trabalho, usamos apenas um ponto, resultante da média entre as iterações de cada bateria.

As análises e comparações mostradas a seguir foram aplicadas sobre os resultados das duas baterias do processo de treinamento e teste em ambos os classificadores e mostra à sensibilidade, a especificidade, a taxa de falsos positivos (erro α), a taxa de falso negativo (erro β) e a AUC obtidas.

Classificador NB – 1ª e 2ª Baterias (1ª B e 2ª B):

Tabela 5 - Análise dos resultados do classificador NB

% Dados Treino	Sensibilidade	Especificidade	β	α	AUC
1ª B. 50%	0.896	0.955	0.104	0.045	0.97
1ª B. 60%	0.894	0.958	0.106	0.042	0.97
1ª B. 70%	0.860	0.981	0.140	0.019	0.98
1ª B. 80%	0.907	0.958	0.093	0.042	0.98
1ª B. 90%	0.905	1.000	0.095	0.000	0.99
2ª B. 80%	0.860	0.972	0.139	0.028	0.96
2ª B. 80%	0.833	0.986	0.167	0.014	0.99
2ª B. 80%	0.907	0.972	0.093	0.028	0.98
2ª B. 80%	0.905	0.986	0.095	0.014	0.98
2ª B. 80%	0.929	0.915	0.071	0.084	0.99

A Figura 3 mostra as curvas ROC médias para o classificador NB em cada uma das baterias de teste.

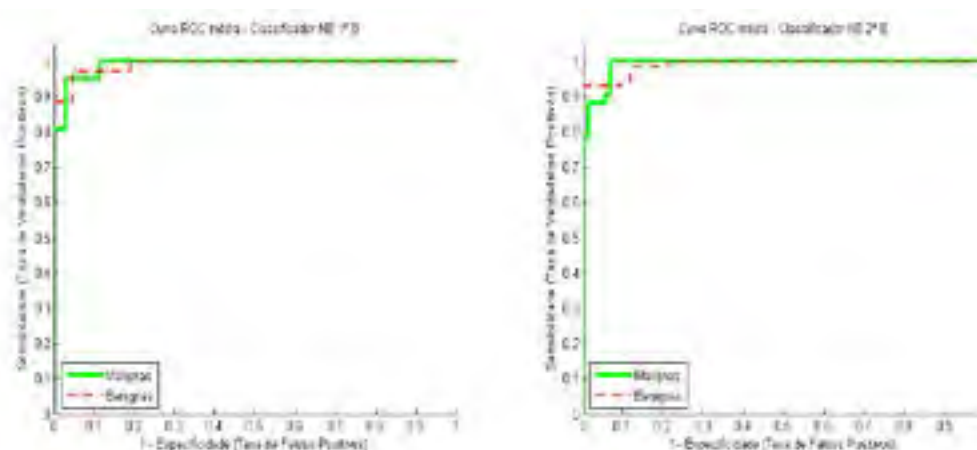


Figura 3. Curvas ROC médias do classificador NB para 1ª B e 2ª B.

Classificador QDA – 1ª e 2ª Baterias (1ª B e 2ª B):

Tabela 6 - Análise dos resultados do classificador QDA

% Dados Treino	Sensibilidade	Especificidade	β	α	AUC
1ª B. 50%	0.943	0.955	0.057	0.045	0.98
1ª B. 60%	0.929	0.958	0.070	0.042	0.99
1ª B. 70%	0.937	0.981	0.062	0.019	0.99
1ª B. 80%	0.907	0.958	0.093	0.042	0.99
1ª B. 90%	0.857	1.000	0.143	0.000	0.99
2ª B. 80%	0.953	0.972	0.046	0.028	0.99
2ª B. 80%	0.905	0.986	0.095	0.014	1.00
2ª B. 80%	0.953	0.972	0.046	0.028	1.00
2ª B. 80%	0.929	0.986	0.071	0.014	0.98
2ª B. 80%	0.976	0.915	0.024	0.084	0.99

A Figura 4 mostra as curvas ROC médias para o classificador QDA em cada uma das baterias de teste.

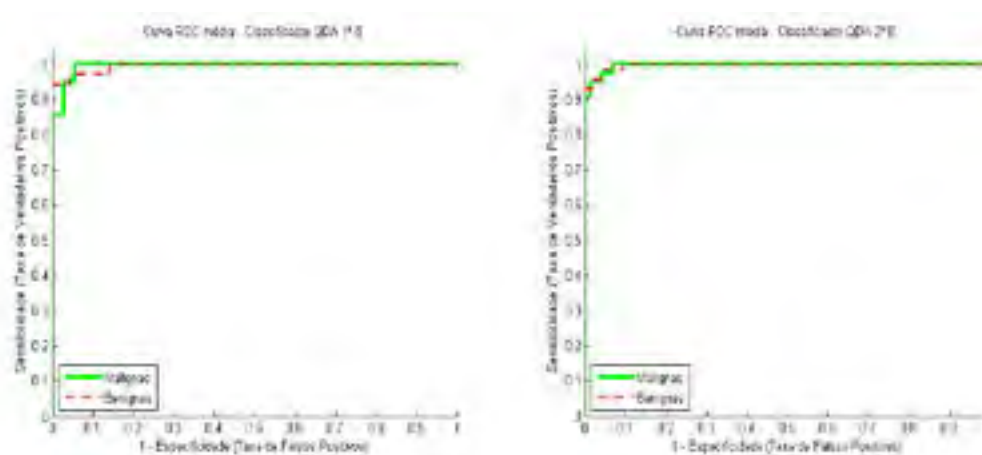


Figura 4. Curvas ROC médias do classificador NB para 1ª B e 2ª B.

Conforme pode ser observado nas Tabelas 5 e 6 fica evidente, em ambos os classificadores, que o aumento do tamanho do bloco de treinamento (1ª B) afeta tanto especificidade quanto o erro de classificação α , que representa justamente o erro de classificar uma amostra negativa como positiva, porém, o mesmo não pode se dizer do erro β . Apesar de esta relação ser na maior parte dos testes diretamente relacionada ao aumento do tamanho da partição, isso não é uma regra, como pode ser observado

nos valores destacados em ambas as tabelas nas linhas 1ª B. 60% e 1ª B. 80% em que os valores de especificidade e erro de classificação α são iguais. Isso pode ser explicado em razão da larga faixa de valores presente em cada um dos 30 atributos de nossas instâncias e da seleção das partições que ocorre de forma randômica.

Frente à análise dos resultados dos dois classificadores, observa-se que o classificador QDA tem melhores taxas de acurácia e sensibilidade (médias) e uma pequena vantagem nos valores de AUC, o que não se mantém quanto às taxas de especificidade e falsos positivos (erro α) onde suas taxas médias se equiparam às do classificador NB. As curvas ROC, por sua vez, evidenciam a qualidade dos testes e a eficiência dos classificadores.

Conclusão

É possível inferir que o diagnóstico de câncer de mama auxiliado por sistemas e técnicas computacionais é totalmente possível, apesar de nada trivial, uma vez que os classificadores tiveram uma taxa média de erros de 7,1% no NB e de 5,1% no QDA (médias) sobre o conjunto de dados.

Pode-se ainda notar que o classificador NB, apesar da sua natureza “ingênua”, possui grande poder de classificação e, talvez, não tenha se saído tão bem quanto o QDA pelo método de discretização adotado, ou por não lidar tão bem com a presença de *outliers*². Quanto ao classificador QDA este mostra grande desempenho na classificação mas assim como o NB peca no que se refere à taxa de falsos negativos, algo que também pode ser explicado pela presença de *outliers*.

Conclui-se por fim, que os dois classificadores são promissores na tarefa de classificar as amostras entre benignas e malignas, o que é comprovado pelos valores de AUC de ambos, ressaltando-se, ainda o fato de que nenhuma análise de *outliers* ter sido realizada sobre essas amostras.

Referências

- [1] World Health Organization. Cancer control: knowledge into action. WHO guide for effective programmes. Vol. 2. World Health Organization, 2007.
- [2] Webb AR. Statistical pattern recognition. John Wiley & Sons. 2003.
- [3] Jain AK, Duin RPW, Mao J. Statistical pattern recognition: A review. IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence. 2000; 22(1), 4-37.
- [4] Andrieu C, De Freitas N, Doucet A, Jordan MI. An introduction to MCMC for machine learning. Machine learning. 2003; 50(1-2), 5-43.
- [5] Mangasarian, Olvi L, W. Nick Street, and William H. Wolberg. “Breast cancer diagnosis and prognosis via linear programming.” Operations Research. 1995; 43.4: 570-577.
- [6] Pena-Reyes CA, Sipper M. Designing breast cancer diagnostic systems via a hybrid fuzzy-genetic methodology. In Proceedings of the 1999 IEEE International Fuzzy Systems Conference. 1999 (Vol. 1, pp. 135-139).
- [7] Singh SP, Urooj S, Lay-Ekuakille A. Breast Cancer Detection Using PCPCET and ADEWNN: A Geometric Invariant Approach to Medical X-Ray Image Sensors. IEEE Sensors Journal. 2016; 16(12), 4847-4855.
- [8] GNU-OCTAVE, O. URL <http://www.gnu.org/software/octave/>. Acesso em 28 jun. 2016.
- [9] Geisser S. Predictive Inference. New York, NY: Chapman and Hall. 1993; ISBN 0-412-03471-9.

2 Em estatística, outlier, valor aberrante ou valor atípico, é uma observação que apresenta um grande afastamento das demais da série⁽¹²²⁾ (que está “fora” dela), ou que é inconsistente. A existência de outliers implica, tipicamente, em prejuízos a interpretação dos resultados dos testes estatísticos aplicados às amostras.

- [10] Kohavi R. “A study of cross-validation and bootstrap for accuracy estimation and model selection”. Proceedings of the Fourteenth International Joint Conference on Artificial Intelligence (San Mateo, CA: Morgan Kaufmann). 1995; 2 (12): 1137–1143. CiteSeerX: 10.1.1.48.529.
- [11] Devijver PA, Kittler J. Pattern Recognition: A Statistical Approach. London, GB: Prentice-Hall. 1982.
- [12] Refaeilzadeh P, Tang L, Liu H. Cross-validation. In Encyclopedia of database systems. Springer US. 2009; pp. 532-538.
- [13] McLachlan GJ, Do K-A; Ambroise C. Analyzing microarray gene expression data. Wiley. 2004
- [14] METZ C. Roc methodology in radiologic imaging. Invest Radiol. 1986; 21(9):720–733.
- [15] Souza C. “Análise de poder discriminativo através de curvas roc.” Disponível em: <http://crsouza.blogspot.com/2009/07/analise-de-poder-discriminativo-atraves.html>. Acesso em 05 set. 2016.
- [16] KOHAVI R. A study of cross-validation and bootstrap for accuracy estimation and model selection. In: International joint Conference on artificial intelligence. 1995; [S.l.: s.n.], v. 14, p. 1137–1145.
- [17] Lichman M. UCI Machine Learning Repository - Breast Cancer Wisconsin [<https://archive.ics.uci.edu/ml/>]. Irvine, CA: University of California, School of Information and Computer Science. 2013
- [18] Asuncion A, Newman D. UCI machine learning repository. 2007.
- [19] Geisser S. Predictive Inference. New York, NY: Chapman and Hall. 1993
- [20] Kohavi R. “A study of cross-validation and bootstrap for accuracy estimation and model selection”. Proceedings of the Fourteenth International Joint Conference on Artificial Intelligence (San Mateo, CA: Morgan Kaufmann). 1995; 2(12): 1137–1143.
- [21] Vassallo P. “Thinking, Fast and Slow.” ETC.: A Review of General Semantics. 2012; 69.4:480-481.
- [22] Gladwell M. Outliers: The story of success. Hachette UK. 2008
- [23] Barros AC, et al. Mastologia: Conduas. Rio de Janeiro: Revinter. 1999; 62-5.
- [24] Instituto Nacional do Câncer (INCA). “Estimativa de incidência de câncer no Brasil para 2014”. 2014.
- [25] Wolberg WH, Street WN, Mangasarian OL. Machine learning techniques to diagnose breast cancer from fine-needle aspirates. Cancer Letters. 1994; 77:163-171.

Contato

Cleiton Paiva Aquino
Instituto de Informática – UFG. Alameda
Palmeiras, Quadra D,
Câmpus Samambaia, CEP 74690-900 -
Goiânia – GO
E-mail: cleitonpaivaaquino@inf.ufg.br
engcleitonpaiva@gmail.com
Fone: (62) 3269-4146 / Cel: (62) 98417-9261

ANÁLISE DE CASOS DE LEISHMANIOSE VISCERAL UTILIZANDO TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO

Audivan Ribeiro Garcês Junior¹, Gabrielle Vieira da Silva Brasil², Luiza Costa Ferreira¹, Zulimar Márita Ribeiro Rodrigues³, José Aquino Júnior³

¹Programa de Pós-Graduação em Saúde e Ambiente/UFMA, São Luís, Brasil

²Programa de Pós-graduação em Saúde do Adulto e da Criança/UFMA, São Luís, Brasil

³Departamento de Geociências/UFMA, Brasil

Resumo: Objetivos: analisar os casos de leishmaniose visceral (LV) notificados no estado do Maranhão entre os anos de 2007 e 2014 por meio de técnicas de geoprocessamento. **Métodos:** a partir das notificações realizadas no período do estudo, foram elaborados gráficos e mapas temáticos utilizando técnicas de geoprocessamento. **Resultados:** os anos de 2012 e 2013 destacam-se por apresentarem o menor e o maior número de casos, 504 e 1.119 respectivamente, porém não ficando distantes da média anual encontrada (815), considerada elevada. A distribuição cumulativa demonstra maior concentração de casos na região leste do Maranhão e nos municípios mais urbanizados. **Conclusão:** a análise dos mapas e gráficos revela a presença da LV em quase todos os municípios, mostrando os principais focos e caracterizando o estado como epidêmico para a doença. As ferramentas de geoprocessamento mostram-se úteis à saúde coletiva ao permitirem o mapeamento de doenças, avaliação de riscos, planejamento e avaliação de ações em saúde.

Palavras-chave: Leishmaniose visceral; Análise espacial; Epidemiologia.

Abstract: Objectives: analysis of cases of visceral leishmaniasis (VL) reported in the state of Maranhão between the years 2007 and 2014 using GIS techniques. **Methods:** from the notifications made during the study period, were elaborated graphics and thematic maps using GIS techniques. **Results:** the years 2012 and 2013 stand out for having the lowest and the highest number of cases 504 and 1,119 respectively, but not getting far the annual average found (815), considered high. The cumulative distribution shows a greater concentration of cases in the eastern region of Maranhão and municipalities with greater urbanization. **Conclusion:** The analysis of maps and graphics reveals the presence of VL in all almost municipalities, showing the focus and characterizing Maranhão as an epidemic state. The GIS techniques prove useful to public health as a tool to allow the mapping of diseases, risk assessment, planning and evaluation health actions.

Keywords: Visceral leishmaniasis; Spatial analysis; Epidemiology.

Introdução

As leishmanioses integram um grupo de doenças enzoóticas e zoonótica causadas por mais de 20 espécies de protozoários do gênero *Leishmania spp.*. No Brasil a espécie *Leishmania infantum chagasi* é o agente etiológico da Leishmaniose visceral (LV) canina e humana, que é transmitida por picada de fêmeas infectadas de flebotomíneos¹. As frequentes e desordenadas mudanças no ambiente, e os intensos processos de ocupação e migração, transformaram o ciclo da doença de essencialmente rural, para urbano, tendo nesse contexto, o cão como principal reservatório da doença².

Estas doenças são consideradas primariamente como uma zoonose, podendo acometer o homem quando este entra em contato com o ciclo de transmissão do parasito, transformando-se em uma antropozoonose. A LV ou calazar é caracterizada como uma doença infecto-parasitaria, não contagiosa, de curso crônico, e que, quando não utilizado o tratamento adequado e completo pode levar o paciente a óbito em 90% dos casos, além de resultar de surtos epidêmicos com elevadas taxas de letalidade^{3,4,5}.

Segundo a Organização Mundial da Saúde⁶, são notificados por ano dois milhões de casos novos da enfermidade no mundo. Na América Latina, 90% dos casos registrados ocorrem no Brasil. No Sudeste, a doença tem crescido e quase dobrou de 2000 a 2011, porém, as regiões mais afetadas ainda são a Norte e Nordeste que juntas, responderam pela maior parte dos casos (71%), entre 1992 e 2011⁷. O primeiro caso notificado de LV no Brasil foi no ano de 1913, no município de Boa Esperança no estado de Mato Grosso, onde se identificou o *Lutzomya longipalpis* como o vetor de transmissão e logo após, descobriram os primeiros casos de infecção canina, sendo a transmissão notificada em quase todas as regiões do Brasil, com exceção da região Sul⁸.

Nos anos 90, aproximadamente 90% dos casos da doença estavam concentrados na região nordeste, atualmente esta região ainda possui a maior concentração de casos, mas a LV está expandindo para as demais regiões do Brasil⁹. No Maranhão, a doença estabeleceu-se como epidemia a partir de 1982 no município de São Luís, capital do estado, com a ocorrência de 1.089 casos no bairro do Tirirical em um período de 15 anos, influenciado diretamente pelo êxodo rural¹⁰. Após expansão da doença para o resto da ilha do Maranhão, em 1988, presenciou-se uma nova fase, onde o estado se tornou endêmico para a doença, status mantido até a atualidade¹¹.

Alguns estudos associam este avanço da doença ao processo de industrialização e urbanização dos municípios maranhenses nos últimos anos^{12,13}. Na última década, 54,8% dos municípios maranhenses registraram a doença¹⁴ e nos últimos anos, diversos estudos revelaram índices de 20 a 60 casos por 100.000 habitantes, principalmente na região metropolitana da capital do estado^{15,16,17}.

Diante da problemática, este trabalho tem como objetivo analisar e representar espacialmente a evolução da distribuição geográfica da LV no estado do Maranhão no período de 2007 a 2014 utilizando técnicas de geoprocessamento.

Materiais e Métodos

Área de estudo

O estado do Maranhão está localizado no nordeste do Brasil, possui um território de 331.936,9 Km², está limitado ao norte com o Oceano Atlântico, ao Sul com o Tocantins, a Leste com o Piauí e a Oeste com o estado do Pará e o Tocantins. Possui uma população estimada em 6.574.789 habitantes, segundo o censo realizado pelo IBGE em 2010, e está organizado em cinco mesorregiões (norte maranhense, sul maranhense, leste maranhense, oeste maranhense e centro maranhense).

Caracterizando o ambiente natural em que o Maranhão está inserido, o mesmo possui uma vasta riqueza natural por estar localizado em um ambiente de transição de diversos ecossistemas, como a Amazônia, o cerrado e a caatinga. Sua localização próxima à linha do equador proporciona um clima tropical com médias térmicas anuais em torno de 26°C e pluviométricas entre 1500 mm a 2000 mm, variando de acordo com a área do estado.

A economia maranhense está baseada, sobretudo no setor de serviços, porém com participação de outros setores no PIB como a indústria e o agronegócio, em 2013 o PIB somou cerca 67,5 bilhões, maior que a média nacional. No setor industrial, sua principal atividade é a extração e transformação de minerais. No agronegócio, destaca-se a produção de milho, arroz e soja, sendo este último um dos principais produtos cultivados no estado, a pesca, a criação de gado e o extrativismo vegetal, com grande participação do babaçu, fruto de uma palmácea abundante no estado¹⁸.

Em relação aos indicadores sociais, o Maranhão ainda apresenta indicadores preocupantes, que são determinantes para a prevalência da pobreza e doenças associadas ao baixo desenvolvimento do estado. Segundo o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento¹⁹, o estado possui o segundo pior IDH do Brasil, com 0,639. Com cerca de 1,7 milhão de pessoas vivendo com até R\$70 por mês²⁰. Ressalta-se que a pobreza no Maranhão é resultado de um processo histórico, influenciados pela ausência de políticas públicas, econômicas e sociais que influenciaram diretamente nas condições de vida da população.

Estas condições socioambientais impelem ao Maranhão características propícias ao desenvolvimento de diversas doenças tropicais, cujos vetores são mosquitos, como as leishmanioses, malária, febre amarela, dengue, entre outras.

Fonte de dados e construção de mapas

Este estudo utilizou como dados os casos de LV humana notificados nos 217 municípios do Estado do Maranhão, pelo serviço de Vigilância Epidemiológica estadual no período de 2007 a 2014. Por tratar-se de doença de notificação compulsória, todos os casos suspeitos devem ser cientificados ao Sistema Nacional de Agravos de notificação – SINAN pela Secretaria Estadual de Saúde do Maranhão (SES-MA). Logo, a pesquisa está enquadrada pela Resolução nº 510 de 07 de abril de 2016 do Conselho Nacional de Saúde, tratando-se de uma pesquisa com banco de dados, cujas informações são agregadas sem possibilidade de identificação individual.

Foram levantados 6.523 casos de LV entre os anos de 2007 e 2014, extraídos do SINAN, disponibilizados pela Vigilância Epidemiológica estadual, contendo os casos notificados por município. Posteriormente foram agrupados nas 5 mesorregiões do estado estabelecidas pelo IBGE; nesta análise foram calculadas as frequências da doença para cada ano, sendo o valor total bruto de casos organizado e tabulado por ano e por município, utilizando-se a ferramenta *Microsoft Office Excel 2007*[®].

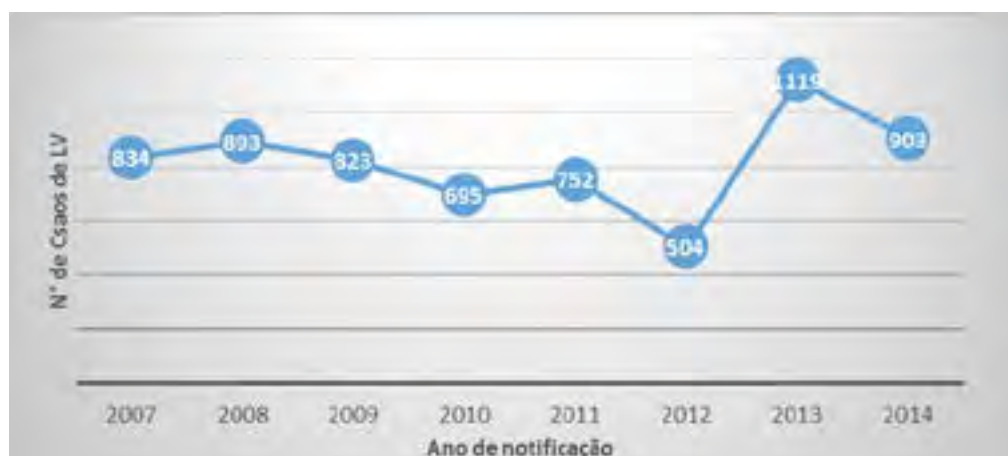
Para as análises espaciais, foram construídos mapas temáticos dinâmicos coropléticos que representam a evolução bianual da ocorrência de casos em todo o estado e o total de casos do período estudado por município. Os mapas temáticos foram confeccionados através do software *ArcGis*[®] na versão 10.1., a base cartográfica utilizada foi do IBGE (2010)²⁰ com projeção do SIRGAS 2000.

A unidade básica de análise foi o município, representada vetorialmente no software por polígonos. O método de geoprocessamento adotado²¹, constituiu na distribuição de dados espaciais cuja localização está associada a áreas delimitadas por polígonos (municípios) visando construir uma aproximação para a distribuição conjunta, estimando sua distribuição e descrevendo o número de ocorrências em cada área. Foram definidas 5 classes para representação cartográfica, obedecendo o método de classificação manual do ArcGis.

Resultados

A partir da análise do banco de dados cedido pela SES-MA, encontrou-se 6.523 casos de LV notificados em todo o estado no período de 2007 a 2014. O gráfico 1 apresenta a distribuição do consolidado de casos ano a ano, no período estudado. Houve flutuação no quantitativo de casos, porém, quando comparados pela média anual no período (n=815), observa-se significativas alterações nos anos de 2012 e 2013.

Gráfico 1: Distribuição de casos de leishmaniose visceral notificados no Maranhão, 2007-2014



Fonte: Secretaria Estadual de Saúde - MA, 2015.

O gráfico demonstra que em todos os anos houve um elevado número de casos notificados. O ano de 2012 apresentou o menor número de casos, 504, e 2013, o maior em ocorrências, com um total de 1.119. O ano de 2014 apresentou 903 casos registrados, também acima da média para o período estudado.

A tabela 1 apresenta a distribuição anual dos casos de LV notificados por mesorregião do estado. Nos anos de 2007 e 2008 a região que mais notificou foi a do leste maranhense, registrando 39% (n=325) e 35,6% (n=318) dos casos respectivamente. Já no ano de 2009, outra região se destacou, a oeste, com 31,5% (n=259) dos casos ocorridos naquele ano. Contudo, neste mesmo ano a região leste ainda manteve um número elevado de casos (227); no ano seguinte, 2010, a região leste manteve índices elevados, ao registrar 31,9% das notificações (n=222); em 2011, o número caiu para 26,2% (n=197), ficando praticamente igual aos valores registrado pela região norte, de 26,3% (n=198); as duas regiões corresponderam a mais de 50% dos casos ocorridos no estado no ano de 2011.

PERÍODO	2007		2008		2009		2010		2011		2012		2013		2014	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
NORTE MARANHENSE	217	26,0%	202	22,6%	193	23,5%	208	29,9%	198	26,3%	134	26,6%	252	22,5%	238	26,4%
LESTE MARANHENSE	325	39,0%	318	35,6%	227	27,6%	222	31,9%	197	26,2%	157	31,2%	422	37,7%	310	34,3%
OESTE MARANHENSE	147	17,6%	207	23,2%	259	31,5%	135	19,4%	159	21,1%	96	19,0%	219	19,6%	189	20,9%
CENTRO MARANHENSE	79	9,5%	107	12,0%	86	10,4%	98	14,1%	127	16,9%	71	14,1%	165	14,7%	124	13,7%
SUL MARANHENSE	66	7,9%	59	6,6%	58	7,0%	32	4,6%	71	9,4%	46	9,1%	61	5,5%	42	4,7%
TOTAL	834	100%	893	100%	823	100%	695	100%	752	100%	504	100%	1119	100%	903	100%

Tabela 1: Número de casos de LV por Mesorregião entre 2007 e 2014

Fonte: Secretaria Estadual de Saúde, 2015.

Em 2012, o cenário continuou o mesmo, as regiões Norte e Leste com maiores números de notificações, correspondendo a 26,6% e 31,2% dos casos para aquele ano. Em 2013, ano em que o estado do Maranhão registrou o maior número de casos, a região leste notificou 422 casos (34,3%) e a norte com 238 (22,5%). No ano de 2014, houve uma redução em relação às notificações no estado, assim como em todas as regiões se comparado aos dados do ano anterior. No total, a região a Leste registrou 33,4% do total de casos do estado ($n = 2.178$), a região Norte 25,2% ($n = 1.642$), a Oeste 21,6% ($n = 1.411$), a região central do estado 13,1% ($n = 857$) e o Sul com 6,7% ($n = 435$) correspondeu a área com menor número de casos de LV.

Na figura 1 ilustra a evolução de casos de LV para o período de forma a compreender como se deu a dinâmica de expansão da doença e a identificação dos municípios ao longo dos anos englobados pelo estudo.

Percebe-se que há uma incidência maior de casos nos municípios da região Leste, Oeste e Norte do estado, coincidindo com os municípios de maior população de suas regiões, como São Luís, São José de Ribamar, Itapecuru Mirim, Caxias, Codó, Timon, Açailândia e Imperatriz.

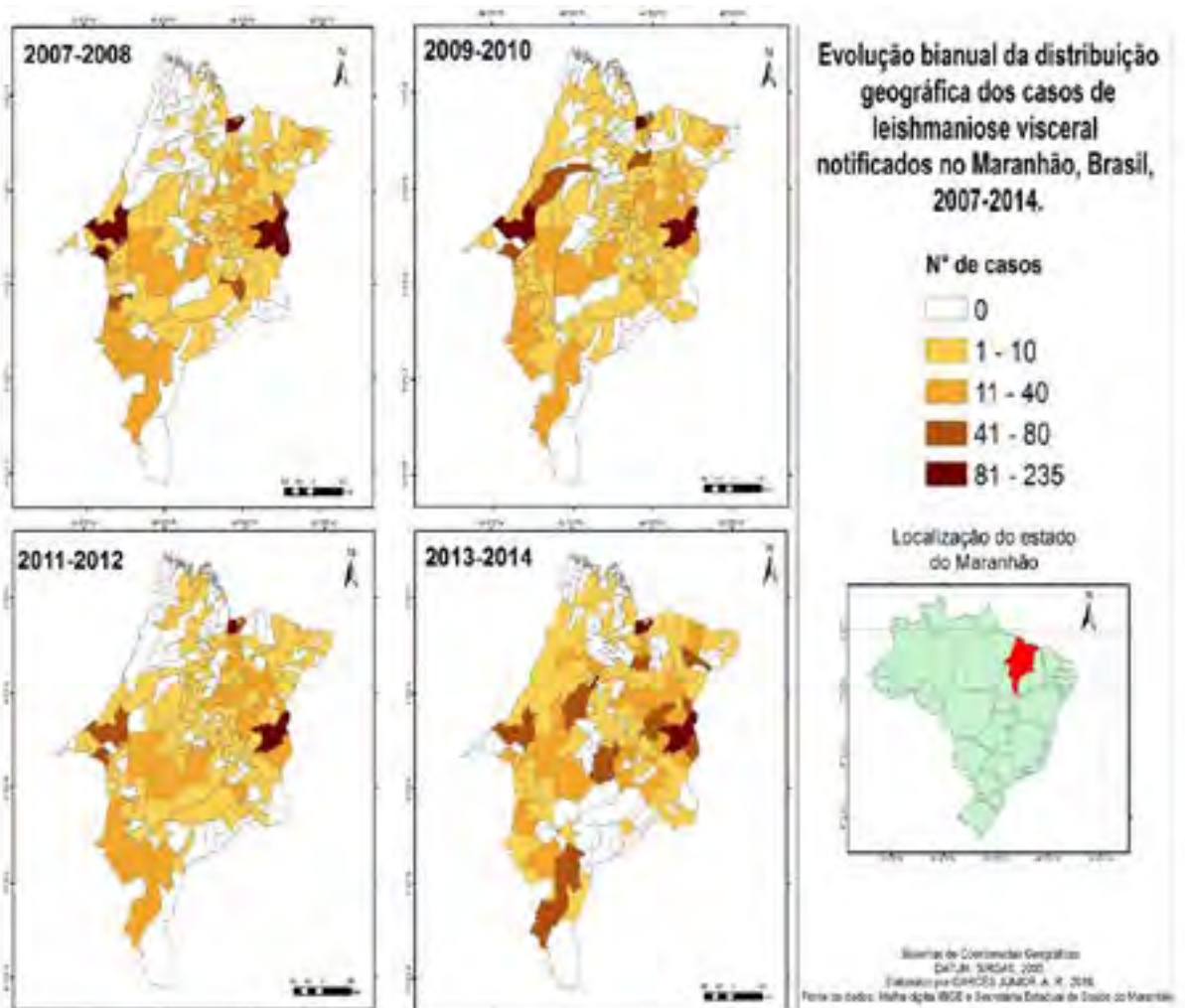


Figura 1 - Evolução bianual dos casos de leishmaniose visceral notificados no Maranhão, 2007-2014

Para o período de 2007-2008, os municípios de Açailândia, Imperatriz, Caxias e São Luís registraram mais de 81 casos. Entre 2009 e 2010, manteve-se o padrão dos anos anteriores, destacando-se neste período a notificação de 41 casos no município de Bom Jardim no oeste maranhense, no entanto, nos anos subsequentes o mesmo município apresentou baixos números de notificação. Nos anos de 2011 e 2012 têm-se os registros maiores que 81 casos, apenas nos municípios de São Luís e Caxias,

todavia, estes municípios apresentaram um número alto de notificações em todo período analisado. Já em 2013 e 2014, observa-se a expansão dos casos no estado, sobretudo na região oeste e norte, e registros entre 41 e 80 casos em municípios do sul maranhense, como na cidade de Balsas, com 42 casos registrados. Não houve registros nos municípios da área sudeste no estado.

A figura 2, mapa da distribuição geográfica cumulativa dos casos notificados entre os anos de 2007 e 2014, demonstra evidente concentração da doença nos municípios do leste do estado, com destaque para os municípios de Caxias (n = 736), Timon (n = 215), Codó (n = 162), Coelho Neto (n = 159) e Colinas (n = 157). Contudo, outros municípios merecem destaque por notificarem também elevado número de casos no período, como São Luís (n = 441) e São José de Ribamar (n = 335), na região metropolitana da capital, e Açailândia (n = 350) e Imperatriz (n = 244) no oeste maranhense. Estes municípios representaram 54% do total de casos no estado.

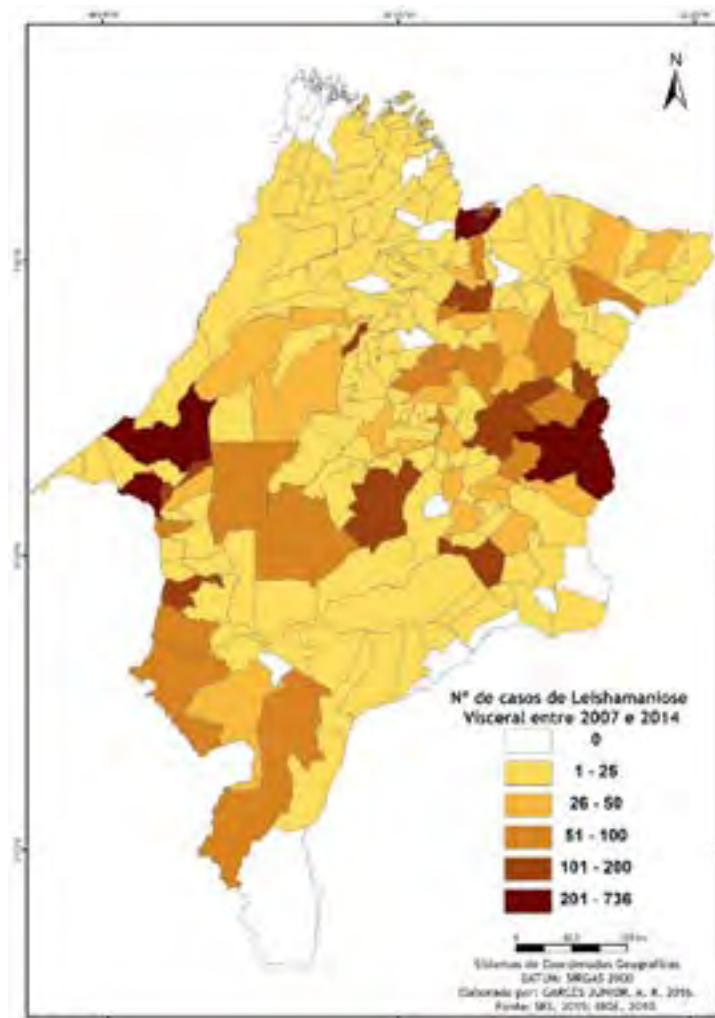


Figura 2: Distribuição cumulativa dos casos de LV no Maranhão, 2007-2014.

Analisando o período, 21 municípios não registraram nenhum caso da doença, os municípios do extremo oeste do Maranhão: Carutapera, Luís Domingues, Godofredo Viana, Cândido Mendes, Amapá do Maranhão, Boa Vista do Gurupi; os municípios do sul: Alto Paranaíba (extremo sul) e Nova Colinas; no Leste: Santa Filomena, São Francisco do Maranhão, Nova Iorque, São Benedito, Supupira do Riachão e Milagres do Maranhão. No norte maranhense, Conceição do Lago-Açu, Penalva, Cachoeira Grande, Mirinzal, Porto Rico do Maranhão, Bacurituba e Peri-Mirim.

Discussão

O uso das tecnologias de geoinformação para suporte às análises ambientais e na geografia da saúde tem sido cada vez mais utilizado em estudos epidemiológicos, inclusive relacionados a doenças de grande impacto na saúde pública, como a dengue e as leishmanioses. A capacidade de integração de informações dos Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) torna as análises epidemiológicas mais eficazes e rápidas, incorporando não somente o tempo, mas também o espaço nas análises em saúde, item este muitas vezes fundamental no planejamento das ações de prevenção, controle e combate de doenças^{22,23,24,25}.

O panorama epidemiológico da LV deixa clara sua franca expansão no Maranhão e um cenário endêmico não satisfatório para as áreas estudadas. Em análise ao consolidado do período, apenas 9,6% dos municípios (n = 21) não notificaram a doença. Na análise bianual da distribuição da doença, houve um avanço significativo de casos pelo estado. Assim, observa-se que as políticas e ações de prevenção e promoção da saúde implantadas pelo Ministério da Saúde, como o Programa de Controle da Leishmaniose Visceral (PCLV), não estão resultando e não conseguem ter sucesso no controle a epidemia no estado.

Os municípios que não registraram casos são locais com baixa densidade demográfica e com pouca disponibilidade e acesso a serviços de saúde, muitas vezes em virtude de fatores políticos, sociais ou mesmo geográficos, assim, tem-se então como hipótese a falta e/ou falha de notificação nestes municípios devido falta de diagnóstico médico – ausência de sinais e sintomas característicos da doença, ou mesmo no retardo à busca pelos serviços de saúde da região por parte dos doentes. Seria importante a constante busca-ativa com equipe de saúde especializada, de possíveis pacientes, nestes municípios.

A LV como doença das minorias e de populações negligenciadas permeia em ambientes de pobreza, destruição ambiental, ocupação e urbanização indevida dos espaços, falta de saneamento, e condições ruins de habitação, cenário este que ainda é realidade de muitos municípios do Maranhão, e somado a isso, sua inserção em ecossistema amazônico, com alta pluviosidade e temperatura, fazem do local um perfeito ambiente para criação e disseminação do vetor. Barata *et al.*²⁶ em seus estudos encontraram uma alta prevalência do mosquito transmissor da LV em ambiente doméstico e peridomiciliar, demonstrando a adaptação do vetor a ambiente fora da mata. Freitas *et al.*¹² encontraram níveis térmicos favoráveis ao desenvolvimento do vetor em criadouros naturais. Camargo-Neves²⁷ também demonstrou a importância da migração do reservatório de áreas endêmicas para aquelas não-endêmicas como fator importante para a expansão da doença.

Neste estudo foi evidenciado uma expansão da doença nos municípios da região oeste maranhense, área que compreende a Amazônia Legal brasileira e que vem ao longo dos anos passando por grandes modificações de suas características naturais, sobretudo em consequência do desmatamento ocasionado por madeireiras na região, bem como pela expansão das cidades com a implantação de projetos industriais que favoreceram um *boom* populacional nos últimos anos em algumas cidades, como Açailândia e Imperatriz.

A região leste, com o maior número de casos registrados, já foi alvo de estudos anteriores, onde o elevado número de casos foi associado às condições socioeconômicas das cidades. Alcântara *et al.*²⁸ evidenciaram a presença de flebotômicos em galinheiros e pocilgas, associando a prevalência desta doença as condições de higiene e manejo inadequado dos mesmos e conseqüentemente proporcionando um ambiente favorável à proliferação do vetor.

Outros fatores podem estar envolvidos na perpetuação e expansão da LV no estado, contribuindo para permanência da endemia. Na ilha do Maranhão, Silva *et al.*¹⁶ identificaram casos da doença durante todos os períodos do ano e coeficientes de incidência em torno de 35,2 casos por 100.000 habitantes entre os anos de 2004 e 2006.

Apesar da análise somente dos dados de notificações, não extrapolando relações complexas entre hospedeiro, agente transmissor, parasita e ambiente, os dados aqui analisados reafirmam a circulação

de *Leishmania spp.*, manutenção de áreas de endemias e expansão para áreas anteriormente sem casos autóctones.

Nas últimas três décadas, é possível observar uma urbanização da doença, fenômeno intimamente relacionado à ação antrópica, a migrações populacionais, a alterações ambientais, ao aumento na interação com animais silvestres e constante presença do cão infectado no ambiente domiciliar sem devido controle zoonótico²⁹.

Conclusão

As mudanças ambientais sozinhas não são suficientes para a geração de epidemias de leishmaniose e a mudança no perfil epidemiológico se associa também a vulnerabilidade socioeconômica das regiões. A mobilidade das pessoas para centros mais desenvolvidos e o baixo impacto das ações de vigilância epidemiológica e das medidas de controles utilizadas, quando não ausentes, ajudam a responder pela expansão da doença.

Apesar da compreensão de problemas existentes nos registros e armazenamento de dados nos bancos de notificações, como o SINAN, este estudo permitiu um diagnóstico da expansão da LV nos últimos oito anos no estado, mapeando áreas de risco e demonstra o quanto as tecnologias e neste caso, os Sistemas Informações Geográficas, podem auxiliar na compreensão da dinâmica da doença a partir de suas diversas variáveis.

Diante a heterogeneidade espacial no que condizem as características socioambientais do estado do Maranhão, como também a existência de áreas de intensa vulnerabilidade social, as análises espaciais permitiram uma visão mais dinâmica da problemática do estado, subsidiando a gestão em saúde desses territórios com a definição de áreas prioritárias para mobilização de combate e controle às diversas patologias, neste caso, da LV, e assim fomentar a elaboração de políticas de controle do agravo e promoção de ações mais efetivas no campo da saúde pública.

Referências

- [1] WERNECK, G. L. Expansão geográfica da leishmaniose visceral no Brasil. *Caderno de Saúde Pública*, Rio de Janeiro, v. 26, n. 4, p. 644-645, abr. 2010.
- [2] ALMEIDA, et al. Canine visceral leishmaniasis: seroprevalence and risk factors in Cuiabá, Mato Grosso, Brazil. *Revista Brasileira Parasitologia. Vet.*, Jaboticabal, v. 21, n. 4, p. 359-365, out.-dez. 2012.
- [3] TEIXEIRA, R. *Experiências vividas com leishmaniose visceral 1954\1980* (Aspectos epidemiológicos e evolutivos). Tese. Faculdade de Medicina da Universidade Federal da Bahia, Salvador, 1980.
- [4] GENARO, O. Leishmaniose tegumentar. In: NEVES, D. P. *Parasitologia humana*. 8 ed. São Paulo: Atheneu, 1995. Cap.7. p. 34-72.
- [5] GONTIJO, C. M. F.; MELO, M. N. Leishmaniose visceral no Brasil: quadro atual, desafios e perspectivas. *Revista Brasileira de Epidemiologia*, São Paulo, 7 (3): 338-349, 2004.
- [6] WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Leishmaniasis**. Disponível em: <<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs375/en/>>. Acesso em: 13 jan. 2015.
- [7] MONTEIRO, D. Cooperação com fundação francesa promete reduzir casos de leishmaniose no Brasil. Agência Fiocruz de notícias. Brasil, 12 de Julho de 2013. Opinião. Disponível em: <<http://www.agencia.fiocruz.br/cooperacao-com-fundacao-francesa-promete-reduzir-casos-de-leishmaniose-no-brasil>>. Acesso em: 31 ago. 2014.
- [8] ALENCAR, J. E.; DIETZE, R. Leishmaniose Visceral (Calazar). In: VERONESI, R. *Doenças infecciosas e parasitárias*. 8 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1991.

- [9] BRASIL. Ministério da Saúde Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância Epidemiológica. *Casos confirmados de Leishmaniose Visceral, Brasil, Grandes Regiões e Unidades Federativas, 1990 a 2011*. 2012. Disponível em: <http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/lv_casos_05_09_11.pdf>. Acesso em 24 jan. 2016.
- [10] MENDES, W. S. et al. Expansão espacial da leishmaniose visceral americana em São Luis, Maranhão, Brasil. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*, v. 35, n. 3, p. 227-231, 2002.
- [11] BARBOSA, D. S. et al. Soroprevalência e variáveis epidemiológicas associadas à leishmaniose visceral canina em área endêmica do município de São Luís, Maranhão, Brasil. *Revista Ciência Animal Brasileira*, Goiânia, v. 11, n. 3, p.653-659, jul. / set. 2010.
- [12] FREITAS, L. C. S.; FEITOSA, A. C. Espaço e saúde: condições socioambientais favoráveis à leishmaniose visceral (lv) na bacia do rio Anajá em Paço do Lumiar - MA. *Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde. Hygeia*. v. 10, n. 18, , p. 33-45. jun. 2014.
- [13] COSTA, J. M. L. et al. Visceral Leishmaniasis in the State of Maranhão, Brazil: Evolution of an Epidemic. *Caderno Saúde Pública*, Rio de Janeiro, 11 (2): 321-324, Apr/Jun, 1995.
- [14] MARANHÃO. Secretaria de Estado da Saúde. Secretaria Adjunta Assistência à saúde. Boletim Epidemiológico/ SINAN - Programa Estadual de DST/Aids. São Luís: Secretaria de Estado da Saúde; 2009.
- [15] BARBOSA, D. S. Distribuição espacial e definição de áreas prioritárias para vigilância da leishmaniose visceral no município de São Luís, Maranhão, Brasil. 2011. 103 f. Dissertação (Mestrado em Epidemiologia e Saúde Pública). Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca, Fundação Oswaldo Cruz – ENSP/FIOCRUZ, Rio de Janeiro, 2011.
- [16] SILVA, A. R. et al. Situação epidemiológica da leishmaniose visceral, na ilha de São Luís, estado do Maranhão. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*. v. 41, n.4, p. 358-364. jul.-ago. 2008.
- [17] FELIPE, I. M. A. Distribuição espacial de infecção por *Leishmania (L) chagasi* e soroprevalência em área endêmica, município de Raposa-MA, Brasil. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2009.
- [18] IMESC, Instituto Maranhense de Estudos socioeconômicos. Produto Interno Bruto do Estado do Maranhão: período 2010 a 2013. v. 1 (2005) - . São Luís: IMESC, 2015.
- [19] PNUD, Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. Atlas do desenvolvimento humano no Brasil. Disponível em: <<http://www.pnud.org.br/atlas/ranking/Ranking-IDHM-UF-2010.aspx>>. Acesso em: 01 de ago. 2016.
- [20] IBGE. Censo Demográfico 2010 – Características Gerais da População. Resultados da Amostra. IBGE, 2012.
- [21] DRUCK, S. et al. Análise espacial de dados geográficos. Brasília, DF: EMBRAPA,2004.
- [22] BRASIL, Ministério da Saúde, 2006. Abordagens Espaciais na Saúde Pública, Brasília. Fundação Oswaldo Cruz, volume 1.
- [23] DANTAS-TORRES, F.; BRANDÃO-FILHO, S. P. Expansão geográfica da leishmaniose visceral no estado de Pernambuco. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*, Uberaba. V. 39., n. 4, jul.-ago. 2006, p. 352-356.
- [24] LIRA, V. A. L.; SÁ, L. A. C. M. Aplicação de Tecnologias de Geoinformação para Espacializar os casos de Leptospirose. In: III SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS GEODÉSICAS E TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO. Recife – PE, 27-30 de Julho de 2010. Disponível em: <https://www.ufpe.br/cgtg/SIMGEOIII/IIISIMGEO_CD/artigos/CartografiaeSIG/SIG/A_263.pdf>. Acesso em: 03 de jan. 2016.
- [25] MULLER, E. P. L., CARVALHO, M. L., MOYSÉS, S. J., 2002. Sistemas de Informação Geográfica em Políticas Públicas. PUCPR. Disponível em: <www.sbis.org.br/cbis/arquivos/1002.pdf>. Acesso em: 23 de dez. 2015.

- [26] BARATA, R. A. et al. Aspectos da ecologia e do comportamento de flebotomíneos em área endêmica de leishmaniose visceral, Minas Gerais. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*, Uberaba, v.38, n.5, p.421-425, 2005.
- [27] CAMARGO-NEVES, V. L. F. A Leishmaniose Visceral Americana no Estado de São Paulo: situação atual. *Boletim Epidemiológico Paulista*, São Paulo, v.4, p.12-14, 2007. Disponível em: <http://www.cve.saude.sp.gov.br/agencia/bepa6_lva.htm>. Acesso em 25 jan. 2016.
- [28] ALCÂNTARA, S.H. et al. Características epidemiológicas e distribuição espacial da Leishmaniose Visceral Americana canina e humana na Cidade de Caxias, no Estado do Maranhão de 2005 a 2010. *PUBVET- Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia*, Londrina, V. 6, N. 35, Ed. 222, Art. 1477, 2012.
- [29] SILVA, A. R. et al . Situação epidemiológica da leishmaniose visceral, na Ilha de São Luís, Estado do Maranhão. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*, Uberaba, v. 41, n. 4, p. 358-364, Ago. 2008.

Contato

Autor: Audivan Ribeiro Garcês Júnior.
Programa de Pós-graduação em Saúde e
Ambiente. Endereço: Praça Madre Deus nº 02
- 2º andar - Bairro Madre Deus - São Luís/MA
- CEP:65025-560. Telefone: 3272/9590.
E-mail: audivanribeiro@gmail.com.

INFORMATIZAÇÃO DAS VISITAS MÉDICAS EM UMA UNIDADE DE EMERGÊNCIA

INFORMATIZATION OF MEDICAL VISITS IN AN EMERGENCY UNIT

INFORMATIZACIÓN DE LAS VISITAS MÉDICAS EN UNA UNIDAD DE EMERGENCIA

Marcelo Alexandre Santos¹, Andre Luis Antonelli Senju¹, Filipe Andrade Bernardi², Eduardo Alexandre Gula³, Gerson Alves Pereira Junior⁴

- 1- Informata Biomédico, Pós-graduando do Programa Interunidades em Bioengenharia, São Carlos/SP - Universidade de São Paulo, Brasil
- 2- Aluno do curso de Informática Biomédica, Ribeirão Preto - Universidade de São Paulo, Brasil.
- 3- Bacharel em Ciência da Computação e Mestre em saúde pela Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto/SP - Universidade de São Paulo, Brasil
- 4- Professor do Departamento de Cirurgia e Anatomia da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto/SP - Universidade de São Paulo, Brasil

Resumo: A visita médica é uma das rotinas mais importantes na Unidade de Emergência, onde o profissional informa a evolução, discute indicações de realização e/ou interpretação de exames e procedimentos, permitindo o raciocínio clínico com a eventual decisão da conduta a ser tomada. Desta forma, as visitas médicas geram uma enorme quantidade de informações para o diagnóstico e tratamento mais precisos. **Objetivo:** Desenvolver um protótipo adaptável a diferentes dispositivos para a informatização da visita médica na Divisão de Cirurgia de Urgência e Trauma da UE-HC/FMRP da USP. **Método:** Realizado em fases: Levantamento de requisitos através de reuniões e visitas aos diversos setores hospitalares, elaboração de uma ficha modelo para destacar as necessidades no momento da visita, adaptação desta ficha para um protótipo informatizado, e aplicação de testes “in loco”. **Resultados e Discussão:** O protótipo foi testado por residentes da UE-HC/FMRP levando em consideração usabilidade e fluxo dos dados durante os atendimentos. Obtivemos os resultados esperados e feedbacks de idéias para a melhoria da plataforma em estudos futuros.

Descritores: Informática Médica, Sistemas de Informação, Medicina de Emergência.

Abstract: A medical visit is one of the most important routines in the Emergency Unit, where staff informs evolution, discusses indications of achievement and / or interpretation of tests and procedures, allowing clinical reasoning with any decision on the action to be taken. Thus, the medical visits generate an enormous amount of information for more accurate diagnosis and treatment. **Objective:** To develop an adaptable prototype to different devices for the computerization of medical visit in the Emergency and Trauma Surgery Division UE-HC / FMRP USP. **Method:** Conducted in phases: Requirements elicitation through meetings and visits to the various hospital departments, developing a model form to highlight the needs at the time of the visit, adaptation of this form for a computerized prototype, and application testing “in loco”. **Results and Discussion:** The prototype was tested by residents of UE-HC / FMRP taking into account usability and flow of data during the calls. We obtained the expected results and feedbacks of ideas to improve the platform in future studies.

Keywords: Medical Informatics, Information Systems, Emergency Medicine.

Descriptores: Informática Médica, sistemas de información, medicina de emergencia.

Introdução

Os atendimentos em situação de urgência e emergência abrangem grande parcela das ocorrências médicas no mundo. De acordo com o Ministério da Saúde do Brasil, em sua cartilha sobre Urgência e Emergência (2001, p.5) “As principais causas de mortalidade na população das regiões metropolitanas, na faixa etária entre 15 a 49 anos, são acidentes, envenenamentos e violências. [...]”¹.

Quanto maior o nível de complexidade no atendimento mais delicado é o cenário dentro de uma unidade de serviços médicos de urgência devido às suas características próprias e os profissionais de saúde que trabalham nesse ambiente estão suscetíveis a altas taxas de erros de diversas naturezas que podem trazer graves consequências². A transição do cuidado que ocorre durante as trocas de turno dos pacientes internados ou sob observação nos serviços de saúde é um ponto fundamental de iniciativas de melhora da qualidade dos cuidados em saúde, pois a falha de uma comunicação adequada está associada à causa de 60% dos eventos sentinelas detectados³. Em 2008, a Organização Mundial da Saúde colocou a comunicação durante a visita aos pacientes como uma das 5 maiores iniciativas de segurança dos pacientes⁴. O acesso rápido e consistente às informações corretas sobre o estado atual e a evolução do paciente em atendimento médico ou já internado nos diversos setores do hospital é de fundamental importância para um atendimento seguro e de boa qualidade. A informática é uma forma de prover esse acesso e no sistema de saúde dos Estados Unidos da América já está presente de forma a oferecer registros de saúde do paciente, dados de internação em tempo real e comunicação entre a equipe de cuidado⁵.

Ainda no cenário de urgência, a visita médica aos pacientes em atendimento ou internados é uma das rotinas mais importantes para acompanhar a evolução clínica, os resultados de exames complementares, a indicação/realização de procedimentos e o processo de raciocínio clínico utilizado nas discussões à beira do leito que geram uma enorme quantidade de informações preciosas para o diagnóstico e tratamento. O armazenamento computacional dessas informações deve ser realizado para ser acessado, de forma ágil, por todos os profissionais envolvidos e nos momentos necessários. Apesar de sua importância não é comum encontrar na literatura estudos sobre esse processo, não há condutas padronizadas consolidadas que possam servir de guia para os médicos e ferramentas que auxiliem nessa tarefa.

Objetivos

Diante da importância dos serviços médicos de urgência, dos problemas existentes e do potencial que a informática biomédica possui para contribuir com a melhoria do atendimento, colaborando para sua eficácia e eficiência o foco do presente trabalho é criar um protótipo funcional que venha a ser a base para um sistema computacional *web*, podendo ser utilizado à beira do leito, que informatize a visita médica, facilitando e tornando confiável o acesso às informações durante as trocas de turnos (plantões) da Divisão de Cirurgia de Urgência e Trauma da UE–HC/FMRP (Unidade de Emergência do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto) da USP (Universidade de São Paulo).

Métodos

Para o desenvolvimento *back-end* foi utilizado o CodeIgniter, escolhido por ser um *framework* de desenvolvimento rápido para a linguagem PHP (*PHP: Hypertext Preprocessor*) que utiliza o padrão MVC (*Model-view-controller*) de arquitetura de *software*^{6,7}, livre, de código aberto e seu núcleo requer apenas poucas bibliotecas, diferente de muitos *frameworks* que requerem significativamente mais recursos. As bibliotecas adicionais são carregadas dinamicamente. As requisições feitas através

dele são claras, suas URL's (*Uniform Resource Locator*) são limpas e amigáveis a sites de busca e suas rotas customizáveis^{8,9}

Para a programação, está sendo utilizada a linguagem PHP, sendo uma linguagem interpretada no lado servidor que através dela gera páginas *web* para serem visualizadas no lado cliente. Criada em 1995 por Rasmus Lerdorf é uma linguagem de programação dinâmica, robusta, veloz, multi-plataforma, livre, licenciada pela PHP License¹⁰ e que pode ser incorporada ao HTML (*HyperText Markup Language*)¹¹, uma linguagem de marcação para estruturação e apresentação de conteúdo *web* que, em sua versão 5.6.2, foi utilizada neste projeto.

Ainda, como linguagem de *script* foi utilizada a linguagem JavaScript que é interpretada no lado do cliente, dentro dos navegadores¹². E para formatação foi utilizada a linguagem de estilo (ou folha de estilos) CSS¹³ (*Cascading Style Sheets*) que formata a apresentação de documentos escritos em linguagens de marcação como a já citada HTML e XML (*Extensible Markup Language*).

O primeiro passo foi conhecer o problema de perto e o funcionamento da UE–HC/FMRP com o intuito de averiguar as necessidades dos usuários e o fluxo das informações. O levantamento dos requisitos foi realizado através de reuniões com o docente responsável, visitas aos diversos setores hospitalares de atendimento e de internação, conversas com os médicos residentes, visitas a outros órgãos responsáveis pela passagem do paciente como a central de regulação e o serviço de atendimento pré-hospitalar além de conversas com especialistas de diversas áreas atuantes dentro de um hospital.

O modelo de processo de *software* utilizado foi a prototipagem, que é um modelo evolucionário e permite a análise progressiva e interativa das necessidades do sistema, dessa forma um primeiro protótipo é desenvolvido e, então, analisado pelo cliente que pode refinar os requisitos e, assim, um novo protótipo é construído até a adequação completa¹⁴. As etapas da prototipagem formam um ciclo e podem ser classificadas em:

- Comunicação: etapa inicial onde engenheiro de *software* e cliente se encontram para definir os objetivos iniciais.
- Plano rápido: rápida estratégia para iniciar o projeto e o desenvolvimento do protótipo.
- Projeto rápido: representação do que é visível para o usuário no *software*.
- Construção do protótipo: etapa em que o protótipo é construído.
- Implantação, entrega e *feedback*: protótipo construído é implantado e avaliado pelo cliente, que com o *feedback*, os requisitos podem ser refinados.

A seguir, baseando-se principalmente nas necessidades dos médicos residentes no momento da visita e em uma breve pesquisa na literatura foi elaborada uma ficha modelo de visitas médicas com as informações necessárias para serem colhidas e analisadas à beira do leito e de como elas deveriam estar dispostas. Esse tipo de ficha até então não existia na unidade e não há nenhum esboço padronizado na literatura ou por órgãos de saúde. O modelo sofreu adaptações de acordo com o docente e médico cirurgião responsável pelo contato direto com os médicos da UE–HC/FMRP. A ficha serviu de base para a construção das telas do protótipo do sistema *web* que por sua vez foram refinadas de acordo com as necessidades dos usuários.

A partir do levantamento dos requisitos a modelagem do banco de dados foi realizada com o apoio do *software* o MySQL Workbench em sua versão 6.3, trata-se de uma ferramenta de modelagem, desenvolvimento SQL (*Structured Query Language*) e administração para criação e manutenção de banco de dados MySQL em um só ambiente. Além de oferecer a possibilidade de uma modelagem rápida e robusta é um *software* de código aberto sob a licença GPL (*General Public License*) e está disponível em duas edições: *Community*, que é livre de pagamentos, e *Enterprise Edition*, que prevê características adicionais a partir de um determinado valor¹⁵. Seu uso não é de alta complexidade e possui uma ampla e atuante comunidade na internet^{16,17}.

Os diagramas E-R (Entidade-Relacionamento) são baseados na percepção do mundo real e consistem de coleções de objetos básicos (entidades) e das relações entre esses objetos, foram elaborados de forma que contemplam o armazenamento dos dados e, suas relações, definidas na análise e levantamento de requisitos. Esses dados podem ser: gerais, como informações pessoais do paciente; clínicos, que acompanham toda a passagem daquele paciente e a evolução de seu caso, como procedimentos e cirurgias realizadas, medicamentos prescritos, resultados de exames efetuados, condutas médicas tomadas, diagnósticos considerados; e auxiliares em gerenciamento como o seguimento ambulatorial.

Como SGBD (Sistema Gerenciador de Banco de Dados) foi utilizado o MySQL, como o próprio nome já indica ele utiliza a linguagem SQL. Possui licença GPL e para situações desejadas provê também uma licença comercial além de inúmeras características positivas como portabilidade, alta compatibilidade com diversas linguagens de programação, estabilidade e facilidade de uso. Sua fácil integração com o PHP fez dele o SGBD mais utilizado para aplicações *web* sendo escolhido por notáveis corporações como o Facebook, Twitter, LinkedIn, Google, Adobe, entre outros^{18,19}. Em novembro de 2015 ocupa a segunda posição no DB-Engines Ranking, um ranking de SGBD's baseado na popularidade, ficando atrás apenas do Oracle²⁰.

Dada a necessidade de o sistema ser utilizado de forma ágil e fácil por diversos computadores e até por dispositivos móveis, sem a necessidade de instalações locais ou versões específicas, optou-se por desenvolver um sistema *web* responsivo²¹, que pode ser acessado por navegadores através da internet ou de uma rede local privada (intranet).

O processo de transferência das informações durante as visitas deve ser classificado como um núcleo de competência e devem ser observados e avaliados com uma prova de eficiência dos estudantes e médicos residentes. A habilidade e prática das visitas médicas continuará a ser relevante em todas as especialidades. Portanto, o ensino precoce, a avaliação da proficiência, e a atenção contínua para a importância do processo de transferência das informações ao longo da formação deve tornar-se o novo padrão²².

Já a usabilidade e ergonomia no desenvolvimento de softwares, aplicados em Sistemas de Informação Hospitalares, devem ser levadas em consideração pois podem gerar grandes impactos nos custos e na qualidade de serviços hospitalares considerando as diferentes classes de seus usuários: médicos, enfermeiros e auxiliares administrativos, além de fatores pessoais de cada usuário como idade, costumes e conhecimento no uso de novas tecnologias²³.

Resultados

Os usuários do sistema para qual foi desenvolvido o protótipo são os médicos residentes da UE-HC/FMRP, separados em três níveis, R1 (Residente no primeiro ano de residência), R2 (Residente no segundo ano de residência) e R3 (Residente no terceiro ano de residência). O acesso ao sistema é permitido apenas para usuários previamente cadastrados, eles devem, portanto entrar com seu respectivo nome de usuário e senha.

A utilização do sistema apenas por usuários que possuem permissão colabora com a segurança e a privacidade das informações. Ainda pode-se realizar o controle por níveis de usuário, permitindo a visualização de dados e ações de acordo com o que cada usuário pode ter acesso, dessa forma os dados se caráter sigilosos são preservados.

Ao acessar o sistema, são listados os pacientes em seus respectivos leitos, basta o residente selecionar a opção desejada para que o caso referente seja carregado.

Ao escolher, uma tela com o resumo dos principais dados a serem vistos pelos médicos no momento da troca de turno e da visita médica é mostrada (figura 1). Essa tela foi desenvolvida com os dados mais relevantes com o intuito de facilitar no momento de conhecimento do caso e na visão geral do mesmo.

Na parte superior, em um cabeçalho principal do sistema, são exibidas informações gerais do paciente (nome, registro hospitalar, gênero, idade e cidade de procedência), do caso (leito atual, trauma

ou não trauma, tempo de internação, data e hora da admissão), onde o tempo de internação é calculado automaticamente de acordo com a data e hora de admissão e a data e hora atual, esse tempo pode ser apresentado em horas ou dias.

Diego Sanchez

Masculino - 21 anos - Procedência: Ribeirão Preto

Data de admissão: 15/11/2015 23:04 - Regulação: Sem informação

Não Trauma

9 Dias de Internação

Visualizar

Resumo das visitas

Editar resumo

Paciente mostra sinais de alcoolismo.

Leitos por onde o paciente passou

Trocar paciente de info

Data de entrada	Setor	Quarto	Leito
15/11/2015 11:30	setor 1	quarto 2	leito 1

Visitas

Data/hora Realização	Autor	Resumo	Conduta	Justificativa de conduta	Responsável
15/11/2015 11:30	Admin	Paciente mostra sinais de alcoolismo.	observação	Continuar em observação até os sintomas passarem.	Marcos Batista

Exames bioquímicos

Exame	Data de solicitação	Data do resultado	Resultado
glic	15/11/2015 11:14	15/11/2015 23:40	7
tipagem_sanguinea	15/11/2015 11:14	15/11/2015 23:40	AB+
castris_preva	15/11/2015 11:14		
hb	15/11/2015 11:14		
ht	15/11/2015 11:14		

Exames de imagem

Exame	Data de solicitação	Data do resultado	Resultado
rx_crânio	15/11/2015 11:18		
img_abdomeni	15/11/2015 11:18		

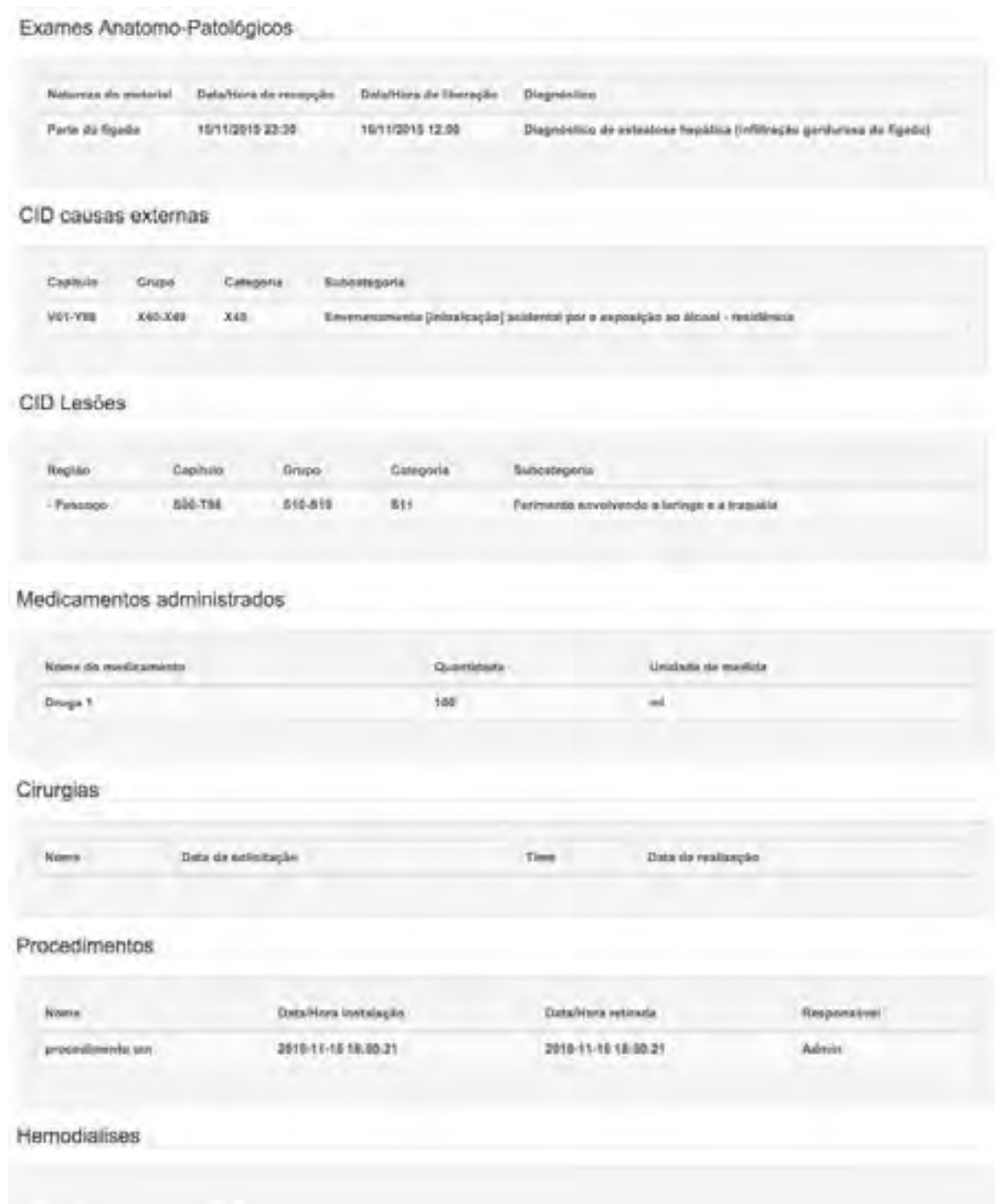


Figura 1: Visão geral da página de evolução clínica do paciente.

Essa página contém o resumo da última visita (uma das poucas páginas com possibilidade de edição), a listagem de leitos por onde o paciente passou (com a possibilidade de troca de leito a qualquer momento), as visitas feitas ao paciente, resultados de exames bioquímicos, de imagem e exames anatomo-patológicos, os diagnósticos estabelecidos, as cirurgias, os procedimentos e os medicamentos.

Discussão

Desenvolvido com base na forma que os alunos de medicina aprendem durante a graduação e residência, o protótipo desenvolvido segue uma lógica de uso e entrada de dados. Dessa forma o uso do *software* pelos profissionais de saúde durante os testes atendeu o esperado, pois os profissionais conseguiram utilizar o sistema sem grandes dúvidas sobre usabilidade.

Durante testes da plataforma uma limitação notada foi a falta de acesso a internet em alguns momentos, impossibilitando seu uso. De forma a eliminar essa limitação o sistema passou por testes de velocidade e melhorias para possibilitar sua utilização a partir de redes 3g e 4g.

Futuramente pretendemos trabalhar com a análise dos dados de utilização do sistema e dos dados de entrada, mostrando alertas para o profissional de acordo com a situação atual do paciente e de acordo com os procedimentos escolhidos durante o atendimento. Assim esperamos prever melhoras, ou piores, dos pacientes e ajudar o profissional a tomar as melhores decisões no atendimento a cada paciente, considerando suas especificidades.

Conclusão

O protótipo possui autonomia suficiente para informatizar as rotinas de visitas médicas e trocas de turno dos residentes, além de processos auxiliares. Porém se integrado com outro sistema existente no hospital permite obter uma informatização mais completa, como o acesso às imagens de exames radiológicos, por exemplo, ou a informatização de todo o fluxo da urgência e emergência.

Todas as informações das visitas médicas realizadas bem como os dados decorrentes de exames bioquímicos e anatomo-patológicos, uso de sangue, laudos de exames de imagens, procedimentos, cirurgias, medicamentos, diagnósticos, sinais vitais, imagens da lesão e condições de alta, foram armazenados computacionalmente de forma validada e podem ser acessados de maneira rápida e fácil pela equipe de cuidado de saúde do paciente.

A informatização das visitas médicas contemplando o caráter dinâmico e móvel é uma maneira de realizar essas e outras etapas do atendimento de forma segura, mais padronizada e com os mesmos dados acessíveis a toda equipe em qualquer momento (inclusive à beira do leito através do uso de dispositivos móveis), melhorando conseqüentemente, a qualidade do cuidado e deixando-o mais rápido, conforme o objetivo do projeto, além de oferecer a possibilidade de integração com outros sistemas do hospital e preservar os dados decorrentes que até então, muitas vezes, estavam apenas em resumos dos médicos residentes e geralmente eram descartados.

O uso de um sistema informatizado em um ambiente que exige precisão e confiabilidade de informações, pode trazer maior segurança e minimização de erros. O acesso rápido e consistente às informações corretas sobre o estado clínico e a evolução do paciente nos diversos setores do hospital de urgência/emergência é de fundamental importância para um atendimento seguro e de boa qualidade. Dessa forma, a atitude de informatizar esta importante atividade profissional coloca em prática os preceitos da informática médica, que para Shortliffé e Perrault é o campo científico que trata do armazenamento, recuperação, e uso otimizado da informação biomédica, dados, e conhecimento para a resolução rápida de problemas e tomada de decisões.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio e financiamento desta pesquisa ao *CNPq* (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) e à *CAPES* (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela concessão de bolsa de estudo.

Referências

- [1] Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria Executiva . Urgência e emergência: sistemas estaduais de referência hospitalar para o atendimento de urgência e emergência. Brasília - DF: Ministério da Saúde, 2001. 28 p. [2016 Jul.04] http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/urgencia_emergencia.pdf
- [2] Linda TK, Janet MC, Molla SD. To Err is Human Building a Safer Health System. Washington: National Academies Press; 2000.
- [3] Arora V, Johnson J. A model for building a standardized hand-off protocol. *Jt Comm J Qual Patient Safety* 2006;32(11):646–55.
- [4] World Health Organization. Action on patient safety: High 5s [Internet]. 2008. [2016 Jul.04]. <http://www.webcitation.org/6kNZnE7bq>
- [5] Sucher JF, Moore FA, Todd SR, Sailors RM, McKinley BA. Computerized clinical decision support: a technology to implement and validate evidence based guidelines. *The Journal of TRAUMA, Injury, Infection, and Critical Care*. 2008;64(2):520–537
- [6] José Carlos M. Padrões de Projeto : O modelo MVC - Model View Controller. macoratti.net [Internet]. São José do Rio Preto; 2010. [2016 Jul.04]. <http://www.webcitation.org/6kNZfYuwz>
- [7] Jonathan L. MVC - O padrão de arquitetura de software. Oficina da Net [Internet]. Vila Velha; s.d. [2016 Jul.04]. <http://www.webcitation.org/6kNYExGVc>
- [8] GABARDO AC. Codeigniter Framework PHP. São Paulo: Novatec; 2010.
- [9] Tércio Z. Configuração de rotas no CodeIgniter. CodeIgniter Brasil [Internet]. Juiz de Fora; s.d. [2016 Jul.04]. <http://www.webcitation.org/6kNY8J3SW>
- [10] PHP [Internet]. 2001. [2016 Jul.04]. <http://www.php.net/>
- [11] Ian H, Robin B, Steve F, Travis L, Erika DN, Edward O, Silvia P. HTML5 A vocabulary and associated APIs for HTML and XHTML. W3C [Internet]. s.d. [2016 Jul.04]. <http://www.webcitation.org/6kNY5RBhz>
- [12] Flanagan D, Ferguson P . JavaScript: The Definitive Guide. 4 Massachusetts: O'Reilly & Associates; 2002.
- [13] Bert B. Cascading Style Sheets home page. W3C [Internet]. 1994. [2016 Jul.04]. <http://www.webcitation.org/6kNY0Lup4>
- [14] Presman, R . Software Engineering: A practitioner's Approach. 6 Estados Unidos: McGraw-Hill; 2005.
- [15] MySQLTM Workbench Reference Manual [Internet]. s.d. [2016 Jul.04]. <http://downloads.mysql.com/docs/workbench-en.a4.pdf>.
- [16] The MySQL Workbench Developer Central Site [Internet]. s.d. [2016 Jul.04]. <http://mysqlworkbench.org/>.
- [17] MySQL [Internet]. s.d. [2016 Jul.04]. <http://www.mysql.com/>
- [18] Why MySQL?. MySQL [Internet]. s.d. [2016 Jul.04]. <http://www.mysql.com/why-mysql/>
- [19] Top 10 reasons to choose mysql for next generation web applications. MySQL [Internet]. s.d. [2016 Jul.04]. <http://www.webcitation.org/6kNXrSmEc>
- [20] DB-Engines Ranking. DB-Engines [Internet]. s.d. [2016 Jul.04]. <http://www.webcitation.org/6kNXnKTFB>
- [21] Design responsivo, entenda o que é a técnica e como ela funciona. Midiatismo [Internet]. s.d. [2016 Jul.04]. <http://www.webcitation.org/6kNXIGxld>
- [22] Date DF, Sanfey H, Mellinger J, Dunnington G. Handoffs in general surgery residency, an observation of intern and senior residents. *American Journal of Surgery*. 2013;206(5):693-7.
- [23] JUNIOR, Sylvio Barbon; MORIGUCHI, Stella Naomi; DE SOUZA, Alex Correa. Contribuições da Interface Usuário-Computador nos serviços hospitalares. *Journal of Health Informatics*, v. 5, n. 4, 2013.

AVALIAÇÃO DE PROGRAMA DE APOIO DIAGNÓSTICO NO ENSINO MÉDICO

Marta Silva Menezes¹, Kleber do Espírito Santo Freire², Marília Menezes Gusmão³, Jeane Franco de Araújo⁴, Ieda Maria Barbosa Aleluia⁵

¹ Professora titular da Escola Bahiana de Medicina e Saúde Pública (EBMSP), Salvador, Bahia, Brasil

² Graduando de Medicina da Escola Bahiana de Medicina e Saúde Pública (EBMSP), Salvador, Bahia, Brasil

³ Discente do Mestrado de Tecnologias na Saúde da EBMSP, Salvador, Bahia, Brasil

⁴ Professora titular da Universidade Católica do Salvador (UCSAL), Salvador, Bahia, Brasil

⁵ Professora titular da Escola Bahiana de Medicina e Saúde Pública (EBMSP), Salvador, Bahia, Brasil

Resumo: Objetivo: avaliar a usabilidade do sistema de apoio diagnóstico, em estudo, com a escala SUS (System Usability Scale) por estudantes e professores do curso de medicina. Métodos: estudo de corte transversal aplicado em amostra de conveniência de estudantes e professores do curso de medicina. O aplicativo e questionários de avaliação foram disponibilizados de forma on-line, utilizado a escala de usabilidade do SUS, para avaliação do sistema. Resultados: Quanto ao escore da usabilidade com SUS a média total foi de 63,62 ($\pm 16,61$), no grupo de professores 62,66 ($\pm 9,23$) e de estudantes 64,64 ($\pm 22,77$) sem diferença estatística entre os grupos, embora com tendência de maior valor no escore para os estudantes. Conclusão: Verificada boa receptividade para a utilização do Sistema de Apoio a Decisões Clínicas no contexto da educação médica. Professores e estudantes contribuíram de forma efetiva para o aprimoramento do aplicativo.

Palavras-chave: Informática Médica; Aplicação de Informática Médica; Informática em Saúde Pública; Educação Médica.

Abstract: Objective: To evaluate the usability of the diagnostic support system, using the SUS scale (System Usability Scale) on students and medical school professors. Methods: Cross-sectional study using a convenience sample of medical students and teachers of the course. The application, evaluation questionnaires and SUS were made available through an online form. Results: The mean SUS score was 63.62 (± 16.61) among all participants, it was 62.66 (± 9.23) among teachers and 64.64 (± 22.77) for students, without statistic difference between the groups, although with a trend of highest score for students. Conclusion: The receptivity to the use of Decision Support Clinical System in the context of medical education was good. Teachers and students have contributed effectively to the application improvement.

Keywords: Medical Informatics; Medical Informatics Applications; Public Health Informatics; Education, Medical.

Introdução

A segmentação da medicina interna em especialidades, e o acesso fácil e simultâneo a inúmeras informações de novos conhecimentos médicos, trazem ao especialista um aumento exponencial na quantidade de novos conhecimentos a serem assimilados. O exercício da medicina baseada em evidências torna-se bastante complexo neste cenário e favorece a sub-especialização, em detrimento de um conhecimento generalista, de fundamental importância para um diagnóstico diferencial adequado.¹

Dentro deste contexto, entende-se que um serviço capaz de apoiar o profissional médico quanto à realização de um diagnóstico diferencial adequado, facilita a investigação diagnóstica e conseqüentemente a tomada de decisão, além de ofertar um serviço facilitado de busca de conhecimentos médicos.^{2,3}

O desenvolvimento de uma máquina pensante tem sido um sonho desde o desenvolvimento das primeiras máquinas computadas, em meado da década de 40. A união destas duas áreas deu origem à Inteligência Artificial. Dentro do contexto dos sistemas que agem racionalmente, duas abordagens principais podem ser utilizadas: raciocínio lógico e raciocínio probabilístico. As Redes Bayesianas são fundamentadas pelo raciocínio probabilístico, sendo estas caracterizadas por diagramas que organizam o conhecimento numa dada área através de um mapeamento entre causas e efeitos. Tratando-se de uma solução tecnológica direcionada a gerar automaticamente predições ou sugestões, requer o uso das Redes Bayesianas para dar suporte a solução. Embora o uso da tecnologia para apoio diagnóstico não seja uma proposta nova, ainda não é uma realidade no cotidiano dos profissionais de saúde, em especial dos médicos.^{4,5}

A proposta deste projeto é disponibilizar um ambiente inovador de apoio ao diagnóstico e à formação continuada, visando o bem maior: a qualificação da assistência médica e redução de erros cognitivos comuns.

A solução tecnológica apresentada consistiu em um serviço interativo em diagnóstico para a busca de conhecimentos médicos. Esta solução foi desenvolvida através do apoio da Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB), através da empresa Parallel Tecnologias de Informação.

A adequada alimentação de conteúdos e modelo do sistema demanda a necessidade de atuação multidisciplinar, aliando o desenvolvedor da área da informática e profissionais médicos, visando atender às reais necessidades dos usuários do sistema.⁶

A exposição de estudantes ao sistema de apoio diagnóstico visa também propiciar sensibilização para o uso acadêmico desta ferramenta durante a graduação e também para educação continuada.

Visando a construção de conteúdo para atender ao ensino médico, vinculou-se a alimentação do ambiente virtual com o projeto de Iniciação científica do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC)/FAPESB. Onde foi escolhido um tema de importância para a saúde pública, a valvopatia reumática crônica, condição que embora de fácil prevenção⁷, ainda é um problema importante, em especial para populações de baixa condição socioeconômica.

É esperado que a experimentação promova o aprimoramento do sistema, estimule a inclusão de outros conteúdos pelos docentes e a utilização pelos estudantes como ferramenta de estudo.

Os objetivos desse trabalho são: avaliar a usabilidade do sistema de apoio diagnóstico, em estudo, com a escala SUS (*System Usability Scale*) por estudantes e professores do curso de medicina; descrever a impressão sobre o sistema e sugestões de estudantes e professores; identificar a intenção de professores em utilizar a ferramenta para inclusão de outros temas médicos.

Métodos

O Sistema de Apoio a Decisões Clínicas (SADC) oferece serviços voltados à orientação e conduta na avaliação diagnóstica para profissionais e estudantes da área médica, sugerindo patologias prováveis para os sinais e sintomas apresentados na avaliação diagnóstica inicial, direcionando e facilitando-a.

No desenvolvimento, foi adotada a linguagem de programação Java. A opção pela escolha é justificada pelas vantagens proporcionadas pela orientação a objetos, portabilidade de código, facilidade de integração com diversos ambientes, facilidade para serialização de objetos e independência de plataforma. Além disto, foi adotado o *framework* Lucene, sendo este um *framework* biblioteca (de uso livre) voltado para a indexação e consulta de informações textuais. A reutilização de ferramentas com o código fonte aberto, além de reduzir os custos com desenvolvimento, facilita a inclusão e adaptação de novas funcionalidades.

A Figura 1, mostra a arquitetura do SADC, composta pelas camadas descritas: interface *Web (Mobile e Desktop)* que se comunica com o motor de decisão, fornecendo os dados através de consultas

realizadas no banco de dados e previamente processadas através das arvores de decisão. As e as figuras 2 e 3 as telas do sistema.



Figura 2 - Interface de abertura do Sistema de Apoio a Decisões Clínicas



Figura 1 - Interface operacional do Sistema de Apoio a Decisões Clínicas

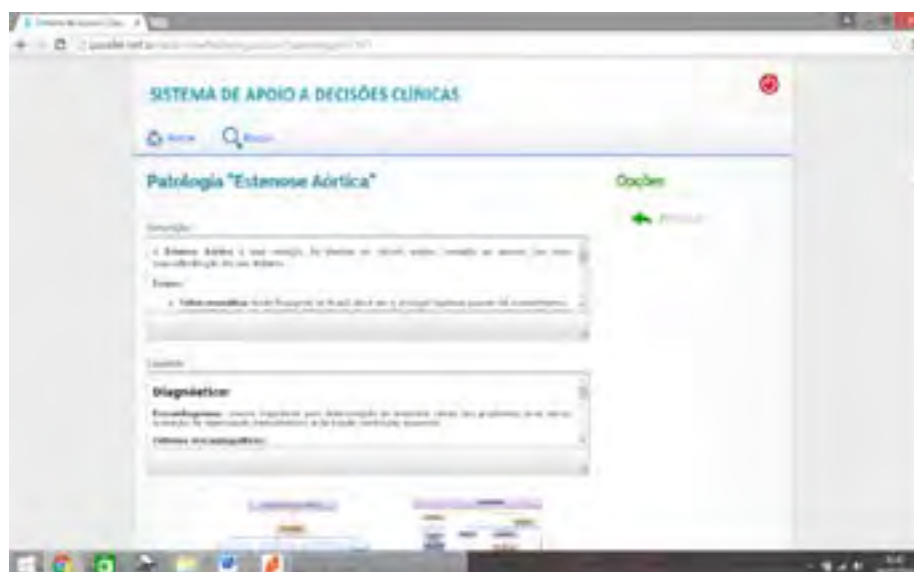


Figura 3 - Interface de uso do Sistema de Apoio a Decisões Clínicas

Esta pesquisa foi aprovada pelo CEP da Escola Bahiana de Medicina e Saúde Pública (CAAE 55408716.4.0000.5544). Serão ainda cumpridas as normas estabelecidas pelo Conselho Federal de Medicina (Resolução do CFM n. 1.821/07, publicada no D.O.U. de 23 de novembro de 2007, Seção I, p.252), e da SBIS (Sociedade Brasileira de Informática em Saúde).

Trata-se de estudo de corte transversal aplicado em amostra de conveniência de estudantes e professores do curso de medicina da Escola Bahiana de medicina e Saúde Pública. O aplicativo e questionários de avaliação, com respostas objetivas e abertas foram disponibilizados de forma on-line, após explanação geral, e assinatura do TCLE. Utilizado o programa *SurveyMonkey*® para aplicação dos questionários, a escala de usabilidade do SUS (*System Usability Scale*) para avaliação da usabilidade do sistema.

A escala SUS é um questionário, de língua inglesa, composto por 10 itens, que avalia a usabilidade, conforme a norma internacional ISSO 9126, de aplicativos e serviços. Essa característica é composta por cinco subcaracterísticas, sendo elas inteligibilidade, apreensibilidade, operacionalidade, atratividade e conformidade. Sua utilização é decorrente de sua facilidade de resposta por parte do avaliador. Foi utilizado o questionário traduzido para língua portuguesa, a fim de manter os critérios de avaliação original.^{3,8,9,10} O questionário SUS, traduzido pode ser observado na Tabela 1.

Tabela 1 – Escala SUS (System Usability Scale) traduzida

1.	Eu acho que gostaria de utilizar este sistema frequentemente.
2.	Eu achei o sistema desnecessariamente complexo.
3.	Eu achei o sistema fácil para usar.
4.	Eu acho que precisaria de apoio e suporte técnico para ser possível utilizar este sistema
5.	Eu achei que as diversas funções neste sistema foram bem integradas
6.	Eu achei que houve muita inconsistência neste sistema
7.	Eu imaginaria que a maioria das pessoas aprenderia a usar esse sistema rapidamente
8.	Eu achei o sistema muito pesado para o uso
9.	Eu me senti muito confiante usando esse sistema
10.	Eu precisei aprender uma série de coisas antes de eu pudesse continuar a utilizar esse sistema

Fonte: BOUCINHA (2013).

Para cada item o avaliador pode pontuar entre um e cinco, correspondendo, respectivamente as afirmações “discordo plenamente” e “concordo plenamente”. O resultado do teste é calculado subtraindo um ponto das questões ímpares, e, nas respostas pares, subtrair o resultado de cinco. Após essas operações, somam-se todos os pontos e multiplica-se por 2,5, variando de zero a 100, a pontuação final.^{3,8,9,10}

De acordo com estudo realizado por Bangor¹⁰, onde foram analisadas a interface de 3.500 produtos (websites, celulares, hardwares etc.), foi observada uma média de resultado de 68.2 para interfaces de internet e de 65.9 para celulares.¹⁰

Resultados e Discussão

O presente estudo foi composto por 30 avaliadores, sendo as características dos mesmos descritos na Tabela 2. Do total, 16 (53,3%) eram professores e 14 (46,7%) estudantes, apresentando equilíbrio quantitativo entre ambo os grupos. No geral, foi identificado um predomínio do sexo feminino, sendo

14 (87,5%) entre os professores e nove (64,3%) entre os estudantes, sendo ambos explicados pela característica do grupo amostral. O grupo de professores convidados a participar do estudo era da cadeira de semiologia, onde se observa predomínio feminino. Com relação aos estudantes, existe predomínio feminino no curso de medicina em percentual semelhante ao apresentado no estudo.¹¹

Tabela 2 – Distribuição de sexo, faixa etária, hábito de uso de aplicativos na saúde, forma de acesso ao aplicativo e usabilidade (SUS) entre grupo de professores e estudantes.

Variáveis	Professores N (%)	Estudantes	Total
		N (%)	N (%)
Sexo			
Feminino	14 (87,5)	9 (64,3)	23 (76,7)
Masculino	2 (12,5)	5 (35,7)	7 (23,3)
Faixa etária			
20 a 29 anos	3 (18,75)	13 (92,9)	16 (53,4)
30 a 39 anos	2 (12,5)	1 (7,1)	3 (10)
40 a 49 anos	4 (25)	-	4 (13,3)
50 a 59 anos	6 (37,5)	-	6 (20)
60 a 69 anos	1 (6,25)	-	1 (3,3)
Costumam usar App	9 (56,25)	11 (78,6)	20 (66,7)
Forma de acesso ao App			
Computador	16 (100)	4 (28,6)	20 (66,7)
Celular/tablete	-	10 (71,4)	10 (33,3)
SUS	62,66 ($\pm 9,23$)	64,64 ($\pm 22,77$)	63,62 ($\pm 16,61$)
Total	16 (53,3)	14 (46,7)	30

No que concerne à faixa etária predominante em ambos os grupos, foi encontrado 11 professores com faixa etária acima dos 40 anos de idade, enquanto que quase todos os estudantes, 13 (92,2%), estavam em uma faixa etária abaixo dos 29 anos de idade. Esses achados são compatíveis com o perfil de estudantes de graduação¹¹ e com o tempo de formação e experiência por parte do profissional para assumir uma carreira de ensino.

Com relação ao uso de aplicativos de saúde no prática médica foi observada uma maior tendência por parte dos estudantes a utilizarem, apresentando resposta positiva em 11 (78,6%) dos participantes, enquanto no outro grupo nove (56,25%) afirmaram realizar uso. Esta tendência, no entanto, não apresentou diferença significativa entres os grupos. Quanto à forma de acesso ao programa, no grupo de professores todos utilizaram o computador, no laboratório de informática. No grupo de estudantes 10 (71,4%) acessaram o sistema pelo celular ou tablet.

A utilização de dispositivos móveis na área da saúde vem aumentando, acrescentando grande contribuição no atendimento médico. Entre as contribuições, destacam-se aplicativo virtual, com auxílio nas tomadas de decisões clínicas, bem como em consulta a exames laboratoriais, posologias de medicações

e prontuários eletrônicos. Outros recursos disponíveis são a possibilidade acoplar dispositivos externos capazes de realizar um eletrocardiograma, aferir pressão sanguínea, entre outras funções. Tais tecnologias auxiliam na difusão de recursos a áreas mais remotas e com menos acesso a saúde.¹²

Quanto ao escore da usabilidade com SUS a média total foi de 63,62 ($\pm 16,61$), no grupo de professores 62,66 ($\pm 9,23$) e de estudantes 64,64 ($\pm 22,77$) sem diferença estatística entre os grupos, embora com tendência de maior valor no escore para os estudantes. O resultado encontrado apresenta um valor próximo aquele apresentado no estudo de Bangor10, onde foram analisado os valores que cada interface deveria apresentar na escala SUS para apresentar um bom resultado, sendo os aplicativos virtuais uma média de 68,2%.

Os fatores que podem ter influenciado em tal diferença, observa-se que no grupo de estudantes, a maioria acessou o sistema pelo celular, o que pode indicar uma acessibilidade desfavorável via essa via. Nota-se também a diferença de faixa etária entre os dois grupos, o que interfere na adesão e facilidade de acessibilidade a recursos tecnológicos. Além da diferença de idades, pode-se inferir que o tempo de formação interfere no uso desses recursos, requerendo ao estudante maior acesso ao auxílio de decisões e posologias, que aos professores médicos.

Identificamos uma maior variabilidade de valores no escore SUS entre os estudantes, quando comparado com os professores. Ao se verificar a lista de comentários dos estudantes, sobre dificuldades com o uso do aplicativo, identificadas questões relacionadas ao acesso predominante pelo celular, quando comparado com o computador. O acesso pelo computador permite melhor visualização e uso dos recursos. Os comentários ajudam a identificar as fragilidades e oportunidades de melhoria:

“Não entendi muito bem o objetivo do sistema, mas achei interessante o conteúdo.”

“No celular o *layout* aparece desconfigurado com sobreposição de estruturas.”

“Eu não achei o aplicativo usuário-*friendly*. O *layout* do aplicativo ficou distorcido na tela do celular. O fato da tela atualizar quando eu escolho uma opção me incomodou um pouco.” “Seria interessante se fosse algo direto sem que eu precise esperar a página atualizar cada vez que adiciono um sintoma.”

“Alguns dos sintomas listados no programa não possuem nenhuma patologia associada, tornando o app limitado. Isso poderia acabar desestimulando as pessoas de usarem o programa. Seria interessante poder fazer a busca no sentido contrário também. Ou seja, apontar uma patologia e ver quais os principais sintomas na manifestação da mesma.”

Os comentários dos professores apontam para aspectos com maior foco no conteúdo e algumas sugestões de melhoria, como descrito abaixo:

“Incluir explicação breve para uso ao lado”

“Vejo com muito bons olhos essas novas ferramentas (app) em saúde.” “Evidentemente que elas deverão sofrer melhorias no decorrer do tempo.”

“Ampliação da lista de sinais e sintomas”

“Poderia ter diagnósticos mais abrangentes para um número menor de sintomas.”

“Melhorar a linguagem dos sintomas”

“No item de conduta acho melhor discriminar conduta diagnóstica e terapêutica. Visualizar uma página mais amistosa, com cor mais confortável à visão.”

“Viabilizar maior número de possibilidades diagnósticas. Por ex: coloquei cardio-embolia e dispneia e não aparece TEP”

“Boa ferramenta para estudo da semiologia”

“Incluir outras patologias.”

Quando os professores foram questionados se teriam interesse em editar conteúdo para este aplicativo, 10 (62,5%) responderam positivamente e sugeriram temas referentes as suas área de atuação, tais como: asma, DPOC, dispneia, tabagismo, dor pélvica, homeopatia, AIDS, dentre outros.

Conclusão

Verificada boa receptividade para a utilização do Sistema de Apoio a Decisões Clínicas no contexto da educação médica. Professores e estudantes contribuíram de forma efetiva para o aprimoramento do aplicativo. As oportunidades de melhoria foram mais evidentes para o celular e *tablet*, onde foram identificados problemas relacionados com o layout. Melhorias no acesso do conteúdo também foram sinalizadas por professores e estudantes.

Agradecimentos

Este trabalho contou com auxílio financeiro da FAPESB/PIBIC, através da bolsa de iniciação científica.

Referências

- [1] Siqueira JE. Tecnologia e medicina entre encontros e desencontros. *Bioética*. 2000; 8(1): 55-67.
- [2] Cardoso JF, Lopes CRS, Queiroz RS, Rosa VA, Vilela ABA. O uso de sistemas especialistas para apoio à sistematização em exames ortopédicos do quadril, joelho e tornozelo. *Ver, Sau.Com*. 2005; 1(1): 24-34.
- [3] Tenório JM, Cohrs FM, Sdepanian VL, Pisa IT, Marin HF. Desenvolvimento e Avaliação de um Protocolo Eletrônico para Atendimento e Monitoramento do Paciente com Doença Celíaca. *RITA*. 2010; 17(2): 210-220.
- [4] Dwyer T. Inteligência Artificial, Tecnologias Informacionais e seus possíveis impactos sobre as Ciências Sociais. *Sociologias*. 2001; 3(5): 58-79.
- [5] Sabbatini, RME. Uso do Computador no Apoio ao Diagnóstico Médico. *Revista Informéica*, 1993; 1(1): 5-11.
- [6] Mendes RD. Inteligência artificial: sistemas especialistas no gerenciamento da informação. *Ci. Inf.*. 1997; 26(1): 39-45.
- [7] Rheumatic fever and rheumatic heart disease: report of a WHO expert consultation on rheumatic fever and rheumatic heart disease. World Health Organization. Geneva, 2001 Oct 29 - Nov 1. Geneva: WHO; 2004
- [8] Boucinha RM, Tarouco LMR. Avaliação de Ambiente Virtual de Aprendizagem com o uso do SUS - System Usability Scale. *Revista Renole - Novas Tecnologias na Educação*. 2013; 11(3): 1-10.
- [9] Brooke J. SUS: A Retrospective. *Journal of Usability Studies*. 2013; 8(2): 29-40.
- [10] Bangor A, Kortum P, Miller J. Determining What Individual SUS Scores Mean: Adding an Adjective Rating Scale. *Journal of Usability Studies*. 2009; 4(3):114-123.
- [11] Conselho Federal de Medicina; Conselho regional de Medicina do Estado de São Paulo. *Demografia Médica Volume 1: Dados gerais e descrições de desigualdades*. São Paulo: CREMESP; 2011. Pag 1-118.
- [12] Costa AC. Um modelo para notificações em mhealth. [tese]. Porto Alegre: Pontifícia Universidade Católica Do Rio Grande Do Sul, 2013. Pag 1-98.

Contato

Marta Silva Menezes, Escola Bahiana de
Medicina e Saúde Pública.

Endereço: Av. Dom João VI, nº 275, Brotas.

CEP: 40290-000. tel.: (71) 3276 8200.

Email: martamenezes@bahiana.edu.br

INFORMATIZAÇÃO DA ADMISSÃO E INTERNAÇÃO HOSPITALAR E, SEGUIMENTO AMBULATORIAL DE PACIENTES TRAUMATIZADOS

COMPUTERIZATION OF ADMISSION AND HOSPITALIZATION AND OUTPATIENT FOLLOW-UP OF PATIENTS TRAUMATIZED

INFORMATIZACIÓN DE ADMISIÓN Y HOSPITALIZACIÓN Y SEGUIMIENTO AMBULATORIO DE PACIENTES TRAUMATIZADOS

Eduardo Alexandre Gula¹, Marcelo Alexandre Santos², Andre Luis Antonelli Senju³, Lucas Roberto de Souza Silva⁴, Gerson Alves Pereira Junior⁵

- 1- Bacharel em Ciência da Computação e Mestre em saúde pela Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto/SP - Universidade de São Paulo, Brasil. (eduardogula@gmail.com)
- 2- Informata Biomédico, Pós-graduando do Programa Interunidades em Bioengenharia, São Carlos/SP - Universidade de São Paulo, Brasil. (marceloalexandresantos1@gmail.com)
- 3- Informata Biomédico, Pós-graduando do Programa Interunidades em Bioengenharia, São Carlos/SP - Universidade de São Paulo, Brasil. (andreluisantonelisenju@gmail.com)
- 4- Aluno do curso de Informática Biomédica, Ribeirão Preto/SP - Universidade de São Paulo, Brasil. (lucas.roberto.silva@usp.br)
- 5- Professor do Departamento de Cirurgia e Anatomia da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto/SP - Universidade de São Paulo, Brasil. (gersonapj@gmail.com)

Resumo: Os atendimentos em situação de urgência e emergência abrangem grande parcela das ocorrências médicas no mundo. Dentro de uma unidade de emergência o cenário se torna cada vez mais delicado e conforme o nível de complexidade de cada atendimento aumenta as taxas de erros são maiores. Para um atendimento seguro e de qualidade, a consistência das informações relacionadas ao atendimento e a facilidade de acesso a elas são fundamentais. **Objetivo:** Desenvolver um sistema *web* para a informatização da admissão e internação hospitalar, e seguimento ambulatorial de pacientes vítimas de trauma na Unidade de Emergência do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo. **Método:** Realizado em fases: Levantamento de requisitos através de reuniões e visitas aos diversos setores hospitalares, desenvolvimento do sistema em versões funcionais, e aplicação de testes “in loco”. **Resultados e Discussão:** O protótipo foi testado por residentes da UE–HC/FMRP considerando usabilidade e fluxo dos dados durante os atendimentos e obtivemos resultados significantes e idéias para a melhoria da plataforma em estudos futuros.

Descritores: Informática Médica, Sistemas de Informação, Medicina de Emergência.

Abstract: The calls for urgent and emergency situation cover large portion of medical occurrences in the world. Within an emergency unit the scenario becomes increasingly delicate and as the level of complexity of each service increases error rates are higher. For a safe and quality service, the consistency of the information related to compliance and ease of access to them are key. **Objective:** Develop a web system for the computerization of admission and hospitalization, and outpatient follow-up trauma patients at the Emergency Unit of the Hospital of Ribeirão Preto Medical School Clinical, University of Sao Paulo. **Method:** Conducted in phases: Requirements elicitation through meetings and visits to the various hospital departments, development of the system in functional versions, and application testing “in loco”. **Results and Discussion:** The prototype was tested by residents of EU-HC / FMRP considering usability and flow of data during the calls and obtained significant results and ideas to improve the platform in future studies.

Keywords: *Medical Informatics, Information Systems, Emergency Medicine.*

Descriptor: *Informática Médica, sistemas de información, medicina de emergencia.*

Introdução

Os atendimentos em situação de urgência e emergência abrangem grande parcela das ocorrências médicas no mundo. Acidentes, envenenamentos e violências superam as doenças cardiovasculares e neoplasias na faixa etária entre 15 e 49 anos em regiões metropolitanas, de acordo com o Ministério da Saúde do Brasil em sua cartilha sobre Urgência e Emergência¹.

Dentro de uma unidade de emergência, o cenário se torna cada vez mais delicado conforme o nível de complexidade de cada atendimento aumenta, o que faz com que as taxas de erros sejam altas. De acordo com dois grandes estudos, pelo menos 44.000 paciente morrem por ano devido a falhas médicas que podem ser definidas como uma ação mal planejada ou mesmo o uso de um plano terapêutico errado e entre esses problemas estão eventos adversos a medicamentos e transfusões inadequadas, lesões cirúrgicas e cirurgias em local errado, entre outros².

Para um atendimento seguro e de qualidade, a consistência das informações relacionadas ao atendimento do paciente e a facilidade de acesso a elas são fundamentais. Sabendo que o atendimento ao paciente ocorre desde sua admissão até o seguimento ambulatorial, passando por diversos profissionais, essas informações precisam ser acessadas por vários profissionais e devem estar organizadas de forma a prover o entendimento de todos.

A informatização de processos das mais variadas áreas já se mostrou como uma forma de ajudar na melhora do atendimento e diminuição das taxas de erros. No sistema de saúde dos EUA (Estados Unidos da América) já está presente de forma a oferecer registros de saúde do paciente, dados de internação em tempo real e comunicação entre a equipe de cuidado³.

Apesar de sua importância, não é comum encontrar na literatura estudos sobre esse processo, não há condutas padronizadas consolidadas que possam servir de guia para os médicos e ferramentas que auxiliem nessa tarefa.

As unidades de serviços médicos de urgência e emergência têm como finalidade prestar atendimento imediato de forma resolutiva e eficaz aos pacientes que necessitam de uma intervenção instantânea. No Brasil isso nem sempre ocorre de forma exclusiva, uma vez que se tornam uma possível porta de entrada ao sistema de atenção à saúde também nos casos que poderiam e deveriam ser resolvidos na atenção básica⁴.

Diante da importância dos serviços médicos de urgência, dos problemas existentes e do potencial que a informática biomédica possui para contribuir com a melhoria do atendimento, colaborando para sua eficácia e eficiência o foco do presente trabalho é criar um sistema *web* que informatize todos os processos que envolvam o atendimento do paciente, a partir da admissão, passando pela internação hospitalar quando necessária até seu seguimento ambulatorial em um retorno agendado, facilitando e tornando confiável o acesso às informações durante cada parte do atendimento que for necessário o acesso a essas informações.

Pensando também na eficiência do atendimento como parte na melhoria da qualidade, algumas fases do atendimento como o registro, acolhimento e classificação de risco, protocolos, sistemas de rastreamento, dispositivos de comunicação sem fios diversas tecnologia de registro de saúde são possíveis soluções para agilizar o processo de atendimento dos pacientes, que se torna crucial durante períodos de lotação, aglomeração, e em surtos. Existem vários relatos na literatura acadêmica sobre o seu efeito dessas soluções no processo de atendimento para melhoria operacional e assim uma melhoria no atendimento⁵.

Métodos

Para o desenvolvimento *back-end* foi utilizado o CodeIgniter, por ser um *framework* de desenvolvimento rápido para a linguagem PHP (*PHP: Hypertext Preprocessor*) que utiliza o padrão MVC (Model-view-controller)^{6,7} de arquitetura de *software* livre, de código aberto e seu núcleo requer apenas poucas bibliotecas, diferente de muitos *frameworks* que requerem significativamente mais recursos. As bibliotecas adicionais são carregadas dinamicamente. As requisições feitas por meio dele são claras, suas URL's (*Uniform Resource Locator*) são limpas e amigáveis a sites de busca e suas rotas customizáveis^{8,9}

Para a programação está sendo utilizada a linguagem PHP, uma linguagem interpretada no lado servidor que por meio dela gera páginas *web* para serem visualizadas no lado cliente. Criada em 1995, é uma linguagem de programação dinâmica, robusta, veloz, multi-plataforma, livre, licenciada pela PHP License¹⁰ e que pode ser incorporada ao HTML (*HyperText Markup Language*)¹¹, linguagem de marcação para estruturação e apresentação de conteúdo *web* que, em sua versão 5.6.2, foi utilizada neste projeto.

Como linguagem de script foi utilizado o JavaScript, interpretada no lado do cliente, dentro dos navegadores¹². Para formatação foi utilizada a linguagem de estilo CSS¹³ (*Cascading Style Sheets*) que formata a apresentação de documentos escritos em linguagens de marcação como a já citada HTML e XML (*Extensible Markup Language*).

O primeiro passo foi conhecer os problemas e o processo de atendimento na UE–HC/FMRP (Unidade de Emergência do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto), com o intuito de averiguar as necessidades dos usuários e o fluxo das informações. O levantamento dos requisitos foi realizado por meio de reuniões com o docente responsável, visitas aos diversos setores hospitalares de atendimento e de internação, conversas com os médicos residentes, visitas a outros órgãos responsáveis pela passagem do paciente como a Central de Regulação de Urgência e o serviço de atendimento pré-hospitalar, além de conversas com especialistas de diversas áreas atuantes dentro de um hospital.

O modelo de processo de *software* utilizado foi a prototipagem, um modelo evolucionário que permite a análise progressiva e interativa das necessidades do sistema. Assim, um primeiro protótipo é desenvolvido e analisado pelo cliente que pode refinar os requisitos e, assim, um novo protótipo é construído até a adequação completa¹⁴. As etapas da prototipagem formam um ciclo e podem ser classificadas em:

- Comunicação: etapa inicial onde engenheiro de *software* e cliente se encontram para definir os objetivos iniciais.
- Plano rápido: rápida estratégia para iniciar o projeto e o desenvolvimento do protótipo.
- Projeto rápido: representação do que é visível para o usuário no *software*.
- Construção do protótipo: etapa em que o protótipo é construído.
- Implantação, entrega e *feedback*: protótipo construído é implantado e avaliado pelo cliente, que com o *feedback*, os requisitos podem ser refinados.

A seguir, baseando-se principalmente nas necessidades dos médicos residentes no momento da admissão e internação hospitalar, assim como no seguimento ambulatorial. O modelo proposto serviu de base para a construção das telas do sistema *web* que por sua vez foram refinadas de acordo com as necessidades dos usuários.

A partir do levantamento dos requisitos, a modelagem do banco de dados foi realizada com o apoio do *software* o MySQL Workbench em sua versão 6.3. É uma ferramenta de modelagem, desenvolvimento SQL (*Structured Query Language*) e administração para criação e manutenção de banco

de dados MySQL em um só ambiente.¹⁵. Seu uso não é de alta complexidade e possui uma ampla e atuante comunidade na internet^{16,17}.

Os dados de entrada durante o uso do sistema podem ser gerais, como informações pessoais do paciente; clínicos, que acompanham toda a passagem daquele paciente e a evolução de seu caso, como procedimentos e cirurgias realizadas, medicamentos prescritos, resultados de exames efetuados, condutas médicas tomadas, diagnósticos considerados; e auxiliares em gerenciamento como o seguimento ambulatorial.

Como SGBD (Sistema Gerenciador de Banco de Dados) foi utilizado o MySQL, que utiliza a linguagem SQL (*Structured Query Language*). Possui licença GPL e para situações desejadas provê também uma licença comercial além de inúmeras características positivas como portabilidade, alta compatibilidade com diversas linguagens de programação, estabilidade e facilidade de uso. Sua fácil integração com o PHP fez dele o SGBD mais utilizado para aplicações *web* sendo escolhido por notáveis corporações como o Facebook, Twitter, LinkedIn, Google, Adobe, entre outros^{18,19}. Atualmente ocupa a segunda posição no DB-Engines Ranking, um ranking de SGBDs baseado na popularidade, ficando atrás apenas do Oracle²⁰.

Dada a necessidade do sistema ser utilizado de forma ágil e fácil por diversos computadores e até por dispositivos móveis, sem a necessidade de instalações locais ou versões específicas, optou-se por desenvolver um sistema *web* responsivo²¹, que pode ser acessado por navegadores por meio da internet ou de uma rede local privada (intranet).

O processo de transferência das informações dentro da unidade de emergência deve ser classificado como um núcleo de competência e devem ser observados e avaliados com uma prova de eficiência dos estudantes e médicos residentes. A habilidade e prática de todos procedimentos médicos continuará a ser relevante em todas as especialidades. Portanto, o ensino precoce, a avaliação da proficiência, e a atenção contínua para a importância do processo de transferência das informações ao longo da formação deve tornar-se o novo padrão²².

Já a usabilidade e ergonomia no desenvolvimento de softwares, aplicados em Sistemas de Informação Hospitalares, devem ser levadas em consideração pois podem gerar grandes impactos nos custos e na qualidade de serviços hospitalares considerando as diferentes classes de seus usuários: médicos, enfermeiros e auxiliares administrativos, além de fatores pessoais de cada usuário como idade, costumes e conhecimento no uso de novas tecnologias²³.

Resultados e Discussão

Os usuários do sistema para qual foi desenvolvido o protótipo são os médicos residentes da UE-HC/FMRP, e existem três níveis R1 (Residente no primeiro ano de residência), R2 (Residente no segundo ano de residência) e R3 (Residente no terceiro ano de residência). O acesso ao sistema é permitido apenas para usuários previamente cadastrados com seu respectivo nome de usuário e senha.

A utilização do sistema apenas por usuários que possuem permissão colabora com a segurança e a privacidade das informações. Ainda pode-se realizar o controle por níveis de usuário, permitindo a visualização de dados e ações de acordo com o que cada usuário pode ter acesso, dessa forma os dados de caráter sigilosos são preservados.

Ao acessar os sistema são listados os pacientes em seus respectivos leitos, bastando o residente selecionar a opção desejada para que o caso referente seja carregado.

Cartão SUS	Nome	Data Nascimento	Passagens
684321	Marcelo Santos	16/09/1990	[Green] [Icons]
827549180943	ANDRE LUIS ANTONIO SENJU	30/04/1983	[Green] [Icons]
	Diego Sanchez	03/03/1994	[Red] [Icons]
	Lucas Roberto de Souza Silva	26/12/1994	[Red] [Icons]

Figura 1: Listagens dos pacientes e suas respectivas passagens pelo sistema.

Ao escolher o paciente, uma tela com os dados mais relevantes na admissão é exibida para os médicos. Nesta tela o profissional segue um passo a passo, da mesma forma que é ensinado na sua graduação, facilitando no momento de conhecimento do caso e na visão geral do mesmo.

Exibimos, em um cabeçalho principal do sistema, informações gerais do paciente (nome, registro HC, gênero, idade e cidade de procedência), do caso (leito atual, trauma ou não trauma, tempo de internação, data e hora da admissão), onde o tempo de internação é calculado automaticamente de acordo com a data e hora de admissão e a data e hora atual, esse tempo pode ser apresentado em horas ou dias.



Figura 2: Cabeçalho de resumo do paciente.



Figura 3: Admissão hospitalar com passo a passo seguido por profissionais.

Ao final da admissão hospitalar é definida uma conduta para o paciente que pode receber alta, ficar sob observação, ser internado, aguardar internação ou ir a óbito. Quando internado, uma nova aba de internação é ativada no sistema mostrando informações relevantes a essa parte. Nessa aba o profissional tem acesso a informações que aconteceram durante toda a passagem do paciente pelo sistema de saúde e pode entrar com mais informações como: exames, medicamentos, procedimentos, cirurgias, sinais vitais, uso de sangue, exames de imagem e diagnósticos de acordo com Código Internacional de Doenças (CID) lesões e CID causas externas.

Utilizando a tecnologia para facilitar cada vez mais o trabalho dos profissionais de saúde e melhorar o atendimento ao paciente, o sistema conta com um banco de CID's de forma que o profissional não precisa lembrar os códigos mas apenas buscar as subcategorias de acordo com cada caso.

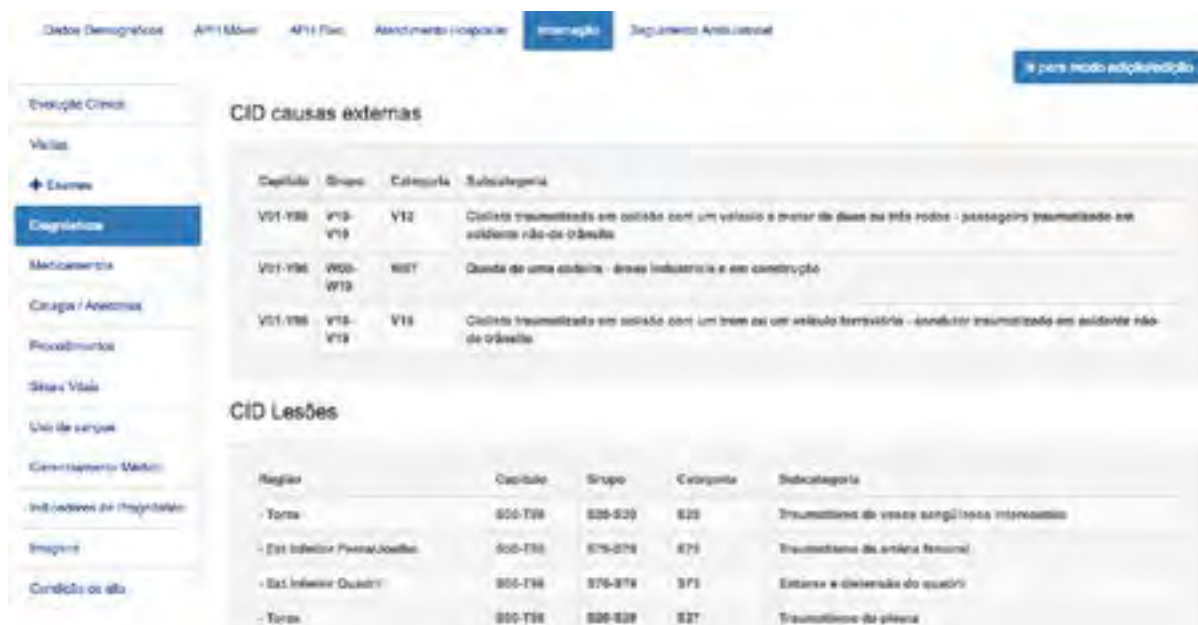


Figura 4: Aba de internação com abas referentes a toda internação.

Ao final da internação, assim como nas outras partes do sistema, o profissional de saúde define uma conduta para o paciente que por essa vez pode receber alta com um retorno já marcado ou ir a óbito. Quando o paciente recebe alta e existe a necessidade desse seguimento, o profissional faz o agendamento dos retornos pelo sistema com informações relevantes como orientações ao próximo profissional que atender esse paciente, orientações a família e tudo que precisa ser checado no dia do retorno para um melhor atendimento do paciente.



Figura 5: Cadastro de retorno, dando seguimento após alta do paciente.

Como os casos de faltas no seguimento ambulatorial não são raros, o profissional de saúde escreve no retorno se o paciente compareceu ou não para uma análise interna posterior.

Conclusão

O protótipo possui autonomia suficiente para informatizar a admissão e internação hospitalar, e seguimento ambulatorial em uma unidade de emergência, além de processos auxiliares. Se integrado com outro sistema existente no hospital permite obter uma informatização mais completa, como o acesso às imagens de exames radiológicos, por exemplo, ou a informatização de todo o fluxo da urgência e emergência.

Todas as informações adquiridas nessa passagem bem como os dados decorrentes de exames bioquímicos e anatomo-patológicos, uso de sangue, laudos de exames de imagens, exames bioquímicos, procedimentos, cirurgias, medicamentos, diagnósticos, sinais vitais, imagens da lesão, seguimentos ambulatoriais, exames físicos, antecedentes e condições de alta, foram armazenados computacionalmente de forma validada e podem ser acessados de maneira rápida e fácil pela equipe de cuidado de saúde do paciente.

A informatização desses processos é uma maneira de realizar essas e outras etapas do atendimento de forma segura, mais padronizada e com os mesmos dados acessíveis a toda equipe em qualquer momento (através do uso de dispositivos móveis), melhorando conseqüentemente, a qualidade do cuidado e deixando-o mais rápido, conforme o objetivo do projeto, além de oferecer a possibilidade de integração com outros sistemas do hospital e preservar os dados.

Espera-se que o uso do sistema em um ambiente delicado possa trazer maior segurança e a minimização de erros. O acesso rápido e consistente às informações corretas sobre o estado e a evolução do paciente nos diversos setores do hospital de urgência/emergência é de fundamental importância para um atendimento seguro e de boa qualidade. Dessa forma, a atitude de informatizar coloca em prática os preceitos da informática médica, que para Shortliffe e Perrault é o campo científico que trata do armazenamento, recuperação, e uso otimizado da informação biomédica, dados, e conhecimento para a resolução rápida de problemas e tomada de decisões.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio e financiamento desta pesquisa ao *CNPq* (*Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico*) e à *CAPES* (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela concessão de bolsa de estudo.

Referências

- [1] Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria Executiva . Urgência e emergência: sistemas estaduais de referência hospitalar para o atendimento de urgência e emergência. Brasília - DF: Ministério da Saúde, 2001. 28 p. [2016 Jul.04] http://bvsmis.saude.gov.br/bvs/publicacoes/urgencia_emergencia.pdf
- [2] Linda TK, Janet MC, Molla SD. To Err is Human Building a Safer Health System. Washington: National Academies Press; 2000.
- [3] Sucher JF, Moore FA, Todd SR, Sailors RM, McKinley BA. Computerized clinical decision support: a technology to implement and validate evidence based guidelines. *The Journal of TRAUMA, Injury, Infection, and Critical Care*. 2008;64(2):520–537
- [4] TOLEDO LCM, FERRER MV. Urgência e emergência: primeiros cuidados projetuais. *Arquitetura de Unidades Hospitalares*. 2004;1(1):87-105.
- [5] Wiler JL, Gentle C, Halfpenny JM, Heins A, Mehrotra A, Mikhail MG, et al. Optimizing emergency department front-end operations. *Annals of Emergency Medicine*. 2010;55(2):142-160.

- [6] José Carlos M. Padrões de Projeto : O modelo MVC - Model View Controller. macoratti.net [Internet]. São José do Rio Preto; 2010. [2016 Jul.04]. <http://www.webcitation.org/6kNZfYuwz>
- [7] Jonathan L. MVC - O padrão de arquitetura de software. Oficina da Net [Internet]. Vila Velha; s.d. [2016 Jul.04]. <http://www.webcitation.org/6kNYExGVc>
- [8] GABARDO AC. Codeigniter Framework PHP. São Paulo: Novatec; 2010.
- [9] Tércio Z. Configuração de rotas no CodeIgniter. CodeIgniter Brasil [Internet]. Juiz de Fora; s.d. [2016 Jul.04]. <http://www.webcitation.org/6kNY8J3SW>
- [10] PHP [Internet]. 2001. [2016 Jul.04]. <http://www.php.net/>
- [11] Ian H, Robin B, Steve F, Travis L, Erika DN, Edward O, Silvia P. HTML5 A vocabulary and associated APIs for HTML and XHTML. W3C [Internet]. s.d. [2016 Jul.04]. <http://www.webcitation.org/6kNY5RBhz>
- [12] Flanagan D, Ferguson P . JavaScript: The Definitive Guide. 4 Massachusetts: O'Reilly & Associates; 2002.
- [13] Bert B. Cascading Style Sheets home page. W3C [Internet]. 1994. [2016 Jul.04]. <http://www.webcitation.org/6kNY0Lup4>
- [14] Presman, R . Software Engineering: A practitioner's Approach. 6 Estados Unidos: McGraw-Hill; 2005.
- [15] MySQLTM Workbench Reference Manual [Internet]. s.d. [2016 Jul.04]. <http://downloads.mysql.com/docs/workbench-en.a4.pdf>
- [16] The MySQL Workbench Developer Central Site [Internet]. s.d. [2016 Jul.04]. <http://mysqlworkbench.org/>
- [17] MySQL [Internet]. s.d. [2016 Jul.04]. <http://www.mysql.com/>
- [18] Why MySQL?. MySQL [Internet]. s.d. [2016 Jul.04]. <http://www.mysql.com/why-mysql/>
- [19] Top 10 reasons to choose mysql for next generation web applications. MySQL [Internet]. s.d. [2016 Jul.04]. <http://www.webcitation.org/6kNXrSmEc>
- [20] DB-Engines Ranking. DB-Engines [Internet]. s.d. [2016 Jul.04]. <http://www.webcitation.org/6kNXnKTFB>
- [21] Design responsivo, entenda o que é a técnica e como ela funciona. Midiatismo [Internet]. s.d. [2016 Jul.04]. <http://www.webcitation.org/6kNXIGxld>
- [22] Date DF, Sanfey H, Mellinger J, Dunnington G. Handoffs in general surgery residency, an observation of intern and senior residents. American Journal of Surgery. 2013;206(5):693-7.
- [23] JUNIOR, Sylvio Barbon; MORIGUCHI, Stella Naomi; DE SOUZA, Alex Correa. Contribuições da Interface Usuário-Computador nos serviços hospitalares. Journal of Health Informatics, v. 5, n. 4, 2013.

GAMIFICAÇÃO E CROWDSOURCING PARA MELHORIA DO COMBATE AO AEDES AEGYPTI

Ruan Pierre Oliveira¹, José Antão Beltrão Moura¹, Marcelo Alves Barros¹, Ana Carolina Policarpo Cavalcante²

¹ Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campina Grande, Brasil

² Universidade Estadual de Pernambuco (UPE), Recife, Brasil.

Resumo: Objetivos: Criar um sistema baseado em conceitos de gamificação e crowdsourcing, para auxiliar no combate/prevenção ao *Aedes aegypti*. Com ênfase nos indicadores: número de notificações de focos do mosquito; tempo médio para gerar relatórios utilizados no planejamento e tempo médio entre a notificação e o recebimento da mesma pelo agente de campo. **Métodos:** Trata-se de um estudo quantitativo-exploratório em parceria com as vigilâncias para a idealização, especificação, implementação e teste piloto do sistema proposto. **Resultados:** Foi produzido um aplicativo móvel para a população realizar notificações que alimentam um sistema de informação na web, georreferenciado e usado pela VA/VE para apoio à gestão de seus serviços. No piloto foi verificado uma melhoria significativa nos indicadores considerados. **Conclusão:** O sistema poderá funcionar como um novo canal de denúncia, assim como auxiliar os processos e serviços da VA/VE para um combate mais eficiente e eficaz ao mosquito e às doenças por ele transmitidas.

Palavras-chave: Crowdsourcing, Aedes, Dengue.

Abstract: Objectives: Develop and apply a gamified and crowdsourcing information system to speed up and improve decision making by sanitary and health agencies (“VA/VE”) as they attempt to prevent the spread of the zika, dengue, and chikungunya viruses transmitted by the *Aedes aegypti* mosquito. **Methods:** Carry out a quantitative-exploratory study in partnership with VA/VE to specify, implement and (pilot) test the proposed system. **Results:** The work produced a gamified, crowdsourced mobile app for the population to feed information on *Aedes aegypti*'s infestation into a geo-referenced web information system. VA/VE use this web IS to manage their operations. The pilot test provided evidence that the partner VA/VE was able to make faster and better decisions. **Conclusion:** The proposed IS may serve as a new *Aedes aegypti* infestation notification channel for the population and as a decision support system for VA/VE for more efficient and effective combat against the mosquito and related diseases.

Keywords: Crowdsourcing, Aedes, Dengue

Introdução

O mosquito *Aedes aegypti* é o vetor responsável pela transmissão do vírus causador de doenças que representam um problema recorrente de saúde pública com alternância de surtos e epidemias de difícil combate. Até há pouco, esse mosquito estava relacionado apenas com a transmissão da dengue e da febre amarela. Entretanto, esse cenário vem mudando com a inserção de novas patologias como a Febre Chikungunya e o Zika Vírus, esse último com uma possível relação com a síndrome de Guillain Barré e o aumento dos casos de microcefalia em bebês¹.

De janeiro de 2015 à 18 de abril de 2016 foram confirmados mais de 740 mil casos de dengue e 4.180 casos suspeitos de microcefalia no Brasil. Apesar desses números alarmantes, estudos apontam uma baixa taxa de notificação, pois nem sempre as pessoas acometidas procuram o serviço de saúde,

ou os canais de denúncia junto à vigilância ambiental e epidemiológica² (aqui indistinta e genericamente chamadas de “VA/VE”) órgãos responsáveis pelo combate ao mosquito, mas que apresentam limitações expressivas – a exemplo dos canais Disk Dengue e Dengue Zap da VA/VE de Campina Grande, PB. Esses canais possuem horário de funcionamento restrito, estão sujeitos a erros ou extravio das informações, e elevado tempo entre a denúncia e o recebimento da mesma pelo agente de campo.

Essas limitações levam à baixa participação da população no combate ao mosquito, principalmente do público jovem, que são os que mais utilizam os meios de comunicação³. Outro fator agravante é falta de relatórios atualizados, tendo em vista que para serem gerados se faz necessário tempo e esforço elevado.

O combate ao *Aedes aegypti* é inegavelmente, uma tarefa difícil. Por isto, parece razoável que o governo se alie à população, uma vez que é esta última que tem mais condições para apontar de forma mais rápida e precisa, focos do mosquito. Dessa forma, a utilização de inteligência coletiva de colaboradores voluntários, no qual cada colaborador, por sua própria iniciativa, contribui com uma pequena parte da solução para um problema complexo, é denominada de *crowdsourcing* na ciência da computação⁴.

Crowdsourcing surgiu como estratégia de criação de bens intelectuais em que o conhecimento e as competências de um grupo de indivíduos externos são utilizados para aumentar o desempenho das organizações; baseando-se na ideia de que várias mentes criativas produzem melhores resultados do que uma única isolada⁵.

Apesar de *crowdsourcing* ser um método eficaz para solução de problemas complexos, ele apresenta algumas limitações, incluindo a veracidade da informação e a eficácia do seu funcionamento – a depender do engajamento da população, o que pode não ser uma tarefa fácil, a considerar que apenas 1% dos usuários das comunidades online contribuem de forma assídua, conforme a chamada “Regra da Participação Desigual”⁶. Apesar da participação dos usuários tender a ser desigual, existem formas para tentar aumentar esta proporção. Uma técnica que tem chamado a atenção dos principais pesquisadores nessa área é a gamificação, que compreende no uso de elementos de jogos em contextos diferentes, com intuito de tornar tarefas rotineiras que costumam ser maçantes, em algo prazeroso e divertido de realizar⁷.

Note que a gamificação não culmina necessariamente, na criação de um jogo (game) específico que aborde o problema, mas sim em utilizar as técnicas, métodos e pensamentos de jogos para resolver problemas no mundo virtual em situação do mundo real⁸. O crescente número de pesquisas sobre gamificação resultou na sua utilização em diversas áreas, como por exemplo, saúde pública. Na qual, gamificação associada ao uso de dispositivos móveis (*mHealth*) é utilizado para aumentar a adesão ao tratamento de doenças crônicas como diabetes e hipertensão arterial e até mesmo diagnóstico de cardiopatias congênitas⁹.

Com relação à escolha dos elementos de jogos, e como aplicá-los em diversos contextos, isso dependerá da finalidade do projeto. Alguns autores sugerem a utilização do PBL - *Points, Badges and Leaderboards*, que são baseados em pontos, medalhas e tabelas de líderes. Esses são os elementos mais básicos de um jogo a serem utilizados com a finalidade de promover alterações no comportamento dos usuários. As alterações podem ser estimuladas por meio de recompensas extrínsecas, equivalentes às ideias da economia comportamental, além de elementos como: desafios e missões, sistema de recompensas, níveis, feedback, socialização e integração com mídias sociais¹⁰. Destarte, este artigo trata de esforços de P&D que juntam *crowdsourcing* e gamificação com objetivo de criar um sistema que auxilie no combate/prevenção ao *Aedes aegypti*. Com ênfase nos indicadores: número de notificações de focos do mosquito; tempo médio para gerar relatórios utilizados no planejamento e tempo médio entre a notificação e o recebimento da mesma pelo agente de campo

Métodos

A pesquisa realizada consiste em um estudo quantitativo de abordagem exploratória no qual foi utilizado o procedimento técnico de pesquisa-ação. Segundo Gil¹¹ o estudo exploratório é adequado quando há pouco conhecimento sobre a temática a ser abordada e se deseja conhecer, com maior profundidade o assunto.

Dessa forma, se fez necessário realizar alguns estudos exploratórios que segmentaram a pesquisa em nove fases. Tendo em vista que os estudos envolveriam pesquisa com seres humanos, identificaram-se os princípios éticos a regular tais pesquisas, conforme resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde (CNS) que preconiza no seu capítulo III, que as pesquisas envolvendo seres humanos devem atender às exigências éticas e científicas fundamentais destacando, entre seus princípios éticos (capítulo III, item 2.g), a necessidade do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido - TCLE dos indivíduos alvo. Assim, esta pesquisa foi submetida ao Comitê de Ética e Pesquisa do Hospital Universitário Alcides Carneiro de Campina Grande, PB, tendo sido aprovada pelo parecer CAAE No47719615.6.0000.5182.

A primeira fase da pesquisa envolveu uma investigação de campo com intuito de conhecer melhor o trabalho no dia-a-dia da VA/VE. Nesta fase e durante uma semana foram feitas visitas diárias aos setores da VA/VE de Campina Grande, PB, com o objetivo de observar a dinâmica de trabalho e identificar pontos críticos nos processos destas vigilâncias. Ficou clara a escassez de recursos humanos e materiais, particularmente tecnológicos, capazes de auxiliar com eficiência o combate ao mosquito.

Após o conhecimento ainda superficial dos processos de trabalho da VA e da VE, surgiu a necessidade de se realizarem entrevistas com os profissionais destas vigilâncias para detectar os pontos críticos vivenciados e delimitados por eles (fase 2). Foram entrevistados dez profissionais das duas vigilâncias; o método utilizado foi de entrevista semi-estruturada com perguntas acerca dos processos de combate à dengue, dificuldades enfrentadas nestes processos assim como o que poderia ser melhorado. Os resultados corroboraram com o que já tinha sido observado na investigação de campo: falta de recursos humanos e materiais (tecnológicos), o que dificulta a ação das vigilâncias em tempo hábil para combater a proliferação do mosquito; canais para denúncia com funcionamento em horários restritos e morosidade no repasse de informações para os agentes de saúde.

Devido aos relatos dos profissionais sobre as limitações do canal disk dengue, fez-se uma investigação sobre a percepção da população quanto ao atendimento e resolutividade desse meio de denúncia (fase 3). O canal foi usado para denúncias seguindo o processo definido pela VA/VE integralmente (do início ao fim) e avaliou-se o canal e atuação da VA/VE através da aplicação de um questionário aberto junto aos usuários que utilizaram o canal. As respostas deram base para delimitação do problema de pesquisa. Respostas e sugestões colhidas indicaram: o atendimento telefônico foi considerado bom; não se obteve retorno da VA/VE sobre a denúncia; não foram realizadas ações para resolução da denúncia; o fato de não ter tido retorno desmotiva tentativas de novas denúncias; a denúncia não foi resolvida razão pela qual avaliou-se sua resolutividade como péssima; os pontos que poderiam ser melhorados seriam o horário de funcionamento e a melhor divulgação do número de telefone do canal; teve-se acesso ao número do disk dengue através da vigilância ambiental; transcorreram 48h do momento em que se precisou do número até o momento da denúncia; avaliou-se, como interessante, o uso de outras formas de denúncia como, por exemplo, um programa de computador, pois isto aumentaria e facilitaria o acesso à vigilância ou órgãos responsáveis às informações prestadas (os dados solicitados pela vigilância ao telefone, foram: nome do denunciante, endereço, ponto de referência, telefone para contato e motivo da solicitação).

As fases acima (1 a 3) serviram como base para definição dos principais problemas e identificação das métricas de sucesso na fase 4. Diante das limitações dos canais de denúncia e das restrições dos processos utilizados, as métricas de sucesso validadas pela VA/VE foram: Número (quantidade) de notificações em um determinado período; tempo médio para gerar relatórios utilizados no

planejamento de ações da VA/VE ; e, o tempo médio entre notificação e recebimento da mesma pelo agente de campo.

Na fase 5 foi definida a arquitetura do sistema-solução proposto – o CrowdDengue¹² (na oportunidade da nomeação, a dengue era a principal preocupação da saúde pública), e apresentado juntamente com os screenshots das telas do aplicativo para a VA/VE e potenciais jogadores, um questionário de avaliação da solução como um todo foi aplicado. Na sexta fase foi criado e apresentado um protótipo inicial para o CrowdDengue, chamado de alfa, composto pelas principais telas, porém sem a integração dos dois sistemas (partes móvel e web). Nesta fase também foi realizada uma priorização das funcionalidades que deveriam ser implementadas na sétima fase. O diagrama abaixo demonstra os módulos arquiteturais do sistema assim como o esquema de acesso das funcionalidade.

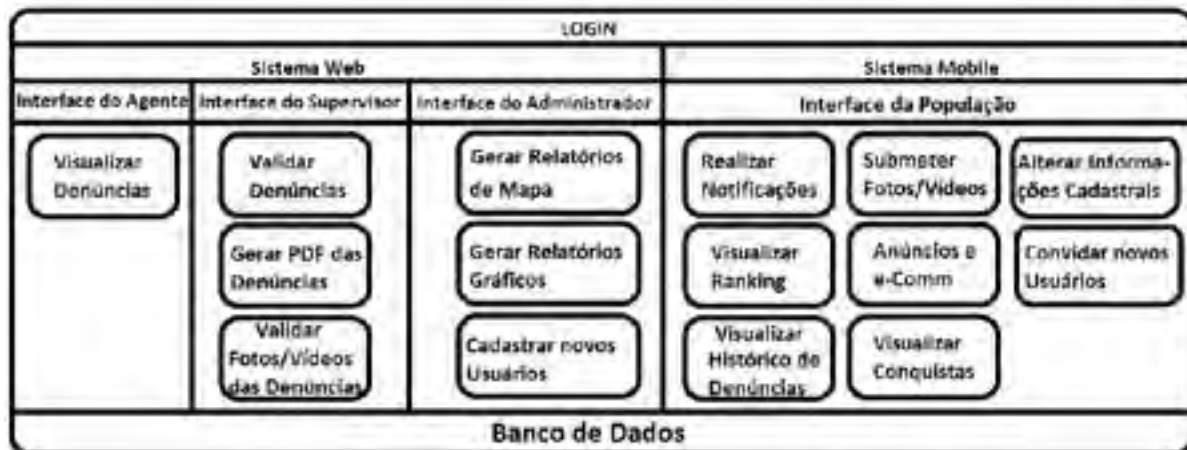


Figura 1: Módulos Arquiteturais e Esquema de Acesso ao CrowdDengue.

As fases 4, 5, 6 e 7 foram realizadas de forma cíclica devido à sua criticidade e à necessidade de ajustes por parte dos stakeholders para que fossem modificadas de acordo com a necessidade da VA/VE. A implementação das funcionalidades do CrowdDengue na fase 7 obedeceu as prioridades escolhidas pela VA/VE. A plataforma usada para implementar o aplicativo mobile foi a linguagem Android que é o sistema operacional da maioria dos smartphones da atualidade. Para a construção do aplicativo web foi utilizado JSF (Java Server Faces) que disponibiliza componentes visuais pré-prontos, também foram disponibilizados serviços para a comunicação entre aplicativo mobile e o banco de dados do sistema web. O banco de dados utilizado foi o H2, que pode ser integrado em aplicativos que utilizam a linguagem de programação JAVA, além de ser um software open source e ocupar 1.5 MB. Na nona e última fase foram realizados o teste piloto e a análise quantitativa dos dados.

Resultados – O Jogo e o SI Web

O principal resultado do estudo é o software *CrowdDengue* – um jogo para dispositivos móveis que alimenta um sistema de informação Web para apoio no combate ao mosquito *Aedes aegypti*.

Na parte lúdica do software (aplicativo mobile) a população realizará 4 ações: denunciar focos de *Aedes*, destruir focos de *Aedes*, denunciar casos de dengue, zika e chikungunya e realizar agendamento de imóveis fechados. Essas funções podem ser realizadas com um toque em qualquer um dos ícones presentes na parte inferior da primeira tela (figura 2). A população poderá realizar as ações supracitadas em qualquer hora ou local, onde quer que esteja, utilizando o mapa georreferenciado. Caso o usuário prefira notificar posteriormente, utilizando sua posição atual, o aplicativo marca a geolocalização do jogador e a reinsere automaticamente quando esse desejar enviar a notificação para

o SI Web (acessível pela VA/VE). O jogador também poderá disponibilizar provas que facilitem a identificação das suas marcações, as quais podem ser fotos ou vídeos.

O usuário terá outra forma independente do GPS para realizar denúncias; por exemplo, se o mesmo no momento em que encontra o foco, não esteja com acesso à internet, poderá reportar o foco quando tiver acesso à mesma; basta que ele localize o endereço desejado no mapa e confirme a denúncia. Antes de acessar qualquer uma das ações o usuário precisa realizar o login utilizando suas credenciais. Todas as informações disponibilizadas pelo jogador serão validadas pela VA/VE.

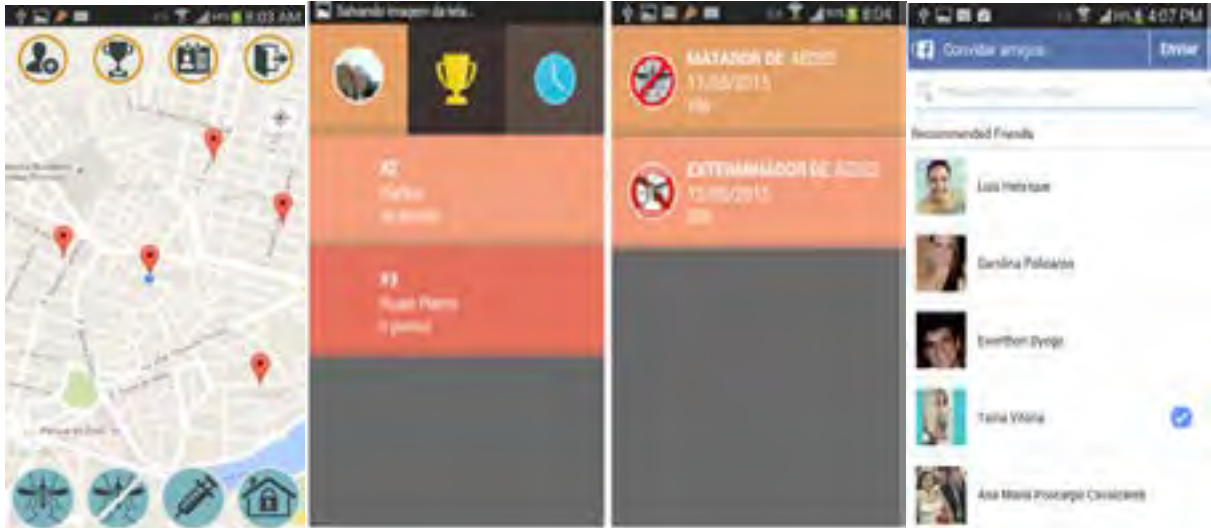


Figura 2: Tela principal/ranking/conquistas/convidar amigo no aplicativo mobile.

Para atrair a população a “jogar contra o Aedes”, o *CrowdDengue* usa dois tipos de motivação: intrínsecas, incluindo motivações de base e comunitária, pois o indivíduo com o senso de comunidade acurado terá prazer e diversão ao contribuir na busca de um bem comum para a sociedade (o jogador poderá obter os mesmos sentimentos, através da competição, que resultará em mudança de patente, nível e obtenção de conquistas - Figura 2); e, extrínsecas que remetem à motivação social e que estão presentes na forma de prestígio e status, através do ranqueamento. Cunha, Gasparini e Berkenbrock¹³ citam isto como estratégia baseada em reputação para motivar as pessoas que desejam se associar com instituições que têm prestígio.

Uma outra estratégia para fazer com que novos usuários baixem e difundam o aplicativo móvel, é o uso de convites pela rede social, Facebook (Figura 2). Figueiredo¹⁴ corrobora com essa estratégia quando afirma que para obter êxito em aplicações baseadas em crowdsourcing é necessário que a plataforma dê suporte aos participantes recrutarem membros de outras comunidades como, por exemplo, redes sociais online e esses, por sua vez, possam difundir seu aplicativo cada vez mais.

O aplicativo móvel do *CrowdDengue* essencialmente transforma jogadores em agentes voluntários da VA/VE local, que atuarão no combate ao Aedes, mas sem os custos (adicionais) correspondentes.

Para a VA/VE local, o sistema web servirá de apoio à tomada de decisão, pois terá entre suas funcionalidades, a geração de relatórios online e automáticos em tempo real, com os dados disponibilizados pela população. Cada denúncia realizada pelos jogadores no sistema mobile será automaticamente salva no mesmo banco de dados utilizado pela aplicação web; assim a VA/VE terá acesso a todas as denúncias realizadas no jogo. Essa terá, como papel, validar as notificações realizadas por cada jogador. Após realizar o login, profissionais da VA/VE terão acesso à tela contendo um mapa no qual cada denúncia é representada através de um pino vermelho inserido no mapa georreferenciado e as informações sobre as notificações tornar-se-ão visíveis ao clicar em qualquer um dos pinos (Figura 3).

O sistema web é relevante na solução, pois, além das funções já descritas, é responsável através das suas validações, por atualizar o mecanismo de pontuação do jogo, ou seja, a cada denúncia validada

no sistema web o jogador terá um acréscimo na sua pontuação que poderá variar de acordo com as provas enviadas.

Esse sistema disponibilizará dois tipos de relatórios georeferenciados: o primeiro é um mapa contendo pinos com todas as denúncias feitas em um intervalo de tempo; o outro é um relatório de calor, no qual as áreas do mapa que contém uma maior incidência de denúncias estarão pintadas de vermelho, já as que contiverem menor incidência estarão de verde no mapa. Já em relação aos relatórios gráficos, a VA/VE optar por: tipo linha, tabela, pizza e histograma.



Figura 3: Sistema georeferenciado da VA/VE.

Discussão – Avaliação do Sistema Proposto

O *CrowdDengue* foi testado e avaliado em várias situações e ambientes, incluindo a Universidade Federal de Campina Grande – UFCG e as vigilâncias locais. A definição de experimento para teste externo foi feita através de pesquisa com profissionais da VA/VE, que escolheram o bairro de Presidente Médici na cidade de Campina Grande – PB, justificado por possuir o maior índice de infestação do mosquito. De fato, dados estatísticos extraídos do Levantamento Rápido do Índice de infestação por *Aedes aegypti*, (LIRAA), revela que enquanto o município de Campina Grande era detentor de um aumento de 4,9% em março para 7,6% em julho de 2015, o bairro Presidente Médici subia para 11,5%, sendo o detentor do maior LIRAA.

Para a amostra de participantes no experimento, realizou-se um trabalho social envolvendo os agentes da VA/VE mobilizando a população do bairro em questão quanto à importância da participação na pesquisa. A partir desse ponto, foi definido um grupo de participantes os quais se voluntariaram a participar do experimento, perfazendo o total de trinta pessoas. Os participantes tinham idade entre 20 e 36 anos, em sua maioria solteiros e com no mínimo o ensino médio completo, sendo 53,33% do sexo masculino e 46,66% do sexo feminino. Além dos trinta jogadores, o experimento contou também, com a participação de alguns membros da VA/VE local que atuaram como agentes para validação dos focos reportados pelos jogadores, como supervisores para geração de relatórios que serviria de apoio a decisão.

Para avaliar, de forma quantitativa, o desempenho do *CrowdDengue* sobre o Disk Dengue e Dengue Zap, foram realizados estudos com o objetivo de relacionar os três métodos de denúncia em questão. No primeiro estudo comparou-se o quantitativo de notificações das formas tradicionais com o *CrowdDengue* durante o período de tempo, de 13/07 à 17/07 de 2015, dessa forma, pode-se verificar que a nova ferramenta obteve números superiores em todos os dias do monitoramento (Figura 4); no

dia 16/07 este método obteve o melhor desempenho alcançando 12 denúncias enquanto os demais não tiveram nenhuma.

Com relação ao sumarizado da semana, o *CrowdDengue* somou 38 notificações; já o Disk Dengue e Dengue Zap obtiveram, respectivamente, 4 e 5 notificações, ou seja, o novo canal teve um crescimento de 760% sobre o total de notificações pelo Dengue Zap e de 850% sobre o Disk Dengue, ou ainda, de 322% sobre a soma dos totais de notificações do Disk dengue e Dengue Zap no período de avaliação. Vê-se assim, que o estudo aponta indícios de que o novo canal para notificações terá maior eficácia que os dois outros existentes.

Aparentemente não foram encontrados trabalhos relacionados sobre outras ferramentas gamificadas como o *CrowdDengue* ou que produzam medidas de sucesso equivalentes àquelas escolhidas pela VA/VE e discutidas aqui. Por isto, não se fazem comparativos de resultados do *CrowdDengue* com aqueles de outras ferramentas que tenham estratégia ou objeto de pesquisa semelhantes.

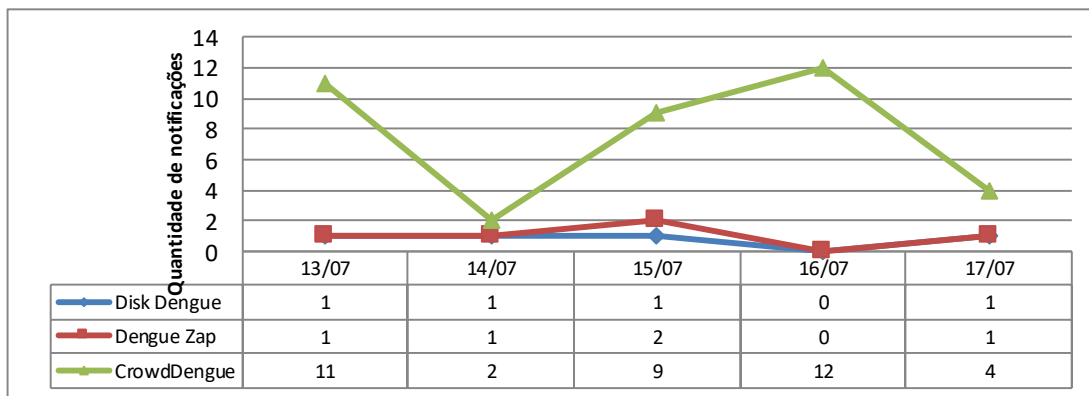


Figura 4: Número de denúncias de 13 a 17/07/2015 em bairro de Campina Grande.

Outra vantagem que não pode ser medida em termos quantitativos, mas que deve ser levada em consideração, é o grau da precisão na localização da denúncia: o *CrowdDengue*, permite informar o ponto exato onde ela foi realizada; já os canais tradicionais estão vulneráveis a falhas e erros.

Outras duas métricas que influenciam diretamente o sucesso no combate ao mosquito são: tempo médio gasto entre a denúncia e o recebimento da mesma pelo agente de campo (**TPré_Ação**) e o tempo médio para gerar relatórios utilizados no planejamento (**TPlanejamento**). Para cada uma dessas métricas, foram analisados os processos de negócio da VA/VE, para que ao final da análise fossem formuladas equações genéricas para estimativa das métricas.

O processo de curto prazo realizado diariamente, que envolve o (**TPré_Ação**) pode ser detalhado da seguinte forma: Na primeira atividade coletam-se as informações repassadas pela população (**TColetar_Denúncia**), por telefone para o Disk Dengue, pelo whatsapp para o Dengue Zap. A segunda atividade refere-se ao preenchimento das fichas cadastrais (**TConsolidação_da_Denúncia**), o Disk Dengue requer duas vias, no qual uma fica para controle interno e a outra é entregue para o agente de campo, além dessas também são preenchidos uma planilha de controle e um livro de protocolo. Para o Dengue Zap essa mesma informação é repassada via planilha para os agentes da VA/VE. A terceira e última atividade corresponde ao repasse das informações (**TRepasse_da_Informação**), para o supervisor geral que manda, para supervisor técnico, este envia para o supervisor de área que encaminha para o agente de campo. Essa fase é igual para os 2 canais de denúncia. Com base no detalhamento dos processos formula-se a seguinte equação:

$$TPré_Ação = TColetar_Denúncia + TConsolidação_da_Denúncia + TRepasse_da_Informação \quad (1)$$

Foram então, monitoradas 40 notificações no mês de junho de 2015 a partir das quais foram calculados o tempo Máximo (**T_{Max_Pré_Ação}**) e Mínimo (**T_{Min_Pré_Ação}**) para que a informação esteja disponível para o agente de campo. Com relação ao (**T_{Min_Pré_Ação}**) obtiveram-se os seguintes dados: Para coletar as informações (**T_{Coletar_Denúncia}**) em média são gastos 12 minutos para o Disk Dengue, 17 para o Dengue Zap e para o CrowdDengue pode-se dizer que esse tempo é desprezível, visto que as informações são inseridas em tempo real e imediatamente gravadas no banco de dados.

Com relação ao preenchimento das informações (**T_{Consolidação_da_Denúncia}**) tem-se em média 17 minutos para o Disk Dengue e 6 minutos para o Dengue Zap, enquanto para o *CrowdDengue* esse tempo também é desprezível, pois os dados da denúncia são preenchidos automaticamente pelo sistema.

Quanto ao repasse da informação o melhor caso dura em média 15 horas para o Disk Dengue e para Dengue Zap, levando em consideração o melhor caso em que a denúncia é realizada no final do expediente e é repassada para os supervisores no início do outro dia. Caso a notificação seja realizada no início do horário de funcionamento do Disk Dengue e Dengue Zap (8 horas) os supervisores de área só receberão a notificação no dia seguinte, visto eles saem junto com os agentes para visita de campo às 7: 30 da manhã. Nessa mesma situação o atraso do *CrowdDengue* corresponde ao tempo para envio de e-mails para todos os supervisores e agentes – algo em torno de 5 minutos.

Quando se somam todas as variáveis presentes na equação chega-se aos seguintes resultados: (**T_{Min_Pré_Ação}**) para o Disk Dengue é em média 15 horas e 29 minutos, já para o Dengue Zap fica em torno de 15 horas e 23 minutos e o CrowdDengue fica em média de 5 minutos, devido a automatização de todo o processo, fazendo com que as informações cheguem aos responsáveis quase instantaneamente.

Existem cenários no qual o (**T_{Min_Pré_Ação}**) e (**T_{Max_Pré_Ação}**) são iguais para os 3 canais de denúncia. Por exemplo, caso a notificação seja realizada de segunda a quinta no final do expediente o (**T_{Min_Pré_Ação}**) é o mesmo para os 3 canais. O mesmo acontece se a notificação for realizada sexta feira final do expediente. Essa limitação acarreta um aumento de tempo significativo para a resolução do problema, entretanto este não está relacionado com os canais de notificação, e sim com o processo de negócio adotado pelos profissionais da VA/VE. Em qualquer outro cenário o *CrowdDengue* possui tempo inferior ao Disk Dengue e Dengue Zap.

Para (**T_{Planejamento}**), o processo envolve as seguintes atividades: sumarização de todas as notificações (para o Disk Dengue são contabilizados todas as fichas de notificação; já para o Dengue Zap são sumarizado todas as planilhas de controle enviadas diariamente) e a geração de relatório com algum software. Assim vale a equação:

$$\mathbf{T_{Planejamento}} = \mathbf{T_{Contabilizar_Denúncias}} + \mathbf{T_{Gerar_Relatório}} \quad (2)$$

Com relação ao (**T_{Min_Planejamento}**) foram obtidos os seguintes dados: Para contabilizar as denúncias (**T_{Contabilizar_Denúncias}**) do Disk Dengue, a VA/VE gasta em média 4 horas, visto que as fichas de denúncia de foco de *Aedes* podem estar misturadas com outros tipos de notificações; já para o Dengue Zap é gasto em média 1 hora com essa atividade. Para a geração de relatórios (**T_{Gerar_Relatório}**) são gastos 2 horas para o Disk Dengue e 1 hora para o Dengue Zap. Ao realizar a soma de todos os tempos tem-se o seguinte resultado: Em média são gastos 6 horas para gerar um relatório utilizado no planejamento para as denúncias realizadas via Disk Dengue e 2 horas para as denúncias via Dengue Zap.

Para o *CrowdDengue* essas duas atividades duram no máximo 1 minuto e meio que é o tempo do usuário logar no sistema e solicitar um relatório. Na figura 5 é realizado um comparativos entre os 3 canais quanto ao tempo mínimo de ação (**T_{Min_Ação}**) e o tempo mínimo de planejamento (**T_{Planejamento}**), respectivamente.

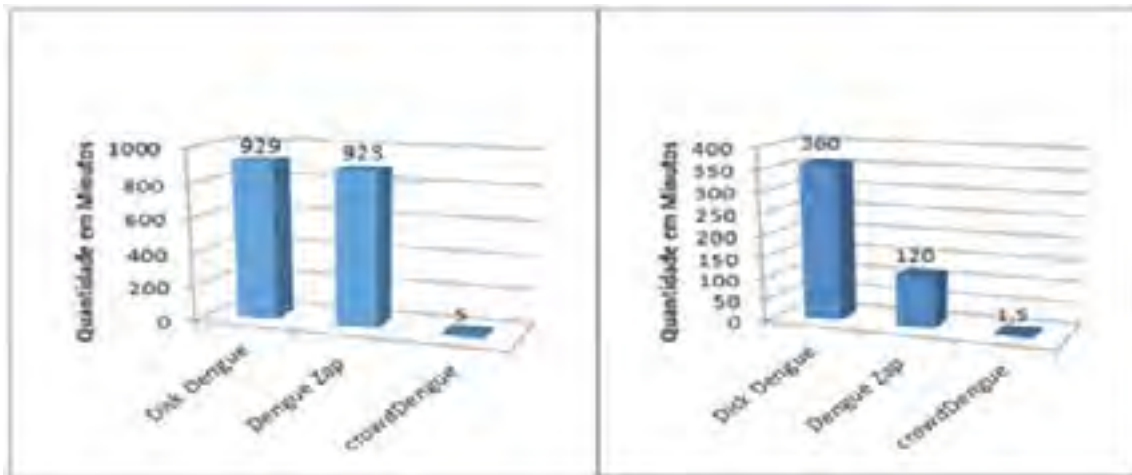


Figura 5: Tempo médio de ação e de tomada de decisão da VA/VE.

Com relação ao tempo mínimo de ação da VA/VE pode-se verificar que foi reduzido consideravelmente quando utilizado o novo método de denúncia (*CrowdDengue*), o que possibilita um combate mais eficaz por parte das vigilâncias; além de que, é possível trabalhar com o efetivo maior, de vez que este método não ocupa nenhum integrante para coletar os dados, preencher e repassar as informações fornecidas pela população. Enquanto para a métrica tempo de planejamento constatou-se uma melhora significativa, pois o novo canal possibilita, em tempo real, a emissão de diferentes tipos de relatórios.

Em termos qualitativos o novo método serviu de base para uma tomada de decisão mais consciente, o que possibilitou o direcionamento de recursos materiais, estruturais e humanos da VA/VE, de forma mais coerente. Os experimentos realizados apresentam indícios de que os processos de decisão da VA/VE, apoiados pelo *CrowdDengue*, se tornam mais eficientes, e por isto, possivelmente, mais eficazes.

Conclusão

Para realizar o combate de forma mais eficaz e eficiente ao *Aedes aegypti* ficou evidenciado neste estudo, ser imprescindível a resolução de alguns gargalos enfrentados na atualidade pela VA/VE. Os gargalos se originam de problemas estruturais, como a falta de informatização do órgão ou nos processos de negócio, como as deficiências intrínsecas dos canais tradicionais de denúncia, que se baseiam em burocracia (preenchimento de fichas, novamente pela falta de informatização). Os gargalos ocasionam o descontentamento e descrédito da população, a qual reclama também, da falta de feedback das notificações reportadas e do elevado tempo para a tomada de ação e realização de planejamento.

Neste contexto, o *CrowdDengue* foi proposto como alternativa tanto para reduzir os problemas citados acima, quanto para fornecer outros benefícios – a exemplo de agregar mais agentes (voluntários) à VA/VE, sem aumentar a folha de pagamento. As vantagens do sistema sugerido foram evidenciadas pelos indicadores de sucesso escolhidos pela VA/VE: número de notificações, tempo de ação, tempo médio para gerar relatórios utilizados no planejamento.

Com relação ao primeiro indicador ocorreu um aumento significativo no número de notificações de casos das doenças ligadas ao *Aedes aegypti* e focos do mosquito. Este aumento pode ser atribuído às características inseridas no novo canal, principalmente: feedback da VA/VE quanto à notificação realizada; acesso 24 horas; conceitos de *crowdsourcing* e gamificação.

O tempo de ação e o de geração de relatórios que auxiliam no planejamento foram reduzidos quando comparados com as duas formas antigas, fato este explicado pelo automatização dos principais gargalos no processo de combate ao Aedes.

Considerando que os canais de notificação de infestações pelo *Aedes aegypti* desempenham papel fundamental na prevenção da zika, microcefalia, dengue, chikungunya e febre amarela e que aperfeiçoar esses canais é estratégico nesta prevenção, tanto para agentes da VA/VE quanto para a saúde da população em geral, pode-se afirmar que os objetivos desta pesquisa foram alcançados.

Trabalhos com o *CrowdDengue* continuam com a realização de mais testes para significância estatística dos resultados e conclusões; para inclusão de funcionalidade para agendamento de agentes da VA/VE e jogadores “abrirem” e inspecionarem imóveis fechados; para verificação semiautomática de notificações de modo a aliviar a carga para os agentes da VA/VE (sistemas de verificação de confiança); e, para introdução de incentivos e retenção de novos jogadores e até, sustentabilidade do jogo, reduzindo dependência de orçamentos governamentais.

Referências

- [1] Kikute M. Distribuição espacial e determinantes ecológicos para dengue em uma comunidade urbana de Salvador [dissertação]. Bahia: Universidade Federal da Bahia- Programa de Pós Graduação em saúde coletiva; 2015.
- [2] Brasil. Ministério da Saúde. Situação Epidemiológica da Dengue. Boletim Epidemiológico da dengue - semanas 01 a 15 de 2016. 2016 Abr [citado 2016 Abr 30]. Disponível em: http://www.paho.org/bra/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=836&Itemid=. Acesso em 25 de junho de 2016.
- [3] Oliveira GLA. Prevenção e controle da dengue no município de Sabará/MG: análise de materiais educativos impressos e das representações sociais de agentes de controle de endemias. 2012 [dissertação]. Belo Horizonte: Programa de Pós Graduação em Ciências da Saúde do Centro de Pesquisas René Rachou;2012.
- [4] Martins TCM. Crowdsourcing de ideias para inovações no Setor Público [dissertação]. Lavras: Universidade Federal de Lavras– Programa de Pós Graduação em saúde pública;2015.
- [5] Oliveira F, Ramos I, Santos L. Definition of a crowdsourcing Innovation Service for the European SMEs. Springer 2010 ;6385(10):412-416.
- [6] Vieira V, Caldas LR, Salgado AC. Towards an Ubiquitous and Context Sensitive Public Transportation System. IEEE. 2011;5346(4):174-179.
- [7] Ferreira KG. Teste de Usabilidade [trabalho de conclusão de curso]. Minas Gerais: Universidade Federal de Minas Gerais- Departamento de Computação;2012.
- [8] Fardo ML. Gamificação aplicada em ambientes de aprendizagem. Revista Renole 2013;11(1):1-9.
- [9] Sarinho VT, Campos LR. SAMob - Sistema Móvel de Geolocalização e Geoprocessamento para Locais de Atendimento em Saúde. J. Health Informatics 2014 ;6(3):96-101.
- [10] Ladley P. Gamification, Education and Behavioural Economics. Game ED innovation in learning 2011;1(1):1-6.
- [11] GIL AC. Métodos e técnicas de pesquisa social. 6ª ed. São Paulo: Atlas; 2008.
- [12] Oliveira RP. Crowdsourcing e Gamificação no Combate à Dengue [dissertação]. Campina Grande: Universidade Federal de Campina Grande – Centro de Engenharia Elétrica e Informática;2015.
- [13] Cunha LF, Gasparini I, Berkenbrock CDM. Investigando o uso de gamificação para aumentar o engajamento em sistemas colaborativos. ceur-ws 2013;5(1):28-33.
- [14] FIGUEIREDO PJR. Iniciativa de Crowdsourcing na UM [dissertação]. Braga: Universidade do Minho- Escola de Engenharia;2012.

DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE PARA VIGILÂNCIA E ALERTA DE DETERIORAÇÃO CLÍNICA E DISFUNÇÕES ORGÂNICAS

André Luis Antoneli Senju¹, Marcelo Alexandre Santos¹, Filipe Andrade Bernardi², José Carlos Bueno de Moraes³, Gerson Alves Pereira Júnior⁴.

¹Programa de Pós-graduação Interunidades em Bioengenharia, Escola de Engenharia de São Carlos(EESC), Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto(FMRP) e Instituto de Química de São Carlos(IQSC), Brasil

²Universidade de São Paulo (USP), Brasil

³Programa de Pós-graduação em Computação Aplicada, Faculdade de Filosofia Ciências e Letras de Ribeirão Preto (FFCLRP), Brasil

⁴Departamento de Cirurgia e Anatomia, Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto (FMRP), Brasil.

Resumo: Objetivos: Desenvolvimento de um software para auxiliar no gerenciamento médico para casos traumáticos e não traumáticos com recursos de vigilância e alerta de deterioração clínica baseado nos sinais vitais e disfunções orgânicas baseadas nos resultados de exames laboratoriais. Métodos: Desenvolvimento de um módulo de software para sistemas web. Resultados: Este estudo mostra o desenvolvimento de um sistema capaz de reunir informações clínicas e laboratoriais para criar alertas visuais sobre a evolução do quadro clínico do paciente. Conclusão: Através de resultados preliminares com 32 variáveis fisiológicas (25 resultados de exames laboratoriais e sete sinais vitais) foi possível desenvolver uma interface que reúne todos os dados de uma maneira clara e de fácil entendimento. Utilizando o desvio de normalidade de cada parâmetro fisiológico, foi criado um alerta visual guiado por cores, indicando melhora ou deterioração do quadro clínico.

Palavras-chave: Sistemas de Alerta Rápido, Gestão da Informação em Saúde, Índices de Gravidade do Trauma.

Abstract: Objectives: To develop software to support medical management of traumatic and non-traumatic cases, using surveillance resources in addition to a clinical deterioration alert system based on vital signs and organ dysfunction, with the latter being dependent on the results of laboratory analysis. Methods: Development of modular software for web systems. Results: The study demonstrated the development of a system capable of assembling clinical and laboratory data in order to create visual alerts from tracking a patient's clinical progress. Conclusion: From the preliminary results using 32 physiologic variables (25 results from laboratory exams and 7 from vital signs), it was possible to develop an interface that assembled data in a clear and comprehensible way. From the physiological parameters, a colour-coded visual alert system was created, which was able to indicate the improvement or deterioration in the patient's condition.

Keywords: Early Warning Systems, Health Information Management, Trauma Severity Indices.

Introdução

O estudo de evolução clínica e as estimativas de risco de óbito hospitalar têm se utilizado de modelos preditivos utilizando processamento de dados clínicos e resultados de exames complementares com objetivo de melhorar a previsibilidade de má evolução clínica, antecipando disfunções orgânicas sequenciais que culminam com a morte do paciente.

Há diversos modelos de sistemas de predição. O Acute Physiology and Chronic Health Evaluation II (APACHE II) é o mais difundido dos índices prognósticos em terapia intensiva, assim como o Simplified Acute Physiology Score III (SAPS-III) para patologias não traumáticas e utilizam variáveis clínicas e laboratoriais¹. Em casos de trauma, utiliza-se o índice fisiológico (Revisited Trauma Score – RTS), o índice anatômico (Injury Severity Score – ISS) e o cálculo da probabilidade de sobrevida (TRauma and Injury Severity Score – TRISS) que inclui, além destes dois índices, a idade (maior ou menor que 54 anos) e o mecanismo de trauma (contuso ou penetrante)²⁻³.

Com a implantação de registros eletrônicos de saúde (EHR), os vários sistemas de informação dos serviços de saúde armazenam e coletam dados clínicos, sinais vitais, laudos de exames radiológicos e anátomo-patológicos, bem como resultados de exames laboratoriais, especialmente com dados numéricos, tornando o processo amplamente automatizado⁴. Isto permite a utilização de diversas ferramentas de informática para exploração destes dados com diferentes enfoques. A avaliação rápida da gravidade clínica usando dados EHR disponíveis nos vários momentos do atendimento hospitalar desde a admissão pode ajudar no apoio à decisão das condutas a serem tomadas, na predição de má evolução e estabelecimento de alertas para anotações de sinais vitais e de resultado de exames laboratoriais fora dos limites de normalidade.

Mais de 40 anos se passaram desde que *Lundberg* utilizou o conceito de “valores de pânico” em resultados de testes de laboratório. Estes valores, também conhecidos como valores críticos, identificam condições de risco de vida que requerem intervenção médica imediata⁵. Existem diversos estudos na literatura médica que utilizam valores críticos de exames laboratoriais e sinais vitais.

Há uma vasta literatura sobre valores críticos, sendo estes juntamente com índices prognósticos, importantes ferramentas para a medicina de urgência e emergência. O APACHE II e o SAPS II são mundialmente adotados. No entanto, ao longo do tempo, várias revisões foram feitas surgindo em 2002 o primeiro estudo a considerar dados de várias partes do mundo.

Com a proposta do SAPS III houve a necessidade de adequação de um modelo previamente existente para necessidades específicas. Mais ainda, ficou evidenciada a necessidade de propor inovações, que por definição trata da viabilização de um produto ou processo novo ou melhorado⁶.

De maneira geral, este estudo teve por objetivo o desenvolvimento de um software capaz de monitorar os valores de exames laboratoriais e de sinais vitais, de forma a alertar o médico responsável sobre possíveis deteriorações do quadro clínico, utilizando-se de cores para destacar visualmente uma série de resultados disponibilizados de forma cronológica.

A cada exame realizado, seu resultado é automaticamente processado e classificado em cores de acordo com seu grau de desvio em relação a normalidade, visando auxiliar as atividades de gerenciamento das condutas médicas, podendo acarretar em aumento de expectativa de recuperação de um paciente hospitalizado.

Métodos

Este estudo teve por interesse um conjunto de dados disponíveis em um banco de dados dos pacientes traumatizados atendidos na Unidade de Emergência do Hospital das Clínicas de Ribeirão Preto no período de 01 de janeiro de 2006 a 31 de dezembro de 2014 (parecer número 673508 aprovado junto ao Comitê de Ética e Pesquisa), totalizando mais de 21 mil casos. A base de dados contém parâmetros demográficos, epidemiológicos, bem como índice de gravidade fisiológico (RTS), anatômico (ISS) e a probabilidade de sobrevida (TRISS), e condições de alta. Como são dados retrospectivos já temos conhecimento sobre a evolução clínica para o óbito ou não.

Os diversos tipos de exames laboratoriais foram divididos em variáveis estáticas (envolvendo resultados isolados de exames, por exemplo, eletrólitos e coagulação), dinâmicas (envolvendo o mesmo tipo de exame em medidas sucessivas, por exemplo dosagem de creatinina sérica e nível de consciência

pela escala de coma de Glasgow) e complexas (envolvendo mais de um tipo de exame ou dado, por exemplo instabilidade hemodinâmica ou inflamação sistêmica). Os resultados dos diversos exames laboratoriais foram classificados em faixas de valores críticos de diferentes gravidades identificados por meio de um sistema de cores (vermelho, laranja, amarelo e verde) que criaram um alerta visual por meio da combinação destas cores.

O primeiro passo da produção do software foi a coleta e análise de requisitos, onde foram definidas algumas funcionalidades e atributos do sistema, sendo utilizado o modelo de processo de software chamado de prototipação, que capacita o desenvolvedor a criar um modelo do software que será implementado como um programa existente que executa parte ou toda a função desejada, mas que tem outras características que serão melhoradas em um novo esforço de desenvolvimento⁷. A escolha foi justificada pela dificuldade em estabelecer todos os requisitos em etapa anterior ao desenvolvimento, de forma que a cada versão futura seja aprimorada de acordo com a necessidade de forma que são construídos tantos protótipos quanto forem necessários, até que o sistema consiga atender as necessidades do cliente⁸. Vale ressaltar que este estudo propôs o desenvolvimento de um software que é integrado com outro sistema que implementa funcionalidades gerais de um sistema de informação em saúde, como por exemplo, cadastro de pacientes, cadastro de atendimentos, registro de exames e resultados.

Ao estabelecer os requisitos, foram determinadas algumas características do sistema que implicam em escolhas de arquiteturas diferentes, como a necessidade de acesso ao sistema, independente de seu sistema operacional ou hardware utilizado. Assim fica evidente que a arquitetura do software deve atender as necessidades e restrições de forma a viabilizar seu desenvolvimento, utilização e manutenção. Para garantir o acesso multiplataforma, bem como sua disponibilidade e garantia de acesso das informações, foi escolhido o desenvolvimento de sistema web.

Para o desenvolvimento, utilizamos a linguagem de programação PHP: *Hypertext Preprocessor*, que é uma linguagem muito utilizada para desenvolvimento web, podendo ser utilizada em conjunto com o código HTML, permitindo o desenvolvimento de páginas que serão geradas dinamicamente. Tem uma similaridade com Linguagem C e Java, sendo de fácil aprendizagem¹⁰.

Visando melhor organização do software, foi utilizado o MVC (*model-view-controller*), que é um padrão de arquitetura de software que divide uma aplicação em três partes interligadas, de modo a separar as representações internas das informações que são apresentadas ao usuário¹¹.

Resultados

Após realização de pesquisa bibliográfica na literatura, foram encontrados estudos de classificação de resultados de dados clínicos referentes a sinais vitais e resultados de exames laboratoriais. O estudo denominado Acute Laboratory Risk of Mortality Score (ALaRMS)⁴ mostra um conjunto de 25 exames laboratoriais, cada qual com respectivas faixas de valores divididas de acordo com o desvio de normalidade. Os exames e faixas de valores são demonstrados na tabela 1.

Em outro estudo, denominado National Early Warning Score(NEWS)¹¹, é apresentado um conjunto de 7 variáveis fisiológicas de monitoramento de sinais vitais, também com respectivas faixas de normalidade e desvios classificados por faixas e cores mostradas na tabela 2.

As faixas de cores utilizadas (tabelas 1 e 2) são referentes a ideia de normalidade próximo da cor verde e anormalidade próximo da coloração vermelha, ficando entre os extremos o amarelo e o laranja, caracterizados por faixas transitórias entre estados de normalidade e anormalidades. Mais que isso, as cores de tonalidade próximas a vermelho representam situação de perigo, risco de morte, de forma que as cores se tornam auxiliares na classificação

de variáveis fisiológicas numéricas ou lógicas.

A implementação do software foi realizada de forma a estabelecer uma interface capaz de integrar as informações através de uma representação gráfica por tabela, baseada em uma linha do tempo, dispondo os diversos exames realizados em um determinado período de internação ao longo das datas de realização, já classificados por cores de acordo com seu resultado (figura 1).

Tabela 1: Faixas de Valores para Exames Laboratoriais.

Exame	Vermelho	Laranja	Amarelo	Verde	Amarelo	Laranja	Vermelho
Albumina (g/dL)	< 3	-	3.1 a 3,3	>3.3	-	-	-
Amilase (mg/dL)	-	-	-	20-119	-	120-200	>200
Bilirrubina (mg/dL)	-	-	-	<1.2	1.2 a 1.9	2.0 a 11.9	> 12
Cálcio total (mg/dL)	<6.6	6.7-7.9	8 a 8.4	8.5 a 10.1	10.2 a 12	12.1 a 13.9	>14
Cálcio iônico	<0.38	0.39 a 0.69	0.7 a 0.79	0.8 a 1.1	-	1.2 a 1.5	>1.6
Creatinina (mg/dL)	-	<0.6	-	0.6 a 1.4	-	1.5 a 3.4	>=3.5
Glicose (mg/dL)	<70	-	-	71 a 135	-	136 a 165	>165
Sódio (mEq/L)	<110	110 a 119	120 a 129	130 a 149	150 a 159	160 a 179	>180
Pótassio (mEq/L)	<2.5	2.5 a 2.9	3.3 a 4	3.5 a 5.4	5 a 5.9	6 a 6.9	>=7
Lactato (mmol/L)	-	-	-	<2.5	-	2.6 a 4.9	>=5
pH Arterial	<7.15	7.15 a 7.24	7.25 a 7.32	7.33 a 7.49	7.5 a 7.59	7.15 a 7.24	>7.7
PO ₂ (mmHg)	<55.1	-	-	55.1 a 140	-	-	>140
PCO ₂ (mmHg)	<36	-	-	36 a 50	-	-	>50
HCO ₃ (mEq/L)	<14	14-17	18 a 21	22-26	-	-	>26
BE	< -10	-6 a -9	-3 a -5	+ ou -2	-	-	-

TTPa	-	<22	-	23 a 45	-	45.1 a 55	>55
TP/INR	-	-	-	<1.3	1.3 a 2.0	2.1 a 3.9	> 4
Fibrinogênio (mg/dL)	< 50	99 a 50	149 a 100	> 150	-	-	-
Bastonetes (%)	-	-	-	<=5	-	6 a 9	> =10
Hemoglobina (g/dL)	<= 7	7.1 a 8.5	8.6 a 10.9	11 a 14.5	14.6 a 17	17.1 a 19.9	>=20
Plaquetas (10 ³ / mm ³)	< 50	50 a 99	100 a 150	>150	-	-	-
Glob. brancos (10 ³ /mm ³)	<=1	1 a 3.9	-	4.0 a 11	12 a 19.9	20 a 39.9	>=40
Proteína C reativa (mg/L)	-	-	-	< 10	11 a 100	101 a 224	> 225
Troponina I (ng/mL)	-	-	-	<0.04	-	0.05 a 0.1	>0.11
CK MB (ng/ mL)	-	-	-	<=2	-	3 a 5	>=6

Tabela 2: Faixas de Valores para Sinais Vitais

Sinal Vital	Vermelho	Laranja	Amarelo	Verde	Amarelo	Laranja	Vermelho
Frequência Respiratória	<=8	-	-	12 a 20	9 a 11	21 a 24	>=25
Saturação O ₂	<=91	92 a 93	94 a 95	>= 96	-	-	-
O ₂ suplementar	-	Sim	-	Não	-	Sim	-
Temperatura	<=35	-	35.1 a 36	36.1 a 38	38.1 a 39	>39.1	-
PA Sistólica	<90	91 a 100	101 a 110	111 a 219	-	-	>220
Frenquência Cardíaca	<=40	-	41 a 50	51 a 90	91 a 110	111 a 130	>=131

Nível de Consciência - - - Alerta - - - Estimulo Verbal Dor Sem resposta

A interface conta com recurso de mudança de detalhamento de datas, possibilitando a visualização do quadro clínico em intervalos desde horas, dias, semanas até meses, como mostrado na figura 2.



Figura 1: Linha do Tempo de Resultados de Exames.



Figura 2: Opções de Intervalos de Tempo.

Discussão

O desenvolvimento do software de vigilância e alerta se utiliza de parâmetros já publicados na literatura, porém não utiliza o conceito de indicador, pois difere dos padrões NEWS e ALARMS não realizando uma quantificação final do estado de saúde do paciente, deixando o alerta apenas no sentido visual. Porém, nas próximas etapas de evolução do software, será necessária a calibração destas variáveis para o padrão brasileiro, utilizando um banco de dados com aproximadamente 21 mil casos atendidos na Unidade de Emergência do Hospital das Clínicas de Ribeirão Preto, entre os anos de 2006 e 2014 e a verificação da correlação com as anormalidades dos resultados e desfecho final do caso, utilizando-se de técnicas e abordagens estatísticas.

Uma vez realizada a análise de dados, espera-se obter respostas como forma de validação, juntamente com análises de usabilidade com profissionais dos setores envolvidos, buscando a evolução do *software* e melhoria dos recursos computacionais a serem oferecidos. Pensando justamente na evolução, sabe-se que os exames laboratoriais não são capazes de cobrir todos parâmetros fisiológicos existentes, havendo informações contidas em laudos de exames anátomo-patológicos ou exames de imagem. Há a necessidade também de avaliar textos livres contidos nos laudos médicos buscando termos específicos que denotem risco ao paciente.

Vale ressaltar que todo o projeto do *software* foi desenvolvido pensando em aplicabilidade geral, utilizando valores de referência para exames laboratoriais e sinais vitais publicados na literatura mundial, permitindo a aplicação e utilização da aplicação em qualquer hospital.

Conclusão

Este estudo foi capaz de reunir conhecimentos de diferentes abordagens de monitoramento de variáveis fisiológicas estáticas, possibilitando a implementação de recursos de vigilância e alerta de informações gerais do paciente para auxiliar a monitoração do quadro clínico, podendo servir de base para desenvolvimento de preditores de deterioração fisiológica, abrindo caminho para abordagens de análise de dados e propostas de novos modelos utilizando variáveis estáticas, dinâmicas e complexas.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio e financiamento desta pesquisa ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de estudo.

Referências

- [1] Moreno R, Metnitz P, Almeida E, Jordan B, Bauer P, Campos R et al. SAPS 3— From evaluation of the patient to evaluation of the intensive care unit. Part 2: Development of a prognostic model for hospital mortality at ICU admission. *Intensive Care Med.* 2005;31(10):1345-1355.
- [2] Pereira Júnior G, Dantas B, Carvalho J, Bonvento M. Indicadores Prognósticos. In: Mook M, Basile-Filho A, Goldstein R, ed. by. *Casos Clínicos em Terapia Intensiva*. 1st ed. São Paulo: Manole; 2014. p. 1212-1235.
- [3] Pereira Júnior G, Scarpelini S, Basile-Filho A, de Andrade J. Índices de Trauma. *Revista Medicina.* 1999;32(1):237-250.

- [4] Tabak Y, Sun X, Nunez C, Johannes R. et al. Using electronic health record data to develop inpatient mortality predictive model: Acute Laboratory Risk of Mortality Score (ALaRMS). *Journal of the American Medical Informatics Association*. 2014;21(3):455-463.
- [5] Liebow E, Derzon J, Fontanesi J, Favoretto A, Baetz R, Shaw C et al. Effectiveness of automated notification and customer service call centers for timely and accurate reporting of critical values: A laboratory medicine best practices systematic review and meta-analysis. *Clinical Biochemistry*. 2012;45(13-14):979-987.
- [6] Oslo manual. Paris: OECD; 1997.
- [7] Pressman R. *Software engineering*. Boston, Mass.: McGraw-Hill; 1995.
- [8] Pressman R. *Software engineering*. Boston, Mass.: McGraw-Hill; 2005.
- [9] PHP: Prefácio - Manual [Internet]. *Php.net*. 2016. Disponível em http://php.net/manual/pt_BR/preface.php. Acesso em 4 jul. 2016.
- [10] Coplien T. *The DCI Architecture: A New Vision of Object-Oriented Programming* [Internet]. *Artima.com*. 2016. Disponível em http://www.artima.com/articles/dci_vision.html. Acesso em 4 jul. 2016.
- [11] Correia N, Rodrigues R, Sá M, Dias P, Lopes L, Paiva A. Improving recognition of patients at risk in a Portuguese general hospital: results from a preliminary study on the early warning score. *Int J Emerg Med*. 2014;7(22).

Contato

André Luis Antoneli Senju, Avenida
Bandeirantes Av. Bandeirantes, 3900 - Monte
Alegre - CEP: 14049-900 Ribeirão Preto/
SP, Telefone: +55 16 98120-9259, E-mail:
andresenju@usp.br

SOLUÇÃO DE TECNOLOGIA PARA PLANEJAMENTO AUTOMATIZADO DE TRATAMENTO ORTODÔNTICO DE DENTES INCLUSOS

Jefferson Felipe Silva de Lima¹, José Augusto de Oliveira Neto²

¹Núcleo de Tecnologias Estratégicas em Saúde (NUTES), Universidade Estadual da Paraíba,
Campina Grande, Brasil

² Departamento de Computação, Universidade Estadual da Paraíba (Campus I), Campina Grande,
Brasil

Resumo: Objetivo: O presente trabalho busca o desenvolvimento de uma solução de tecnologia que possa auxiliar o tratamento e edição de imagens para um planejamento semiautomatizado de tratamento de dentes caninos inclusos. Métodos: Para isto foi verificado no âmbito do LT3D/NUTES casos clínicos de dentes caninos inclusos e requisitos de um biomodelo para melhor apoiar o planejamento e execução do tratamento ortodôntico. De posse dos requisitos, foram feitas análises em dez softwares de modelagem tridimensional visando identificar o cumprimento das tarefas elencadas como essenciais para a simulação do tratamento supracitado. Resultado: Resumo da análise dos softwares contendo as combinações de funcionalidades que permitem o auxílio no planejamento do tratamento.

Palavras-chave: Cirurgia Assistida por Computador; Impressão Tridimensional; Procedimentos Cirúrgicos Bucais.

Abstract: Objective: This work aims to develop a technology solution that makes use of image treatment and editing software tools to support a semi-automated treatment planning of impacted canine teeth. Methods: For this purpose clinical cases of canine teeth in the LT3D / NUTES were studied and a set of requirements were defined for a biomodel to better support the planning and execution of orthodontic treatment. Based on the requirements, ten 3D design software tools were analysed to verify the fulfillment of the set of tasks (requirements) listed as essential to simulate the orthodontic treatment. Results: We provide a summarized analysis of the software studied containing combinations of features that make the semi-automated treatment planning possible.

Keywords: Surgery, Computer-Assisted; Printing, Three-Dimensional; Oral Surgical Procedures.

Introdução

Vários softwares de modelagem e criação tridimensional vêm sendo disponibilizados no mercado. Dentre várias áreas de atuação, a saúde é uma das que está sendo contemplada, pois através de imagens oriundas de dispositivos de diagnóstico por imagem é possível (com auxílio de alguns softwares) a modelagem tridimensional.

Tais imagens na grande maioria dos casos são da extensão DICOM (*Digital Imaging and Communications in Medicine*), formato este que foi criado com o propósito de ser um padrão comum de imagens e informações médicas digitais. As informações inseridas nesse formato carregam registros sobre transferência de dados, armazenamento, entre outros aspectos funcionais que podem descrever em mais detalhes a imagem propriamente dita.¹

Apesar de todas as vantagens descritas, as imagens oriundas do formato DICOM são de duas dimensões que, quando sobrepostas, formam um conjunto malhas poligonais (termo oriundo do inglês *meshes*) correspondente a estruturas compostas por vértices, formando assim um esqueleto para os objetos tridimensionais. Uma vez esculpidas em softwares específicos, as malhas podem adquirir texturas e propriedades alteráveis.²

Como forma de aquisição da imagem, temos como uma das principais fontes os exames de tomografia computadorizada, que é um exame complementar de diagnóstico por imagem. A tomografia separa a imagem por fatias obtidas através sucessão de raios-x a um corpo, sendo o conjunto de fatias submetido ao processamento apoiado por computador. A palavra é advinda do grego “*tomos*” (seção) + *grafia*. Por ser um ensaio não-destrutivo, permite a apresentação de órgãos internos, sem a necessidade de abrir um corpo.³

Para determinados procedimentos, a observação visual ou tátil não é suficiente para se conseguir o diagnóstico preciso. Mesmo sendo uma ajuda muito eficiente, as imagens 2D oriundas de exames de diagnóstico por imagem muitas vezes exigem altos níveis de abstração por parte dos profissionais. Dessa forma, a utilização de imagens tridimensionais antes de iniciar um tratamento, como em tratamentos ortodônticos, por exemplo, pode contribuir com o planejamento.^{4,5}

Na odontologia, dentes caninos impactados na região maxilar possuem maior incidência em indivíduos do sexo feminino, sendo que aproximadamente 2,5% dos caninos maxilares surgem impactados, e destes 85% não conseguem ser palpados via bucal ou palatal, o que ocasiona também a reabsorção dos dentes adjacentes.⁶

O diagnóstico do dente canino impactado normalmente é feito através de exames clínicos e radiográficos, motivados por queixas diversas (como dores) na região dos dentes. No mínimo, são necessárias duas tomadas radiográficas em diferentes posições (panorâmica, oclusal ou pariapical), permitindo até a utilização de radiografias extra-bucais, óstero-anterior e lateral.⁵

As causas mais comuns para tal anomalia são: o crescimento da caixa craniana em detrimento dos maxilares, a falta de espaço no arco dentário, posição anormal do germe dentário, obstáculos como cistos, tumores, dentes supranumerários, estruturas ósseas mais densas, perda de força eruptiva, entre outras.⁷

Um possível tratamento para tal anomalia é a cirurgia de tracionamento dentário. Tal cirurgia é um procedimento no qual o dente impactado é puxado para fora da região gengival com o auxílio de um aparelho ortodôntico, podendo ser ele fixo ou removível (Figura 1). É um procedimento de risco cirúrgico considerável na ortodontia⁶ e observa-se uma carência em soluções computacionais que possa auxiliar e simular tal cirurgia. A simulação é uma opção viável para aprimorar a precisão e a celeridade no procedimento, visto que comumente o diagnóstico é feito apenas via percepção tátil, ou via imagens em 2D de exames de diagnóstico por imagem.



Figura 1: Processo da cirurgia de tracionamento dentário, considerando (na primeira imagem) a identificação do dente canino incluído, na segunda imagem a cirurgia de ulotomia, na terceira imagem a aplicação do cabo de tração, e na última imagem o reposicionamento do dente no local anatomicamente ideal.

No âmbito deste trabalho, uma pesquisa foi realizada acerca dos conceitos básicos e essenciais desse tipo de cirurgia, bem como das ferramentas computacionais que possam aprimorar o processo e cumprir com mais precisão e eficiência os passos de planejamento e execução na cirurgia de tracionamento. Tal pesquisa foi guiada a partir de coleta de informações com profissionais da área da odontologia e também por pesquisas acerca de casos clínicos reais no âmbito do LT3D/NUTES/UEPB.

Após o entendimento dos passos realizados na referida cirurgia, os requisitos funcionais para o desenvolvimento de uma solução computacional semi-automatizada foram definidos, para que assim essa solução possa intervir na carência existente em termos de ferramentas computacionais que aprimorem esta prática cirúrgica. Com base nos requisitos definidos, ferramentas de design 3D foram avaliadas e, com base na análise, apresentamos um quadro que mapeia cada passo do planejamento cirúrgico às tecnologias 3D à(s) etapa(s) com maior potencial de automação do processo.

Métodos

A pesquisa exploratória foi a escolhida para o levantamento de requisitos. Tal metodologia consegue trazer maior familiaridade com o problema, tornando-o mais explícito. Nessa metodologia, o levantamento bibliográfico, entrevista com pessoas que tiveram experiências práticas com o problema pesquisado e análise de exemplos são observados em busca de melhor compreensão.⁸

Foi efetuado um estudo dos casos clínicos existentes no âmbito do Laboratório de Tecnologias Tridimensionais do Núcleo de Tecnologias Estratégicas em Saúde da Universidade Estadual da Paraíba (LT3D/NUTES/UEPB). O levantamento se deu sobre o arquivo de solicitações de serviços e termos de compromisso armazenado no laboratório.

Diante da temática maior e dos casos analisados, foi definido o problema da pesquisa de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1: Identificação do problema da pesquisa.

Assunto	Tema	Problema
Modelagem de biomodelos utilizando prototipagem rápida, destinado a planejamento cirúrgico e tratamento ortodôntico.	Planejamento e simulação cirúrgica de dentes caninos inclusos, que apoiem a cirurgia e, posteriormente, o tratamento ortodôntico.	O desenvolvimento de uma solução computacional é capaz de apoiar o tratamento e a edição de imagens destinadas ao planejamento da cirurgia de ulotomia ou ulectomia e o posterior tracionamento em tratamento ortodôntico de dentes caninos inclusos?

Em cada solicitação de impressão 3D na arcada que apresenta o problema de dentes caninos inclusos, além da parte documental impressa, consta o arquivo (normalmente em CD) com as imagens médicas a serem tratadas e impressas. Foram observados os formulários e foram analisados os arquivos de imagens médicas de cada caso, com o objetivo de verificar a relação entre os casos existentes com o problema da pesquisa.

Após a identificação, foi realizada a investigação na literatura vigente, em busca de um melhor entendimento dos procedimentos que envolvem o tracionamento dentário. Dentre os trabalhos analisados, foram observados alguns que utilizaram o planejamento cirúrgico por computador, porém nenhum que abordasse diretamente a modalidade de cirurgia proposta por esse trabalho.

Com as informações coletadas acerca dos casos clínicos e as informações relacionadas aos procedimentos comumente executados na cirurgia de tracionamento, elencamos os requisitos básicos da solução computacional que possa auxiliar no planejamento da cirurgia de tracionamento dentário, e a partir destas informações, analisamos um grupo de 10 softwares sob os seguintes critérios: disponibilidade de licença de utilização gratuita, software com últimas atualizações em no mínimo 2 anos, compatibilidade com Sistema Operacional Windows 7 (64 bits) – considerando os computadores que executaram os testes.

Após a análise dos softwares, foram observadas as suas carências e aptidões, visando a união de ações específicas de cada software, em busca do cumprimento do planejamento cirúrgico de acordo com os requisitos evidenciados.

Foram pesquisados também os conceitos acerca da impressão tridimensional, mais precisamente o que envolve a manufatura aditiva, sendo este, um conjunto de processos que sintetizam objetos tridimensionais utilizando-se principalmente da estratégia de unir várias camadas previamente programadas por computadores. Vale ressaltar que tais objetos podem ter as mais diversas formas geométricas.^{9,10}

As formas geométricas no âmbito deste trabalho se restringem a uma das partes da maxila e das formações dentárias. Por serem estruturas complexas, foram analisadas no histórico da impressão tridimensional os pilares que envolvem tal tecnologia, para dessa forma compreender os sistemas de impressão, suas vantagens e desvantagens e quais destes seriam mais eficientes para o problema em questão.

Existem diversos tipos de prototipagem rápida disponíveis no mercado, que seguem a mesma metodologia de formação de peças, via a adição de material camada por camada (do inglês, *layer-by-layer*). A diferenciação existente entre elas se dá no estado ou forma inicial que a matéria prima encontra-se, sendo possível a matéria-prima estar em estado líquido, sólido ou em pó.¹¹

Resultados e Discussão

De acordo com a investigação na literatura, foi estudado o processo que se dá desde a cirurgia de ulotomia ou ulectomia, até o posicionamento correto do dente canino incluído. Diante disso, foi feito o levantamento dos requisitos funcionais e não funcionais junto a profissionais da área da odontologia (que também atuam no LT3D/NUTES/UEPB). Os requisitos foram validados e considerados fidedignos ao processo.

Os requisitos elucidados foram:

- Requisito Não-funcional 01: Recepção da Imagem, coletando a imagem oriunda do dispositivo de diagnóstico por imagem (em formato DICOM) e a transformando num arquivo de malhas poligonais com formato compatível com os arquivos que possam ser impressos em impressoras tridimensionais (exemplo: formato STL);

Os principais fatores que levaram a tal decisão foi o fato do formato DICOM, que é um padrão de fato para medicina digital, além de possuir excelente qualidade de imagem (abrangendo até 65.536 tons de cinza em uma tela monocromática), auxilia na codificação completa de dados médicos (possuindo mais de 2000 atributos padronizados), entre outros (Figura 2).

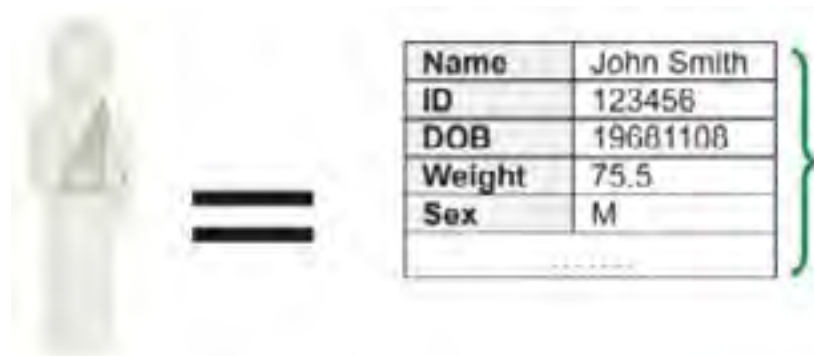


Figura 2: Comparativo de um paciente no “mundo real” e um paciente num “mundo DICOM”, onde as informações geradas, são chamadas de “Patient Information Object Definition” ou “Patient IOD”.¹

- **Requisito funcional 01:** O primeiro requisito é permitir que se faça na imagem uma seleção da área do dente canino incluso (simulando a cirurgia de ulotomia ou ulectomia).
- **Requisito funcional 02:** O segundo requisito é permitir que seja possível movimentar (por mouse) o dente que foi selecionado no primeiro requisito, sendo a movimentação esperada a translação e a rotação nos eixos x e y. Vale frisar que tal movimentação corresponde aos movimentos realizados pelo cabo de tracionamento, de acordo com os ajustes que venham a ser executados pelo dentista durante o procedimento do tracionamento;
- **Requisito funcional 03:** O terceiro requisito foi definido de acordo com as informações dos profissionais da saúde do LT3D/NUTES/UEPB, que se queixam da ausência de trajetórias marcadas em alto-relevo em biomodelos em casos que envolvem dentes caninos inclusos. A partir do momento em que o cirurgião consegue ter um biomodelo no qual está demarcado o percurso do dente canino incluso até o local anatomicamente correto, torna-se possível além de treinar virtualmente o procedimento, como demonstrar ao paciente o trajeto, podendo assim acompanhar o processo inteiro verificando se está seguindo de acordo com o simulado e impresso no biomodelo proposto.

Uma das formas de se observar tal procedimento, foi analisando os casos existentes no LT3D/NUTES/UEPB, conforme resumo segue na Tabela 2, abaixo.

Tabela 2: Resumo dos Pacientes com casos de dentes caninos impactados encontrados no LT3D/NUTES/UEPB.

Paciente	Sexo	Idade	Dentes Selecionados
Paciente 1	Masculino	27 anos	13 e 23
Paciente 2	Feminino	16 anos	13 e 23
Paciente 3	Feminino	38 anos	13 e 23
Paciente 4	Feminino	Sem idade informada	13 e 23
Paciente 5	Feminino	13 anos	13 e 23

Os casos acima, juntamente dos seus arquivos DICOM, serviram de arquivos-teste para os softwares que foram analisados. O hardware disponibilizado para os testes foi a configuração básica dos computadores disponíveis no LT3DNUTES/UEPB, computador desktop com a seguinte configuração: Processador Intel® Xeon ® CPU 2.13Ghz, 6Gb de Memória RAM e disco rígido com capacidade de 1TB.

Para avaliação final das conformidades existentes entre os requisitos funcionais da solução computacional proposta e as funções disponibilizadas pelos softwares selecionados, foram utilizados os seguintes conceitos:

- Totalmente (T): quando a função disponível no software contempla totalmente o que é solicitado no requisito;
- Parcialmente (P): quando a função disponível no software contempla parte do requisito, ou consegue de uma forma diferente chegar ao objetivo do requisito;
 - Exemplo: Função de rotação e translação possíveis de ser efetuadas por código, e não por mouse, como desejado;

c. Não permite (NP): quando não há função disponível no software que contemple o que é solicitado no requisito.

Diante disso, o resultado das análises está descrito abaixo, na Tabela 3.

Tabela 3:Resumo dos softwares analisados na pesquisa.

Software analisado	RNF01	RF01	RF02	RF03
FreeCad	NP	P	T	NP
NetFabb	NP	P	T	NP
Invesalius	T	P	NP	P
Meshlab	NP	NP	P	NP
OpenSCAD	NP	NP	P	NP
3DSlicer	T	P	NP	NP
Craftware	NP	NP	P	NP
Cura	NP	P	T	NP
Slic3r	NP	P	T	NP
Blender	NP	T	T	P

No tocante a sistema de impressão tridimensional utilizado para fabricação eu biomodelo, foi elencado no contexto do nosso problema de pesquisa (diante da realidade do LT3D/NUTES/UEPB), a Estereolitografia, que está inserida no rol dos sistemas de matéria-prima líquida.

A característica maior dos sistemas de matéria-prima líquida é que estes trabalham com a polimerização de resina líquida (utilizando lasers UV), jateamento de resina líquida (com processo similar ao existente em impressoras a jatos de tinta convencionais), além da cura desta resina, ante a exposição de luz UV.¹²

A Estereolitografia foi patenteada em 1986 e é um dos processos responsáveis pela disponibilização comercial da técnica da prototipagem rápida. Tem como matéria prima resina fotocurável, cuja cura é obtida utilizando um laser UV. O laser segue a geometria obtida pelo fatiamento da peça 3D, em várias camadas 2D, onde para cada camada inserida a plataforma de impressão posiciona-se para a inserção de uma nova camada acima da já preenchida. Para peças desconexas, o sistema produz um material de suporte para evitar afundamento da peça. Após a impressão, existem métodos que separam o material de suporte do material impresso.¹³

Conclusão

Dentre os tratamentos ortodônticos dos mais complexos, figuram a correção de dentes caninos inclusos, através de tracionamento que se faz possível via cirurgia de ulotomia. Imagens em duas dimensões e exames clínicos são os subsídios mais utilizados pelo ortodontista para planejar e realizar o tratamento ortodôntico para esses casos.

Mais recentemente, biomodelos 3D têm se tornado ferramentas efetivas para melhor planejar o tratamento e dar suporte a decisão e execução mais qualificado ao ortodontistas. Dentre os requisitos de uma ferramenta que construirá a malha 3D a ser impressa em um biomodelo, classificados como fundamentais por ortodontistas consultados, foram analisadas diversas ferramentas de design gráfico e foi concluído que:

- Nenhuma ferramenta atende totalmente a todos os requisitos apresentados;

- Uma combinação de ferramentas gratuitas (software livre) está disponível para atender aos requisitos elencados, embora parcialmente para alguns requisitos.

Como trabalhos futuros, estão sendo selecionadas funcionalidades de ferramentas de software livre, dentre as pesquisadas, que uma vez implementadas venham a completar as lacunas atuais, atendendo assim totalmente aos requisitos elucidados.

Agradecimentos

Ao Laboratório de Tecnologias 3D do Núcleo de Tecnologias Estratégicas em Saúde, na Universidade Estadual da Paraíba (LT3D/NUTES/UEPB) pelos casos disponibilizados, recursos oferecidos e profissionais de saúde envolvidos na elucidação de requisitos.

Referências

- [1] S. Pianykh O. Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM) - A Practical Introduction and Survival Guide. 2nd ed. Boston: Springer; 2012.
- [2] Leitão DK. Entre primitivos e malhas poligonais: modos de fazer, saber e aprender no mundo virtual Second Life. Horizontes Antropológicos. 2012 Julho - Dezembro; XVIII(38).
- [3] Bicalho CdS, Doneda C. Tomografia Computadorizada. Cascavel: Centro Nacional de Aprendizagem - CENAP; 2010.
- [4] Bjerklin K, Ericson S. How a computerized tomography examination changed the treatment plans of 80 children with retained and ectopically positioned maxillary canines. The Angle Orthodontist. 2006 Janeiro; 76: p. 43-51.
- [5] Porto MdS. Caninos Impactados e Ectópicos: Revisão de Literatura. Santa Cruz do Sul,: FACULDADES UNIDAS DO NORTE DE MINAS - FUNORTE; 2013.
- [6] Smith B, Stewart K, Liu S, Eckert G, Kula K. Prediction of orthodontic treatment of surgically exposed unilateral maxillary impacted canine patients. The Angle Orthodontist. 2012 Julho; 82(4): p. 723-731.
- [7] Takeshita W, Utumi JRM. Avaliação quanto à posição e prevalência de dentes impactados nas radiografias panorâmicas da Clínica Odontológica da Faculdade Ingá-PR. Journal of the Health Sciences Institute - Revista do Instituto de Ciências da Saúde. 2012 Julho/Setembro; p. 222-226.
- [8] Gil AC. Como elaborar projetos de pesquisa. 4th ed. São Paulo: Atlas; 2007.
- [9] Cummins K. The Engineer. [Online].; 2010 [cited 2016 Fevereiro 16. Available from: <http://www.theengineer.co.uk/the-rise-of-additive-manufacturing/>.
- [10] Create it Real. Create It Real. [Online].; 2014 [cited 2016 Fevereiro 16. Available from: <http://www.createitreal.com/index.php/technology/process>.
- [11] Ravi B, Pal DKB, Chandrasekhar U, Bhargava LS. Computer-Aided Reverse Engineering for Rapid Replacement Parts: A Case Study. Defence science journal. 2006 Abril; 56(2): p. 225- 238.
- [12] Boboulos A. CAD - CAM & Rapid Prototyping Application Evaluation. 1st ed. Frederiksberg: Ventus Publishing; 2010.
- [13] Gaetti-Jardim CE, Faria KM, Santiago Júnior JF, Jardim Júnior GE, Saad Neto M, Aranega MA, et al. Condutas terapêuticas para caninos inclusos. UNOPAR Científica Ciências Biológicas e da Saúde. 2012 Janeiro - Março; 14: p. 51-56.

Contato

Jefferson Felipe Silva de Lima

(jfsilvadelima@gmail.com)

Núcleo de Tecnologias Estratégicas em Saúde

Av. Juvêncio Arruda, S/N - Campus

Universitário – Bodocongó, Campina Grande-
PB, CEP: 58.429-600.

Email: nutes@uepb.edu.br

Telefone: +55 (83) 3315-3336

José Augusto de Oliveira Neto

(zedeguga@gmail.com)

Departamento de Computação

Rua Juvêncio Arruda, s/n – Campus

Universitário – Bodocongó, Campina Grande-
PB, CEP: 58109-790.

CARTEIRA DE VACINAÇÃO VIRTUAL

Pamela Muratt¹, Raphael Simões Alves², Welisson Wilson Oliveira³, Luis Fernando de Almeida⁴

^{1,2,3,4} Departamento de Informática/Universidade de Taubaté, Taubaté, Brasil

Resumo: Apesar do constante crescimento do uso da tecnologia nas diversas áreas, ainda existem processos não informatizados, dependendo exclusivamente do uso da caneta e do papel, exemplo disso é a carteira de vacinação no Brasil. Em vários postos de saúde, os processos de registro da vacinação, desde o registro de quantas vacinas chegaram ao posto até o controle de quantas vacinas foram aplicadas diária e mensalmente são realizados através de fichas preenchidas manualmente pelos colaboradores destes postos. Esses procedimentos geram: inconsistência e perda de informações, difícil acesso a informações, dentre outros. Este artigo propõe um protótipo de carteira de vacinação virtual com o objetivo de propiciar o acesso ágil às informações registradas, armazenar informações de forma centralizada e organizada, permitindo a consistência e integridade de dados. Para isso, utiliza-se um cartão inteligente combinado a um ambiente web proporcionando acesso imediato e integral ao registro do histórico de vacinação de todo cidadão.

Palavras-chave: Vacinas. Cartões Inteligentes de Saúde. Interface Usuário-Computador. Sistemas de Informação em Saúde.

Abstract: *Despite the steady growth in the use of technology in different areas, there are still not computerized procedures, depending exclusively the use of pen and paper, example is the vaccination card in Brazil. In several health centers, all of vaccination registration processes, since the registration of all vaccines reached the post until track of how many vaccines were applied daily and monthly are performed through bookmarks manually filled by employees of these stations. These procedures create: inconsistency and loss of information, difficult access to information, among others. This paper purposes a prototype a virtual vaccination card in order to provide an agile access to recorded information, store information in a centralized and organized manner, allowing consistency and data integrity. For this, we use a combined smart card to web environment providing immediate and full access to the record of the vaccination history of all citizens.*

Keywords: *Vaccines. Health Smart Cards. User-Computer Interface. Information Systems in Health.*

Introdução

A busca para a solução dos problemas da saúde pública no Brasil é constantemente discutida, principalmente, em relação à otimização no atendimento, acompanhamento do paciente e acesso a informações desses pacientes¹. A saúde pública no Brasil teve seu início em 1808, porém, foi com a criação do Ministério da Saúde, em 25 de julho de 1953, que a saúde pública brasileira começou a ser estruturada².

Um dos aspectos que tangem a saúde pública é a imunização, sendo uma das medidas que mais contribui para a prevenção e erradicação de doenças infecciosas, reduzindo as taxas de morbidade e mortalidade. A importância da imunização no Brasil foi notada com a erradicação da febre amarela urbana em 1942³ e da varíola, em 1973⁴. Em 1973, o Programa Nacional de Imunizações (PNI), foi criado. Posteriormente a criação do PNI, o Brasil recebeu da Organização Pan-Americana de Saúde (OPAS) o certificado de interrupção da transmissão dos vírus selvagens da poliomielite (paralisia

infantil) em 1994, confirmando a conclusão da comissão nacional que havia anteriormente declarado o país livre desse vírus⁵.

Em 1988, o Sistema Unificado de Saúde (SUS) foi criado com o intuito de atender toda a população brasileira garantindo o acesso gratuito, integral e universal. O SUS é um dos maiores sistemas públicos do mundo⁶. O acesso às vacinas obrigatórias para prevenção das doenças citadas anteriormente foi garantido a toda população de forma gratuita.

Após o nascimento, toda criança recebe a caderneta de vacinação (documento pessoal e intransferível que comprova a situação vacinal do indivíduo, onde constam os dados pessoais, tais como: nome completo, data de nascimento e endereço, a as informações do imunobiológico administrado (vacina): nome da vacina, número do lote da vacina, laboratório produtor, unidade de saúde onde a vacina foi administrada e o nome do vacinador responsável pela execução do procedimento), emitida, pelas unidades de saúde públicas e privadas devidamente cadastradas no âmbito do SUS, sendo responsabilidade destas unidades a atualização da mesma, conforme o Calendário Nacional de Vacinação, elaborado pelo Programa Nacional de Imunização (PNI), que consiste no conjunto de vacinas consideradas de interesse prioritário a saúde pública brasileira⁷. Um importante aspecto para a eficácia da vacinação é o respeito ao período proposto pelo Calendário de Vacinação. Um estudo no município de Cachoeirinha (RS) revelou que 23,3% da população estavam com alguma vacina em atraso, destacando a falta de controle das cadernetas de vacinação⁸.

A maioria das cadernetas de vacinação é confeccionada em papel, assim como todos os processos de registros nas unidades de saúde, ocasionando problemas, tais como: dificuldades no acesso, perda, ilegibilidade, fragilidade da informação, bem como do meio físico utilizado. Isso gera uma redundância de informações e, em alguns casos, perda da caderneta de vacinação.

Como forma de amenizar o atraso vacinal e facilitar o gerenciamento das cadernetas de vacinação pelos pacientes, o Ministério da Saúde disponibilizou um aplicativo para os usuários de *smartphones* e *tablets*, no qual os próprios usuários controlam suas vacinas, a ferramenta possui uma função de lembrete que envia uma mensagem avisando qual será a data da próxima vacinação⁹. Contudo, as unidades de saúde não dispõem de um sistema informatizado para gerenciar/armazenar as informações da população, impossibilitando assim o acesso a registros pelo posto de saúde. Quantidade de vacinas recebidas e os agendamentos futuros são apenas dois exemplos de informações que o sistema poderia contemplar e já seriam de grande importância no processo de controle da informação.

É frente a esse cenário, que a proposta para o desenvolvimento de um Sistema de Controle de Vacinação (CONVAC), foi elaborada. A motivação para o presente projeto foi a necessidade de automatizar os procedimentos de registros de informação do processo de vacinação dos centros de saúde, onde, atualmente, a maioria dos registros é realizada manualmente, ocasionando: perda de informações e inconsistência de dados, dada a fragilidade do meio de registro, o papel. Portanto, este artigo apresenta o protótipo de um sistema cuja proposta está na informatização destes procedimentos em um sistema que será acessado via web, onde as informações são armazenadas numa base de dados, permitindo a consistência de informações, além da disponibilidade da carteira de vacinação para o paciente, por meio de uma API, acessada via web, e de um cartão inteligente.

Espera-se com a proposta, oferecer uma contribuição efetiva no controle das vacinas de todo cidadão. O protótipo proposto consiste nas seguintes funcionalidades:

- Tornar o processo, realizado manualmente, na maioria dos centros de saúde da cidade em um processo digital, facilitando o acesso às informações cadastrais, unificando e disponibilizando os dados por meio de um sistema *online*.
- Disponibilizar as informações da carteira de vacinação via web substituindo a carteira impressa em papel cartão.
- Proporcionar aos Centros de Saúde Pública, mecanismos de alerta que avisem/sinalizem a necessidade de vacinação de cada paciente, propiciando uma melhor gestão dos recursos públicos destinados à saúde.

- Prover aos centros de saúde um controle efetivo e preciso de vacinas em estoque, datas de validade, cuidados especiais de acondicionamento e demais informações relacionadas a cada tipo de vacina.
- Gerar relatórios de vacinas tomadas e agendadas para acesso individualizado do paciente por meio da carteira virtual de vacinação.

Métodos

No que diz respeito ao entendimento da sistemática sobre o funcionamento do fluxo de informações relacionado à carteira de vacinação utilizou-se como estudo de caso um posto de saúde da cidade de Taubaté. Nesse posto, por meio de seus colaboradores, foi possível mapear todo o “ciclo de vida” de uma carteira de vacinação bem como detectar as dificuldades existentes.

No âmbito do desenvolvimento do protótipo, foram adotadas duas metodologias ágeis, indicada para equipes menores, com conceitos similares, porém com focos diferentes e que se complementam: SCRUM e *Extreme Programming* (XP). A primeira é utilizada para atingir uma visão gerencial de um projeto de software, e a segunda visa práticas do desenvolvimento do software em si. O SCRUM (nome derivado de uma atividade do rugby) “é um modelo ágil de processo que foi desenvolvido por Jeff Sutherland e por sua equipe no início da década de 1990”¹⁰. Trata-se de uma metodologia ágil utilizada para a gestão e o planejamento de projetos de *software*, adequada para equipes pequenas e projetos que exigem constantes mudanças¹¹. O *Extreme Programming* (XP) nasceu no fim da década de 90, nos Estados Unidos. O XP é uma metodologia de desenvolvimento de *software* ágil focado em¹²: projetos cujos requisitos são vagos e mudam com frequência; desenvolvimento de sistemas orientados a objeto; equipes pequenas, preferencialmente até 12 desenvolvedores; desenvolvimento incremental (ou iterativo), onde o sistema começa a ser implementado logo no início do projeto e vai ganhando novas funcionalidades ao longo do tempo.

As ferramentas utilizadas para o desenvolvimento deste projeto foram escolhidas levando-se em conta as seguintes características: segurança, robustez, gratuidade e multiplataforma. Nessa linha de pensamento o desenvolvimento utilizou as seguintes ferramentas, dentre outras:

- PostgreSQL: trata-se de um Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD) robusto objeto-relacional de código aberto, distribuído sob uma licença semelhante a BSD e MIT, que permite aos usuários realizem as mudanças que desejarem no código-fonte, porém sem a possibilidade de responsabilizar legalmente uma entidade ou pessoa por problemas no *software*. A licença sob a qual o PostgreSQL é distribuído deve estar presente em todas as cópias do software¹³.
- Java: é uma linguagem orientada a objetos, que há alguns anos recebe atenção de vários desenvolvedores do mundo todo, presente na lista das linguagens de programação mais utilizadas do mundo. O Java é uma linguagem adotada para atender muitas organizações, pela sua versatilidade e compatibilidade com diversos sistemas operacionais e dispositivos móveis¹⁴.
- Eclipse Luna: é uma plataforma de desenvolvimento de *software* livre extensível, também conhecido como um ambiente de desenvolvimento integrado (IDE), baseado em Java. Sendo uma estrutura e um conjunto de serviços para desenvolvimento de aplicativos¹⁵.
- Apache Tomcat: é uma tecnologia capaz de gerar páginas dinâmicas com Java – de código aberto, desenvolvido em linguagem de programação Java, pela Fundação Apache, distribuído sob a licença Apache License Version 2.0.
- Hibernate: é um *framework* que tem como função diminuir a complexidade dos aplicativos Java, que são baseados em orientação a objetos, que trabalham com banco de dados relacional, presente na maioria dos SGBDs.
- HyperText Markup Language (HTML): é utilizada para criação de páginas web. Os documentos HTML são interpretados pelos navegadores, que posteriormente criam uma página web

com elementos visuais e/ ou auditivos associados. Em uma página web podem ser encontrados vários elementos multimídia, desde imagens a animações.

- Cascading Style Sheets (CSS): é uma linguagem, que possibilita vários efeitos visuais, usada para a apresentação e formatação de documentos HTML¹⁶. O CSS é uma tecnologia que permite a criação de páginas web de maneira dinâmica com estilo artístico nas composições de margens, letras, fundos, cores, entre outros componentes de uma página. O objetivo da utilização do CSS é a padronização, que viabiliza a rapidez de uma futura manutenção.
- JavaScript: é uma linguagem interpretada, ou seja, não é necessário compilar o código para que este seja executado. É utilizada para o desenvolvimento de aplicações web que executam do lado do cliente, ou seja, no próprio navegador do usuário.

Um aspecto importante no desenvolvimento de um *software* está relacionado à definição dos seus requisitos funcionais e não-funcionais. Os requisitos funcionais são declarações das funções que o sistema deve oferecer, além de especificar como o sistema deve reagir a específicas entradas de informação e como deve se portar em determinadas situações e os requisitos não-funcionais são restrições dos serviços oferecidos pelo sistema¹⁷. A Tabela 1 apresenta os requisitos funcionais e não-funcionais para o protótipo desenvolvido..

Tabela 1: Requisito funcionais e não-funcionais.

Requisitos funcionais	Requisitos não-funcionais
Cadastro de pacientes, postos de saúde, funcionários, lotes de vacinas, vacinas. Criação da carteira de vacinação e no cartão inteligente. Segurança de dados (por autenticação e restrição de acesso para pacientes e funcionários). Agendamento de vacinas.	1) Para a máquina cliente: É recomendado que a execução da aplicação seja realizada através do navegador Google Chrome. Leitora <i>smart card</i> . Smart card do modelo IDealCitiz S3 1.6. A máquina deve estar conectada à rede para execução da aplicação; JRE 8 update 6.0 para a aplicação <i>smart card</i> . Máquina que seja capaz de executar o JAVA EE. 2) Para o servidor: Servidor que possua suporte a instalação da JVM (<i>Java Virtual Machine</i>), a partir da versão 1.8. Banco de Dados PostgreSQL, na versão 9.4. Hospedagem para a aplicação. O servidor deve estar conectado à rede para servir a aplicação, permitindo o acesso à Web Service. JRE 8 update 6.0 para a aplicação <i>smart card</i> . Servidor que seja capaz de executar o JAVA EE. Apache Tomcat, na versão 8.

Resultados e Discussão

O projeto proposto, denominado Sistema de Controle de Vacinação (CONVAC), abrange um sistema web, desenvolvido em JAVA EE, para o controle dos principais dados no processo de vacinação. Em conjunto com o sistema web, há uma API Java, capaz de disponibilizar a carteira de vacinação do paciente, via web, uma aplicação desktop, capaz de emitir e ler as informações de vacinação armazenadas em um cartão inteligente e a representação cartográfica de postos de saúde e moradores. Portanto, o sistema é dividido nos seguintes módulos:

- Módulo “Web”: Cadastros e Consultas Gerais (Pacientes, Funcionários, Lotes de Vacinação, Níveis de Acesso, Vacinas e Postos de Saúde).

- Módulo “Carteira de Vacinação Virtual”: consiste em API Java, com as principais informações de vacinação do paciente, para acesso externo, via web.
- Módulo “Cartão inteligente com a Carteira de Vacinação”: aplicação desktop para emissão e leitura dos principais dados de vacinação armazenados no cartão.
- Módulo “Representação Cartográfica de Postos e Moradores”: possibilita a representação cartográfica da localização dos moradores e dos postos de saúde da cidade na qual o cidadão se encontra.

Módulo “Web” – Esse módulo do sistema é destinado aos centros de saúde, no qual terão acesso: ao cadastramento de novas informações, consultas das informações armazenadas e atualização de dados, em suma, através deste módulo o centro de saúde poderá manipular as informações registradas das vacinas e dos pacientes, como:

- **Gestão de Vacinas:** permite o cadastro e consulta das vacinas que chegam ao posto de saúde, são solicitadas as seguintes informações: nome da vacina e a importância da vacina, os campos com (*) são de preenchimento obrigatório.
- **Gestão de Postos:** permite o cadastro e consulta das informações referentes ao posto de saúde, como seu código, endereço, unidade e telefones.
- **Gestão de Lotes:** Cadastro de Lotes: permite o cadastro e consulta das informações referentes aos lotes de vacinação que chegam até o centro de saúde.
- **Gestão de Usuários:** permite o cadastro e consulta das informações do funcionário do posto de saúde. Neste cadastro, são definidos: o nível de acesso do usuário e a senha para acesso ao sistema, além da vinculação deste funcionário com um determinado posto de saúde.
- **Gestão de Pacientes:** permite o cadastro e consulta das informações dos pacientes, como nome, data de nascimento, e-mail, senha de acesso a carteira virtual de vacinação, bem como telefones, endereço, RG e CPF.

A Figura 1 ilustra uma interface gráfica desse módulo, no caso referente ao cadastro de Posto de Saúde.



Figura 1: Janela para cadastro de posto de saúde.

Além dos cadastros e consultas, é nesse módulo que a atualização da carteira de vacinação é realizada. Ao selecionar um paciente, sua carteira de vacinação é apresentada, sendo que as vacinas

destacadas em verde foram tomadas, as vacinas destacadas em amarelo estão agendadas e as vacinas destacadas em vermelho apresentam atraso, conforme a Figura 2.

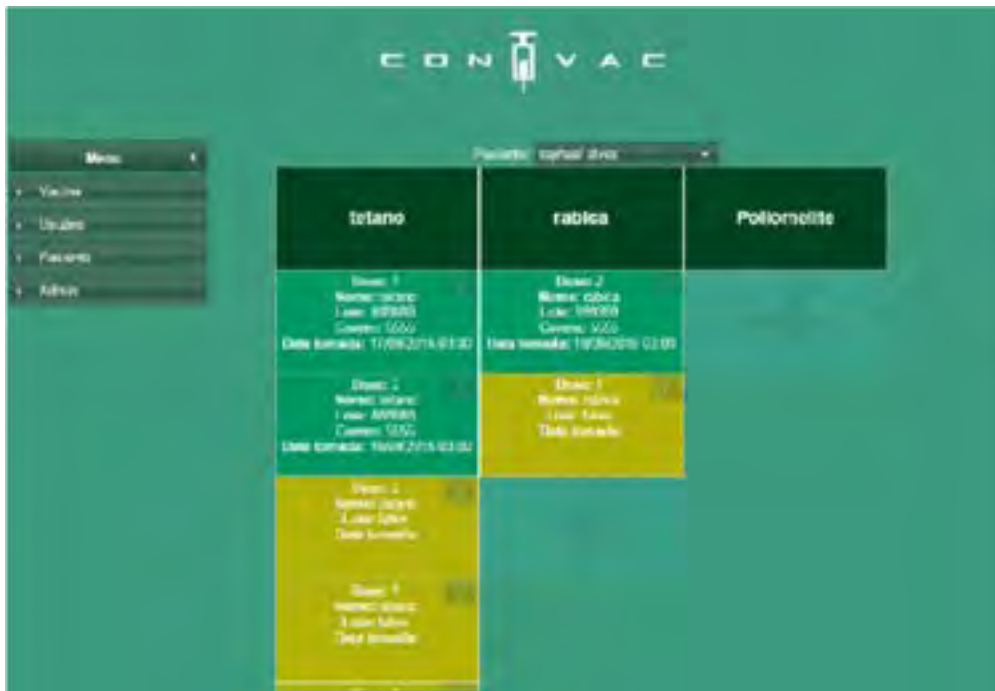


Figura 2: Carteira de vacinação – Sistema Interno.

Para alterar o status de uma vacina agendada para uma vacina tomada, é necessário clicar na vacina destacada em amarelo e preencher os dados apresentados. Além disso, é possível agendar uma próxima vacina, sendo, para isso, necessário clicar no ícone de adição e preencher os dados apresentados.

Módulo “Carteira de Vacinação Virtual” – Esse módulo do sistema é destinado ao paciente, no qual ele terá acesso, via web, a sua carteira de vacinação. A carteira de vacinação pode ser acessada por meio de qualquer navegador, preferencialmente o Google Chrome. Nesse módulo, o paciente fará a autenticação através de *login* e senha e encontrará seus dados pessoais (nome, Cadastro de Pessoa Física (CPF) e data de nascimento) e os dados vacinais cadastrados pelo centro de saúde. As informações que serão visualizadas pelo paciente, via web, são similares as que são encontradas, atualmente, na carteira de vacinação impressa.

A carteira de vacinação virtual permite apenas a visualização para o paciente, pois como esclarecido anteriormente, de acordo com o Ministério da Saúde, a responsabilidade da atualização da carteira de vacinação é da unidade de saúde que realiza a aplicação da vacina. A Figura 3 ilustra a interface referente à sua carteira de vacinação virtual.

Vacina	Data	Dose	Dose Total
tetano	23/09/2015	1	1
tetano	05/10/2015	2	2
tetano	26/04/2017	3	3
rubéola	20/10/2018	1	1

Figura 3: Carteira Virtual de Vacinação – Vacinas Tomadas.

Na Figura 3, é simulada a carteira de vacinação virtual de um cidadão destacando uma vacina em atraso (faixa em vermelho). O cidadão também tem acesso aos agendamentos efetivados pelo posto de saúde para as próximas doses das vacinas.

Módulo “Cartão inteligente com a Carteira de Vacinação” – Esse módulo é destinado aos centros de saúde, no qual terão a possibilidade de realizar a leitura e gravação das informações registradas no cartão inteligente. O módulo é um complemento da carteira virtual de vacinação, portanto cada paciente receberá um smart card IDEalCitz S3 1.6, com memória total de 80kb, único e intransferível, com as informações vacinais de maior relevância. É necessário destacar que o módulo em questão é uma aplicação *desktop* disponível apenas para os centros de saúde, pois esses possuem a responsabilidade da atualização de informações vacinais dos pacientes.

A aplicação possui três telas: a de autenticação do usuário (*Login* e senha), o cadastro do paciente e a de leitura e gravação de informações. A Figura 4 ilustra a interface gráfica para a gravação das informações no cartão inteligente.



The screenshot shows a web application window titled "Visualização do Design (App)". It contains a form for patient information and a table for vaccination records.

Form Fields:

- Letra:** A dropdown menu labeled "Selecione:" with an "Atualizar" button.
- Paciente:**
 - Nome: Text input field.
 - Data de Nascimento: Text input field.
 - CPF: Text input field.
- Atualizar dados do Cartão:** A button labeled "Atualizar".

Table:

Letra	Data Tomada	Correio	Vacina	Data	Total de Doses

Figura 4: Tela de Leitura e Gravação de dados – Aplicação *Smart Card*.

A atualização das informações vacinais do paciente é realizada através da sincronização da aplicação smart card com o banco de dados.

Módulo “Representação Cartográfica de Postos e Moradores” – Esse módulo do sistema é destinado aos órgãos gerenciadores para auxílio na tomada de decisão. O módulo objetiva disponibilizar, através de uma representação cartográfica (representação por mapas), os locais onde estão localizados os postos de saúde e os pacientes de cada posto. Para acessar ao módulo, o funcionário deverá realizar a autenticação através de login e senha.

Ao acessar o sistema, o usuário tem a possibilidade de mapear os moradores, os postos de saúde, separadamente e por último conjuntamente. A Figura 5 ilustra um exemplo de mapa com a localização de postos de saúde e moradores, no caso para a cidade de Taubaté, objeto de estudo para a implementação do protótipo.

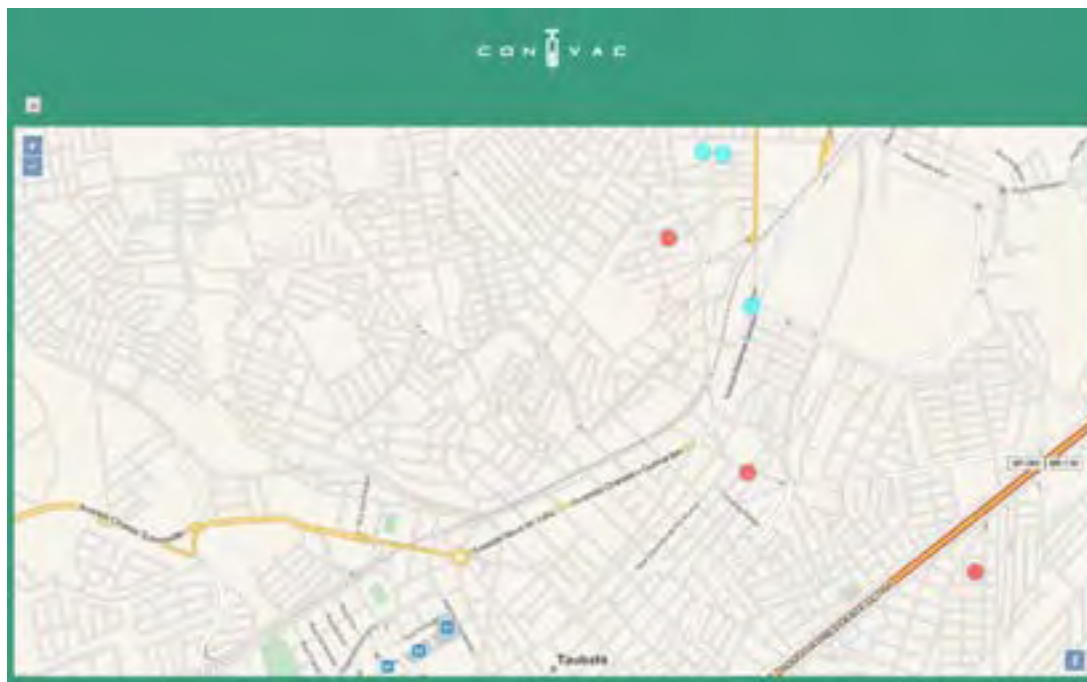


Figura 5: Mapa da Localização dos Postos de Saúde e dos Moradores.

Conclusão

Este artigo propiciou a compreensão dos benefícios da informatização dos processos de vacinação na rotina de um centro de saúde, como: o acesso ágil na busca e no fornecimento de informações, consistência e disponibilidade dos dados armazenados, que previnem a redundância e perda de informações fundamentais para o paciente e para o posto de saúde.

Nota-se que a carteira de vacinação virtual para o paciente é um novo meio de possuir suas informações vacinais sem a necessidade da carteira de vacinação impressa, podendo ser acessada de qualquer dispositivo que possua acesso à internet, independentemente da localização territorial do paciente e o cartão inteligente é um complemento da carteira virtual, contendo os dados vacinais do paciente que possuem maior relevância.

Com todas as funcionalidades que o sistema engloba há vantagens em sua adoção, tanto para o centro de saúde, quanto para o próprio paciente. Para o centro de saúde, outra vantagem, é custo do sistema em si, pois todas as ferramentas utilizadas para o desenvolvimento são gratuitas, dispensando a necessidade de licenças. E para o paciente, o sistema fornece a comodidade do acesso fácil suas informações vacinais, sem custo.

Futuramente, novas funcionalidades podem ser agregadas ao Sistema de Controle de Vacinação (CONVAC), como, por exemplo, a emissão de relatórios de vacinas aplicadas por região ou posto de saúde, o controle de estoque das vacinas que chegam ao centro de saúde como relatórios de estoque informando quais vacinas precisam ser solicitados e até mesmo a integração de dados do Sistema Unificado de Saúde (SUS) com o CONVAC, elevando a abrangência do sistema para âmbito nacional.

Para maior segurança da informação fornecida pelo Sistema de Controle de Vacinação (CONVAC), a funcionalidade do certificado digital pode ser agregada aos relatórios do sistema, validando a informação emitida.

Além das funcionalidades que podem ser agregadas que beneficiam o usuário do posto de saúde, para os órgãos gerenciadores destes centros podem ser adicionadas outras funcionalidades que fornecem a visão gerencial do estado vacinal, como: gráficos gerenciais com percentuais de pacientes

vacinados em relação ao total da população cadastrada no sistema, por bairro, microrregião e macrorregião, além do controle de evasões por faixa etária, vacinas com maior e/ou menor adesão pela população e a abrangência das campanhas efetuadas pelo município.

Referências

- [1] Fazenda AL, Almeida LF, Evangelista LE, Motta LFG. Modelo de cartão-saúde baseado em tecnologia smart card. XII Congresso Brasileiro de Informática e Saúde – CBIS. 2010. Porto de Galinhas/PE.
- [2] Ministério da Saúde. Do sanitário à municipalização. Disponível em: <<http://portalsaude.saude.gov.br/index.php/o-ministerio/historico>>. Acesso em: 07 abr. 2015.
- [3] Costa ZGA, Elkhoury ANM, Romano APM, Flannery B. Evolução histórica da vigilância epidemiológica e do controle da febre amarela no Brasil. Revista Pan-Amaz Saude, 2011. 2(1). Disponível em: <http://scielo.iec.pa.gov.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2176-62232011000100002&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 14 abr. 2015.
- [4] Gazeta AAB, Carvalho DM, Tura LFR, Gaze R. A campanha de erradicação da varíola no Brasil e a instituição do sistema nacional de vigilância epidemiológica. Caderno de Saúde Coletiva. 2005. 13(2): 323-338.
- [5] Schatzmayr HG, Filippis AMB, Friedrich F, Leal MLF. Erradicação da poliomielite no Brasil: a contribuição da Fundação Oswaldo Cruz. História, Ciência, Saúde-Manguinhos. 2002. 9(1):11-24. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-59702002000100002> Acesso em: 08 abr. 2015.
- [6] Ministério da Saúde. Entenda o SUS. Disponível em: <<http://portalsaude.saude.gov.br/index.php/cidadao/entenda-o-sus>>. Acesso em: 07 abr. 2015.
- [7] SBIM. Calendários de vacinação SBIM. Sociedade Brasileira de Imunização. Disponível em: <<http://www.svim.org.br/vacinacao/>>. Acesso em: 19 mar. 2015 às 17h48.
- [8] Severino KR. Sistema informatizado de vacinação. 2011. 82 p. Trabalho de Graduação Interdisciplinar (Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas) - Departamento de Informática, Taubaté.
- [9] Portal Brasil. Aplicativo disponibiliza caderneta e calendário completo de vacinas. 2013. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/saude/2013/11/aplicativo-disponibiliza-caderneta-e-calendario-completo-de-vacinas>>. Acesso em: 19 mar. 2015.
- [10] Pressman RS. Engenharia de software. 6. ed. São Paulo: McGraw-Hill; 2006.
- [11] Barros PVA, Almeida IR, D’Emery RA. SCRUM: uma metodologia ágil para projetos Web com pequenas equipes. XI Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensão, VI Semana Nacional de Ciência e Tecnologia, 2009. Disponível em: <www.eventosufrpe.com.br/jepex2009/cd/resumos/r1106-3.pdf> Acesso em: 26 mai. 2015.
- [12] Teles VM. Extreme Programming: aprenda como encantar seus usuários desenvolvendo software com agilidade e alta qualidade. 1. ed., São Paulo: Novatec; 2004.
- [13] PostgreSQL. What is PostgreSQL? How is it pronounced? Disponível em: <https://wiki.postgresql.org/wiki/FAQ#What_is_PostgreSQL.3F_How_is_it_pronounced.3F_What_is_Postgres.3F> Acesso em: 01 jun. 2015.
- [14] Deitel PJ, Deitel HM. Java: how to program. 9th ed., New Jersey, Prentice Hall, 2012.
- [15] Aniszczyk C, Gallardo D. Introdução à plataforma Eclipse, 2012. Disponível em: <<http://www.ibm.com/developerworks/br/library/os-eclipse-platform/>>. Acesso em: 02 jul. 2015.
- [16] Serra, RJM. Interfaces tácteis baseadas em HTML5/CSS3/JavaScript. 2011. 28 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado Integrado em Engenharia Informática e Computação, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal.

[17] Sommerville I. Engenharia de software. São Paulo: Pearson Education do Brasil; 2003.

Contato

Prof. Dr. Luis Fernando de Almeida
Professor Assistente III, Departamento de
Informática, Universidade de Taubaté
Avenida Marechal, 605, cep: 12080-000,
Taubaté, São Paulo, Brasil
fone: 3629-5982
e-mail:luis.almeida@unitau.br

INFORMATIZAÇÃO DA AVALIAÇÃO DE ÓBITOS EM TRAUMA
COMPUTERIZATION FOR ASSESSMENT TO TRAUMA DEATHS
INFORMATIZACIÓN DE LA EVALUACIÓN DE LAS MUERTES POR
TRAUMA

Lucas Roberto de Souza Silva¹, Thaís Helena de Paula Jesus¹, André Luis Antoneli Senju², Marcelo Alexandre Santos², Gerson Alves Pereira Júnior³.

- 1- Aluno do curso de Informática Biomédica, Universidade de São Paulo - USP, Ribeirão Preto/SP, Brasil
- 2- Informata Biomédico, Pós-graduandos do Programa Interunidades de Bioengenharia de São Carlos/SP, Universidade de São Paulo - USP, Brasil.
- 3- Professor Doutor do Departamento de Cirurgia e Anatomia, Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto - FMRP USP, Ribeirão Preto/SP, Brasil.

Autor Correspondente: Lucas Roberto de Souza Silva
Email: lucas.roberto.silva@usp.br

RESUMO: Objetivo: Auxiliar comissões de revisão de casos de óbito com um registro de óbito informatizado capaz de calcular automaticamente índices de trauma e gerar análises relevantes para avaliação dos casos e tomada de decisão. **Métodos:** Desenvolvimento de aplicação web utilizando modelo de software como serviço para computação em nuvem com requisitos levantados por meio de revisão bibliográfica. **Resultados:** Implementação de aplicação web com interface amigável ao usuário e de fácil utilização, com ferramentas para avaliação e análises dos dados de óbito em trauma. **Conclusão:** A aplicação possui diversas funcionalidades para apoio às avaliações das comissões de óbito. A análise do caso de forma global pela comissão de avaliação de óbito, identificando os problemas que eventualmente possam ter ocorrido e as medidas que poderiam ter sido feitas para que o resultado final não fosse o óbito do paciente. Desta forma, pode-se determinar quais as estratégias de correções que podem ser feitas.

PALAVRAS CHAVE: Causas de Morte, Revisão dos Cuidados de Saúde por Pares, Indicadores de Qualidade em Assistência à Saúde

ABSTRACT: Objective: development of computerized record of the panel reviews of trauma mortality that can automatically calculate trauma indexes and generate relevant analyzes to assess clinical cases and decision making.

Methods: web application development using software as a service for cloud computing.

Results: Pilot project tested in Redcap contributed the implementation of web application user-friendly interface and easy to use, with tools for evaluation and analysis of death data in trauma cases.

Conclusion: The application developed and pre-tested in Redcap has several features to support assessments of death committees. The analysis of the case globally by trauma mortality review panel, identifying the problems which might have occurred and the measures that could have prevented the death of the patient. Thus, one can determine which strategies corrections that can be made.

KEY WORDS: Cause of Death, Peer Review Health Care, Quality Indicators

DESCRITORES: Causas de Muerte, Revisión por Expertos de la Atención de Salud, Indicadores de Calidad de la Atención de Salud

Introdução

No Brasil temos as causas externas como a terceira principal causa de morte, sendo ultrapassado apenas por doenças oncológicas e cardiovasculares. Na análise por faixa etária, entre 02 e 45 anos de idade, o trauma torna-se a principal causa de morte no Brasil. Além dos altos índices anuais de mortalidade, o trauma também é causa de sequelas permanentes ou temporárias tendo um número três vezes maior que o de morte, gerando um alto custo à sociedade com cuidados médicos, hospitalizações, seguros saúde, afastamento de trabalho e aposentadoria precoce, tornando-se um grande problema de saúde pública¹.

Segundo o Ministério da saúde, no ano de 2010 foram registrados 143.256 óbitos decorrentes de causas externas, cerca de 21% a mais que no ano de 2000 quando foram registrados 118.397 óbitos. No ano de 2011 somente em causas externas foram registradas 972.847 internações hospitalares totalizando um custo de cerca de um bilhão de reais². A OMS aponta que há uma previsão de acréscimo de 40% nas taxas de mortalidade decorrente de trauma no mundo entre 2002 e 2030³.

A falta de registros informatizados de trauma na grande maioria dos serviços de urgência dificulta uma melhor análise estatística da epidemiologia e gravidade dos casos, bem como os indicadores de internação hospitalar.

No Brasil, mesmo com a utilização do Sistema Informação sobre Mortalidade (SIM) do Ministério da Saúde, há uma deficiência de informações mais detalhadas para ser possível a análise dos casos de óbitos relacionados ao trauma.

Registros de trauma auxiliam na orientação e tomada de decisões que podem salvar a vítima e servir também como um elo entre o que é necessário saber sobre as causas e resultados do trauma, e o desenvolvimento de intervenções locais, regionais e nacionais. Estudos demonstraram que a análise epidemiológica das mortes traumáticas pode identificar as áreas críticas beneficiando a alocação de recursos bem como a oferta de educação e pesquisa. Um sistema informatizado é essencial para o armazenamento desses registros, assim, essas informações poderão ser facilmente acessadas e analisadas².

As comissões de revisão dos casos de óbito têm sido estruturadas para o estudo do processo de cuidado dispensado aos pacientes dentro da rede de atenção à saúde nas várias fases do atendimento pré e intra-hospitalar permitindo com o uso dos índices prognósticos^{4,5}. As revisões são realizadas por uma comissão multidisciplinar de especialistas que avaliam a assistência prestada tanto por parte dos prestadores de serviços quanto do sistema. Discute-se se foram prestados os melhores cuidados durante toda a evolução do paciente, se houve qualquer potencial para prevenir a morte, ou se a morte era inevitável tendo em conta a gravidade das lesões⁶. Apesar da falta de precisão quantitativa, estas revisões, muitas vezes, são um grande estímulo para melhorias no atendimento ao trauma^{7,8}. Permitem uma análise pormenorizada das ocorrências e condutas que circundam o óbito do paciente, identificando ações e situações que precisam ser revisadas e definindo as estratégias corretivas necessárias⁴.

A montagem de comissões de revisão de óbito foi uma das primeiras técnicas utilizadas para avaliar o desenvolvimento de um sistema de trauma^{8,9}. O método ainda é um dos mais simples, mais fáceis e exige o mínimo de recursos. São extremamente valiosos e têm a vantagem de não depender de extensa coleta de dados e complexas técnicas de análise¹⁰.

A análise dos casos de óbitos pode mostrar problemas como atrasos e erros de diagnóstico, erros de julgamento e de técnica e doenças associadas destes pacientes que contribuíram para as mortes^{10,11}.

Em geral, as análises advindas das revisões de óbito têm demonstrado melhoria da qualidade do atendimento, especialmente para o melhor funcionamento do sistema, especialmente quando diz respeito aos transportes rápidos, avaliação precoce, adequadas intervenções cirúrgicas e menos mortes por causas evitáveis, especialmente hemorragias e obstrução das vias aéreas¹⁰.

Um estudo realizado na França comparou a qualidade da informação entre registros de óbitos eletrônicos e registros de óbitos em papel. Utilizando 533,977 registros tiveram como resultado que

a proporção de certificados imprecisos no registro eletrônico foi 51% menor que o registro em papel¹¹. Não há registros na literatura de uma ficha informatizada de avaliação de óbito que calcule esses índices automaticamente.

O objetivo deste estudo é desenvolver uma ferramenta de avaliação informatizada dos casos de óbito em trauma, que calcula automaticamente modelos matemáticos para predição do padrão de óbitos, dentre eles temos o *Abbreviated Injury Scale (AIS)*, *Revised Trauma Score (RTS)*, *Injury Severity Score (ISS)* e o *Trauma and Injury Severity Score (TRISS)*. Tais modelos são utilizados desde a década de 70 e são de fundamental importância para a análise dos traumas, pois quantifica a dimensão das lesões.

Métodos

Para o desenvolvimento da base de dados do registro eletrônico de óbito foi utilizado uma arquitetura multi inquilino com abordagem de banco de dados distinto para cada Inquilino. Nesta abordagem os recursos de máquina são geralmente compartilhados entre todos os inquilinos (Entidades de saúde que queiram avaliar seus dados de óbito), mas as informações de cada inquilino permanecem isoladas, além disso, esta abordagem torna fácil a extensão do modelo de dados de uma aplicação para o atendimento às necessidades individuais de cada inquilino e torna fácil a implementação de backup¹².

Figura 1: Esquema multi inquilino com base de dados distintos



O sistema foi desenvolvido utilizando o framework Codeigniter, ferramenta de desenvolvimento ágil para a linguagem PHP que utiliza o padrão de arquitetura *Model-view-controller (MVC)*, livre e de código aberto¹⁴.

Figura 2: Padrão MVC



Esta arquitetura permitiu desenvolver facilmente uma interface para comunicação entre sistemas utilizando *JavaScript Object Notation (JSON)* como ferramenta para intercâmbio de dados, pois tem

uma formatação leve de fácil escrita e leitura para usuários e para as máquinas é fácil de gerar e interpretar, além de ser em formato texto tornando independente a linguagem de programação utilizada em cada sistema¹⁵.

Figura 3: Objeto JSON. (Um objeto é um conjunto desordenado de pares nome/valor. Um objeto começa com { (chave de abertura) e termina com } (chave de fechamento). Cada nome é seguido por : (dois pontos) e os pares nome/valor são seguidos por , (vírgula)).

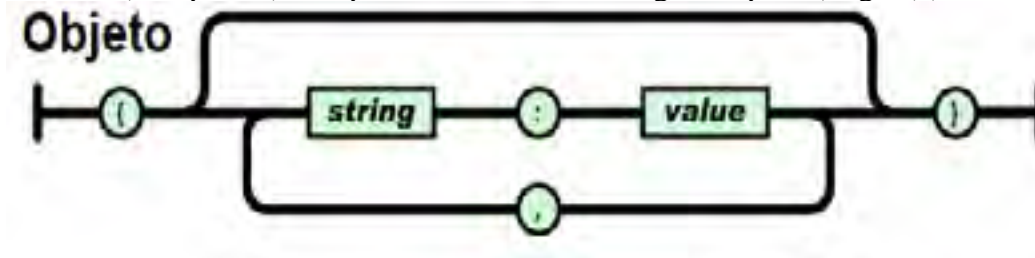


Figura 4: Arquitetura interoperável do sistema de avaliação de óbitos com exemplos de como sistemas de outros hospitais podem se comunicar.



Para o desenvolvimento das ferramentas de cálculo automático dos índices do registro de óbito foram estudadas diversas pesquisas em trauma e filtrada as informações que tinham maior relevância e apareciam na maioria das pesquisas. Dentre as variáveis que mais aparecem nos estudos de trauma temos a idade, sexo, os índices AIS, ISS e TRISS, mecanismo da lesão (contuso ou penetrante), seguidas do tempo entre a admissão e a morte, variáveis fisiológicas dentre elas as mais frequentes são a pressão sistólica e a frequência respiratória e a escala de coma de Glasgow¹⁶⁻²¹.

O AIS é um sistema de pontuação de lesões anatômicas dos diversos órgãos e sistemas, introduzido em 1968 e desde sua criação tem sido revisada e atualizada de modo que atualmente é capaz de classificar a gravidade da lesão. As lesões são classificadas numa escala de 1 a 6, sendo 1 para gravidade baixa, 5 para severa (sobrevida incerta) e 6 para lesão não sobrevivente, ou seja, este indicador representa a “ameaça a vida” associado à uma lesão¹⁶.

O ISS é um sistema de gravidade anatômica que fornece pontuação global para pacientes com múltiplas lesões. Para cada lesão um valor do AIS é atribuído, o corpo é dividido em 6 regiões (cabeça, rosto, tórax, abdômen, extremidades (incluído pélvis), externo). O cálculo do ISS é a soma das 3 regiões com AIS elevado ao quadrado mais alto. O ISS tem valor de 0 a 75, caso uma lesão tenha o valor de AIS 6 automaticamente o resultado do ISS vai para 75. Por definição, trauma grave é aquele cujo ISS é maior ou igual a 16. O valor do ISS tem relação direta com a mortalidade, morbidade, internação e outras medidas de severidade. Temos também o NISS que é uma modificação do ISS onde é calculado a soma dos quadrados das regiões com maior AIS independente da região do corpo. O NISS foi proposto para diminuir o erro estatístico do ISS¹⁷.

O RTS é um sistema de pontuação fisiológico, tem alta confiabilidade em relação a outros indicadores e muito preciso na predição de morte. Consiste em um pequeno conjunto de dados obtidos como o Glasgow Coma Scale (GCS), pressão arterial sistólica (PAS) e frequência respiratória (FR)¹⁸. O Cálculo do RTS é dado por:

$$\text{RTS} = 0.9368 * \text{GCS} + 0.7326 * \text{PAS} + 0.2908 * \text{FR}$$

Valores do RTS estão no intervalo de 0 a 7.84 sendo 7.84 com maior probabilidade de sobrevivência. Tem-se usado um limiar de RTS < 4 para identificar pacientes que devem ser tratados em um centro de trauma^{18,19}.

O TRISS determina a probabilidade de sobrevivência do paciente a partir dos cálculos do ISS e do RTS. A formula é dada por:

$$P_s = 1/(1+e^{-b})$$

A variável 'b' é calculada a partir de:

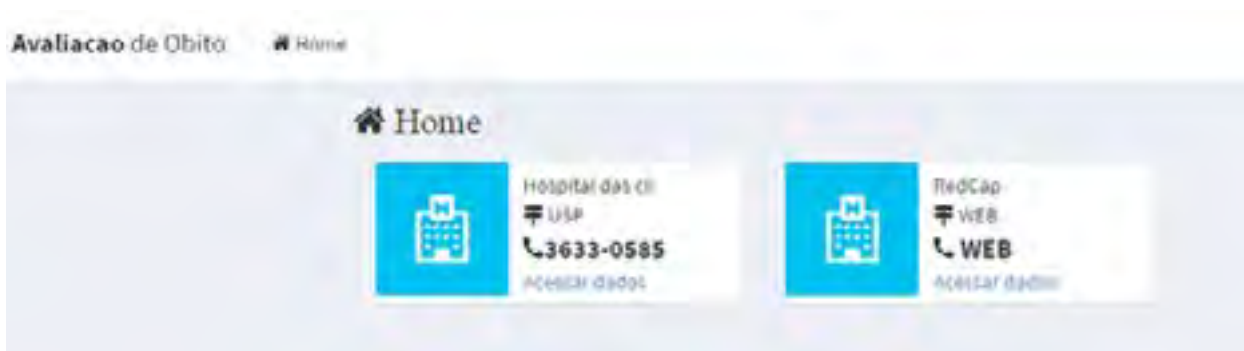
$$b = b_0 + b_1*(rts) + b_2*(iss) + b_3*(\text{índices de idade})$$

Os coeficientes b₀ à b₃ são derivados das análises de regressão múltipla da base de dados do Major Trauma Outcome Study (MTOS). O índice de idade é 0 se o paciente ter idade menor que 54 anos e 1 se maior. Os valores de b₀ à b₃ variam de acordo com o mecanismo da lesão^{20,21}.

Resultados e Discussão

Foi implementado uma aplicação web com interface amigável ao usuário e de fácil utilização, com ferramentas que permitem a avaliação e análises dos dados de óbitos em trauma. Em primeiro momento é apresentado ao usuário uma tela com as instituições na qual ele participa, onde é possível escolher qual das instituições ele deseja acessar os dados. Na Figura 5 é apresentado um exemplo de teste onde o usuário é cadastrado nas instituições Hospital das clínicas e RedCap.

Figura 5: Pagina inicial



Quando selecionado a opção de “acessar dados” é apresentado ao usuário a relação de todos os registros de óbitos presentes na instituição, onde é possível o usuário selecionar o registro desejado e realizar uma avaliação do óbito. No caso apresentado é mostrado 43 casos de óbitos avaliados em um projeto piloto feito no RedCap.

Figura 6: Lista de pacientes

#	Registro HC	Idade	Sexo	Município	Município	MUNICÍPIO	RTA	OC
1.	1111199C	44	Masculino	Botafogo			1.400	
4.	9191710	37	Masculino				1.400	
4.	1111188	71	Masculino				4.000	
4.	1175410	40	Feminino	CAJURUS			1.400	
5.	0942780	17	Masculino				1.400	
6.	0012047	31	Masculino				1	
7.	11234100	8	Masculino				1.400	
9.	1100410	77	Feminino				4.000	
9.	0111170	42	Masculino				1.400	
12.	1111110	18	Masculino	Gratama			4.000	

Ao selecionar o ícone “avaliar óbito” de paciente é apresentado todo histórico do paciente, contendo suas passagens pelo hospital, procedimentos realizados, valores dos indicadores, exames bioquímicos, entre outras informações.

Figura 7: Trecho do resumo de informações do paciente

Avaliação de óbito registro HC: 1231199C						
Idade: 44						
Sexo: Masculino	RTS	ISS	HOSS	TRISS	NTRISS	Glasgow
Município: Batatas	7,8408	29	53	38,4	95,7	14
Mecanismo: Trauma Penetrante						
Pressão arterial	Frequência Respiratória		Frequência cardíaca		Temperatura	
100	22		110		36	

Nesta mesma tela ainda é apresentada a ficha para o resultado de óbito como mostrado na figura 8.

Figura 8: Trecho da ficha de resultado de óbito

Resumo do caso

Decisão sobre a morte

Problemas encontrados na condução do caso

Motivo

Deficiências no tratamento

Abordagem do trauma por sistema

Abordagem no CTI

Ventilação mecânica

Demora no tratamento

Problemas relacionados à infecção

No projeto piloto foram avaliados 43 casos de óbitos pela comissão de revisão e em uma análise geral dos casos obtiveram uma média de idade 43,4 anos (5 a 88 anos), sexo masculino em 76,7% dos casos, momento do óbito (4,7% ao chegar, 20,9% antes de 24 hrs da admissão e 74,4% após 24 hrs), percentual de cirurgia de 55,8%, sendo que após análise da comissão, 44,2% foram considerados inevitáveis (TRISS < 25%), 16,3% potencialmente evitáveis (TRISS entre 25 e 50%) e 39,5% francamente evitáveis (TRISS > 50%).

Conclusão

A aplicação desenvolvida e pré-testada no Redcap contribui muito como apoio às comissões de análises de óbito com diversas funcionalidades que trabalham diversos parâmetros: tempos de

atendimento, dados demográficos, dados da admissão, solicitação e resultados de exames bioquímicos e de imagem, necessidade de cirurgia e internação na unidade de terapia intensiva, necessidade de uso de hemocomponentes, complicações, cálculos de índices prognósticos de trauma e pacientes críticos e dados de autópsia. A análise do caso de forma global pela comissão de avaliação de óbito, identificando os problemas que eventualmente possam ter ocorrido e as medidas que poderiam ter sido feitas para que o resultado final do caso não fosse o óbito do paciente. Desta forma, pode-se determinar quais as estratégias de correções que podem ser feitas.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio e financiamento desta pesquisa ao *Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq)* e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de estudo.

Referências

- [1] Marino R. Estudo epidemiológico e do perfil das mortes por trauma num hospital universitário de referência terciária na cidade de Ribeirão Preto. 2015;.
- [2] Tarjano A. Análise dos óbitos por trauma em um hospital universitário brasileiro. 2013;.
- [3] Organización M. Estadísticas Sanitarias Mundiales. [Internet]. 2011 [cited 1 June 2016];. Available from: http://sanidadambiental.com/wp-content/uploads/2011/06/ES_WHS2011_Full.pdf
- [4] World Health Organization, International Association for Trauma Surgery and Intensive Care International Society of Surgery. Guidelines for trauma quality improvement programmes. World Health Organization, 2009.
- [5] Teixeira PG, Inaba K, Hadjizacharia P, et al. Preventable or potentially preventable mortality at a mature trauma center. *J Trauma* 2007;63:1338–46.
- [6] Chiara O, Cimbanassi S, Pitidis A, Vesconi S. Preventable trauma deaths: from panel review to population based-studies. *World J Emerg Surg.* 2006; 1:12.
- [7] Pasquale MD, Peitzman AB; Pennsylvania Trauma Systems Foundation Outcomes Committee. Preventability classification in mortality cases: a reliability study. *J Trauma.* 2009; 67(5):1097-102.
- [8] Jat A et al. Peer review audit of trauma deaths in a developing country. *Asian Journal of Surgery* 2004, 27:58-64.
- [9] Gruen RL et al. Patterns of errors contributing to trauma mortality: lessons learned from 2,594 deaths. *Annals of Surgery* 2006, 244(3):371-380.
- [10] Ivatury R et al. Patient safety in trauma: maximal impact management errors at a Level I trauma center. *Journal of Trauma* 2008, 64:265-272.
- [11] Lefeuvre D, Pavillon G, Aouba A, Lamarche-Vadel A, Fouillet A, Jouglé E et al. Quality comparison of electronic versus paper death certificates in France, 2010. *Popul Health Metrics.* 2014;12(1):3.
- [12] Chong F, Carraro G, Wolter R. Arquitetura de dados para múltiplos inquilinos. [Internet]. 2006 [cited 7 June 2016];. Available from: <https://msdn.microsoft.com/pt-br/library/aa479086.aspx>
- [13] DB-Engines Ranking - popularity ranking of database management systems [Internet]. Db-engines.com. 2016 [cited 7 June 2016]. Available from: <http://db-engines.com/en/ranking>
- [14] Upton D, Ellis R, Allard D. CodeIgniter for rapid PHP application development. Birmingham, U.K.: Packt Pub.; 2007.
- [15] JSON [Internet]. Json.org. 2016 [cited 7 June 2016]. Available from: <http://json.org/json-pt.html>
- [16] Association for the Advancement of Automotive Medicine (2005). Abbreviated injury scale (AIS) 2005. DesPlaines, IL, Association for the Advancement of Automotive Medicine.

- [17] Gennarelli, T. A.; Wodzin, E. AIS. Abbreviated Injury Scale 2005, Update 2008. Edição 2008 – Association for the advancement of Automotive Medicine, Barrington, IL, USA.
- [18] BAKER S, O'NEILL B, HADDON W, LONG W. THE INJURY SEVERITY SCORE. *The Journal of Trauma: Injury, Infection, and Critical Care*. 1974;14(3):187-196.
- [19] Champion H, Sacco W, Copes W, Gann D, Gennarelli T, Flanagan M. A Revision of the Trauma Score. *J Trauma*. 1989;.
- [20] Pereira Júnior. G. A.; Scarpelini, S.; Basile-Filho, A.; Andrade, J. I. Índices de trauma. *Medicina Ribeirão Preto* 1999, 32: 237-250.
- [21] Boyd C. R., Tolson M. A, Copes W. S. Evaluating Trauma Care: The TRISS Method. *Journal of trauma*, 1987; 27(4): 370-378.

GEOLOCALIZAÇÃO APLICADA AOS ATENDIMENTOS DO SAMU 192 A PARTIR DO RASTREAMENTO EM TEMPO REAL DAS AMBULÂNCIAS

Marcílio Souza-Júnior¹, Allan Muniz Alves¹, Celyrio Accioli-Neto², Alex Alves¹, Hugo Souza²

¹Instituto Federal de Alagoas (IFAL), Maceió, Brasil

²Secretaria de Estado da Saúde de Alagoas (SESAU), Maceió, Brasil

Resumo: A pesquisa objetivou a aplicação de técnicas de geolocalização a partir do rastreamento em tempo real das ambulâncias do SAMU 192 em Maceió-AL, permitindo a visualização de informações em um dashboard online para auxiliar na tomada de decisão e regulação dos atendimentos móveis de emergência pré-hospitalar. A pesquisa foi classificada como desenvolvimento tecnológico que gerou um produto funcional para implantação no SAMU. No proceder metodológico, as tecnologias adotadas para a consecução dos objetivos envolveram a instalação de smartphones Android nas ambulâncias com um cliente de rastreamento GPS e a sua integração com um mapa das ocorrências atendidas pelo SAMU pelo período de um mês. Como resultado, foi possível implantar um dashboard para visualização por parte dos gestores e técnicos do SAMU do mapeamento dos atendimentos a partir do posicionamento geográfico das ambulâncias, contribuindo para maximização da eficiência na logística dos atendimentos e racionalização dos custos de operação da central regional.

Palavras-chave: Mapeamento geográfico, Serviços Médicos de Emergência, Sistemas de Informação.

Abstract: The research aimed to the geolocation techniques application from the real-time SAMU 192 ambulances tracking in Maceió-AL, allowing to view online information on dashboard to assist in decision making and regulation of medical care pre-emergence hospital. The research was classified as a technological development that generated a functional product for deployment in the SAMU. Methodological proceeding involved technologies for the achievement of the objectives such as installation of Android smartphones in ambulances with a GPS tracking client and its integration with an event map attended by the SAMU for a period of one month. As a result, it was possible to deploy a dashboard for viewing by managers and technicians of the SAMU mapping of calls from the geographical positioning of ambulances, helping to maximize efficiency in the logistics of care and rationalization of regional central operating costs.

Keywords: Geographic Mapping, Emergency Medical Services, Information Systems.

Introdução

O grande volume de dados disponível aos usuários para apoiar a tomada de decisão interfere na qualidade da análise das informações dentro das organizações. Esse excesso está presente em todas as áreas, inclusive nos governos¹. Logo, a iminência de se obter informações relevantes a partir desses dados é um desafio para a área de visualização e gestão da informação².

De fato, com o aumento da capacidade de armazenamento de dados e informações nos mais diversos tipos de organizações, o tratamento e a facilidade de leitura desses dados pelos mais diferentes níveis organizacionais se torna uma tarefa fundamental para o entendimento do funcionamento do negócio. Para enfrentar esta dificuldade, alguns autores³ propõem três transformações possíveis para a visualização das informações: i) transformação do dado, onde o dado bruto é armazenado em uma tabela; ii) mapeamento visual, uma representação visual é definida para mapear os dados armazenados; iii) transformações visuais, que consiste nas possíveis interações que o usuário realiza sobre um painel de visualização.

Recentemente, técnicas de geolocalização facilitaram o processo de derivação e compreensão da análise dos conjuntos de dados por representá-los visualmente, de maneira gráfica e interativa³. O processamento e uso de informações relacionadas ao espaço geográfico baseia-se no posicionamento de acordo com um sistema de coordenadas, normalmente latitude e longitude, que pode ser obtido através da técnica de *geocoding*⁴. Atualmente, a visualização desses dados é possível através de serviços de mapas, tais como o *Leaflet*, *Open Street Maps* (OSM), *Google Maps*, entre outros. Esse modo de visualização facilita a detecção de padrões em uma determinada área geográfica, como tamanho de população, concentração de doenças e mudanças temporais.

Enfocando no setor de saúde pública, o uso de técnicas de geolocalização se apresentou como um passo importante para a melhoria do atendimento à população^{5,6,7}, pois auxiliam o processo de entendimento da ocorrência de eventos, predição, tendência, simulação de situações, planejamento e definição de estratégias no campo⁸. Por sua natureza, o Serviço de Atendimento Móvel de Urgência (SAMU) é um exemplo da adoção da geolocalização para a visualização dos atendimentos das ocorrências, minimizando o tempo de deslocamento ao local do chamado e reduzindo riscos da urgência e os gastos nos percursos⁶.

Estas técnicas de visualização das ocorrências facilita a detecção de importantes padrões a partir de análises por regiões e logradouros da cidade. Já há exemplos do uso dessas técnicas em algumas centrais regionais do SAMU, como na cidade de Olinda-PE, onde existe um sistema alternativo com informações já georreferenciadas⁶. No estado de Santa Catarina também existe uma proposta para a geolocalização das ocorrências e das ambulâncias pelo próprio sistema⁹, assim como em Belo Horizonte-MG, onde o geoprocessamento auxiliou na otimização da localização das bases de operação. Contudo, estas tecnologias ainda não haviam sido aplicadas no SAMU do estado de Alagoas.

Desta forma, o posicionamento geográfico adequado das ambulâncias do SAMU através do uso de técnicas de geolocalização vem a contribuir para aumentar a eficiência dos atendimentos e racionalização dos custos⁵. Face ao exposto, a presente pesquisa objetivou adotar a geolocalização dos dados sobre as ocorrências atendidas pelo SAMU da Central Regional de Maceió-AL para visualização dos mapas em um *dashboard* a partir do rastreamento em tempo real das ambulâncias.

Métodos

O tipo da pesquisa classificou-se como desenvolvimento tecnológico¹⁰, na qual se alcançou um produto funcional para implantação no SAMU de Maceió. A abrangência geográfica limitou-se à Central Regional de Maceió.

Com relação à coleta de dados, foram realizadas sete visitas à central do SAMU em Maceió-AL para entrevistar os usuários do sistema em operação que gerencia os dados dos atendimentos. Os dados rastreados das ambulâncias foram exibidos em um *dashboard*, que operou em um ambiente próprio no laboratório do grupo de pesquisa. A arquitetura do sistema em tempo real foi organizada da seguinte forma:

- Foram instalados 4 (quatro) *smartphones* para rastreamento via GPS em ambulâncias da frota do SAMU, sendo duas ambulâncias de unidades avançadas (USA) e duas de unidade básicas (USB), que formaram uma massa de dados com as rotas e atendimentos dos veículos;
- Os dispositivos capturaram as coordenadas geográficas das ambulâncias em movimento e enviaram os dados para uma central de recebimento utilizando tecnologia de conectividade 3G ou GSM de uma operadora de telefonia;
- Um servidor de aplicação foi instalado no laboratório da pesquisa para receber e armazenar todos os dados geolocalizados;
- Um módulo web em *Python* processou os dados geolocalizados armazenados e gerou um painel de visualização (*dashboard*) das informações processadas com gráficos e mapas.

Para o rastreamento via GPS dos smartphones instalados nas ambulâncias foi adotado o aplicativo gratuito para *Android* denominado *Traccar Server* (<http://www.traccar.org>) e sua versão cliente. A ferramenta QGIS 2.4 (<http://www.qgis.org>) também foi adotada com o objetivo de plotar as análises dos dados geográficos nos mapas online.

Resultados e Discussões

O rastreamento em tempo real das quatro ambulâncias (identificadas como USA10, USA12, USB06 e USB57) foi baseado numa arquitetura de software que monitorou os dados enviados via GPS que eram salvos no banco de dados do servidor *Traccar*, sendo exibidos em um mapa online, conforme ilustra a figura 1.

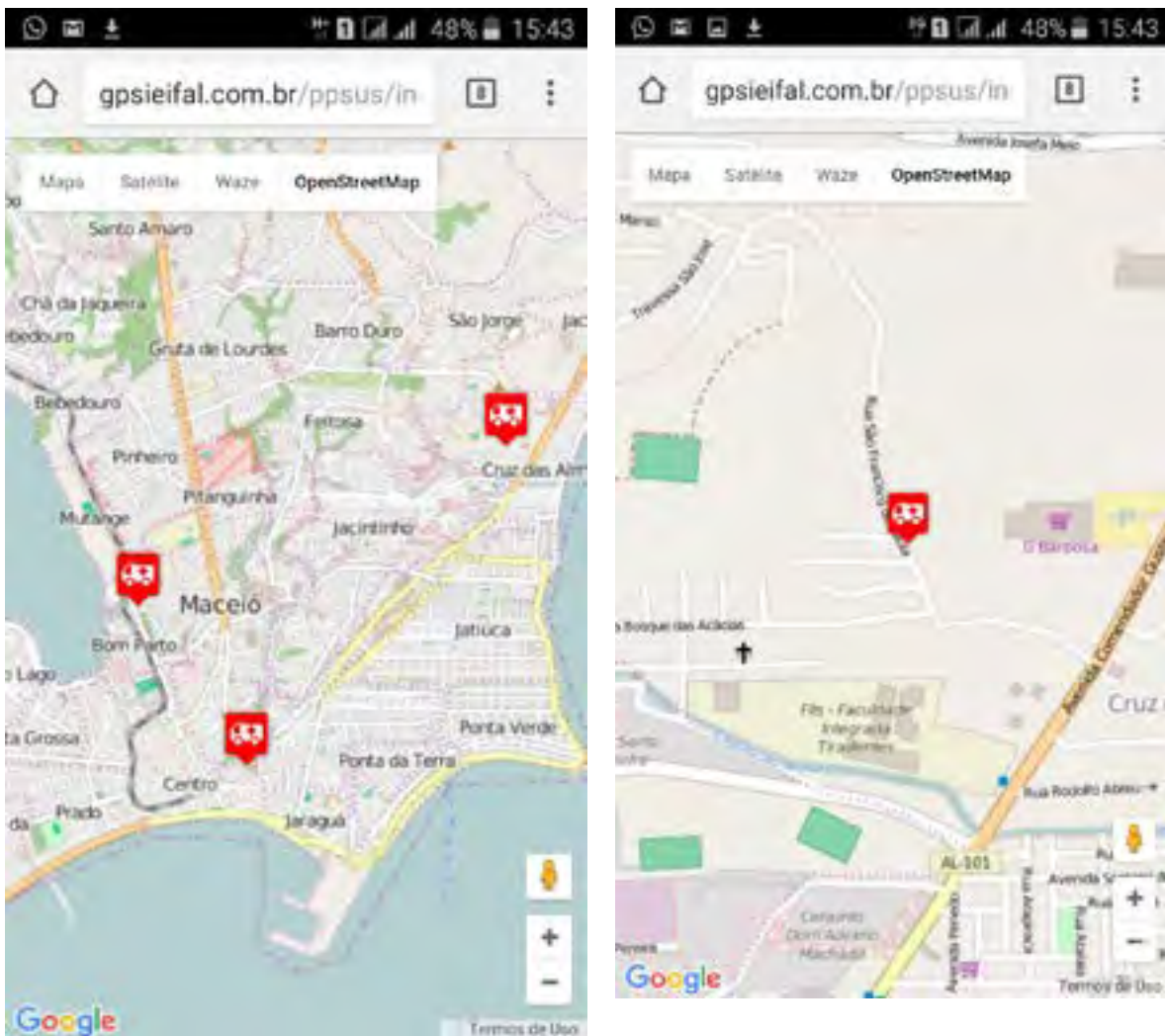


Figura 1 – Ambulâncias sendo rastreadas em tempo real no mapa do projeto.

A figura 2 a seguir exibe os detalhes do atendimento das ambulâncias USB06 e USA12 que estavam sendo rastreadas, como velocidade do veículo, hora, data e identificador da ambulância.

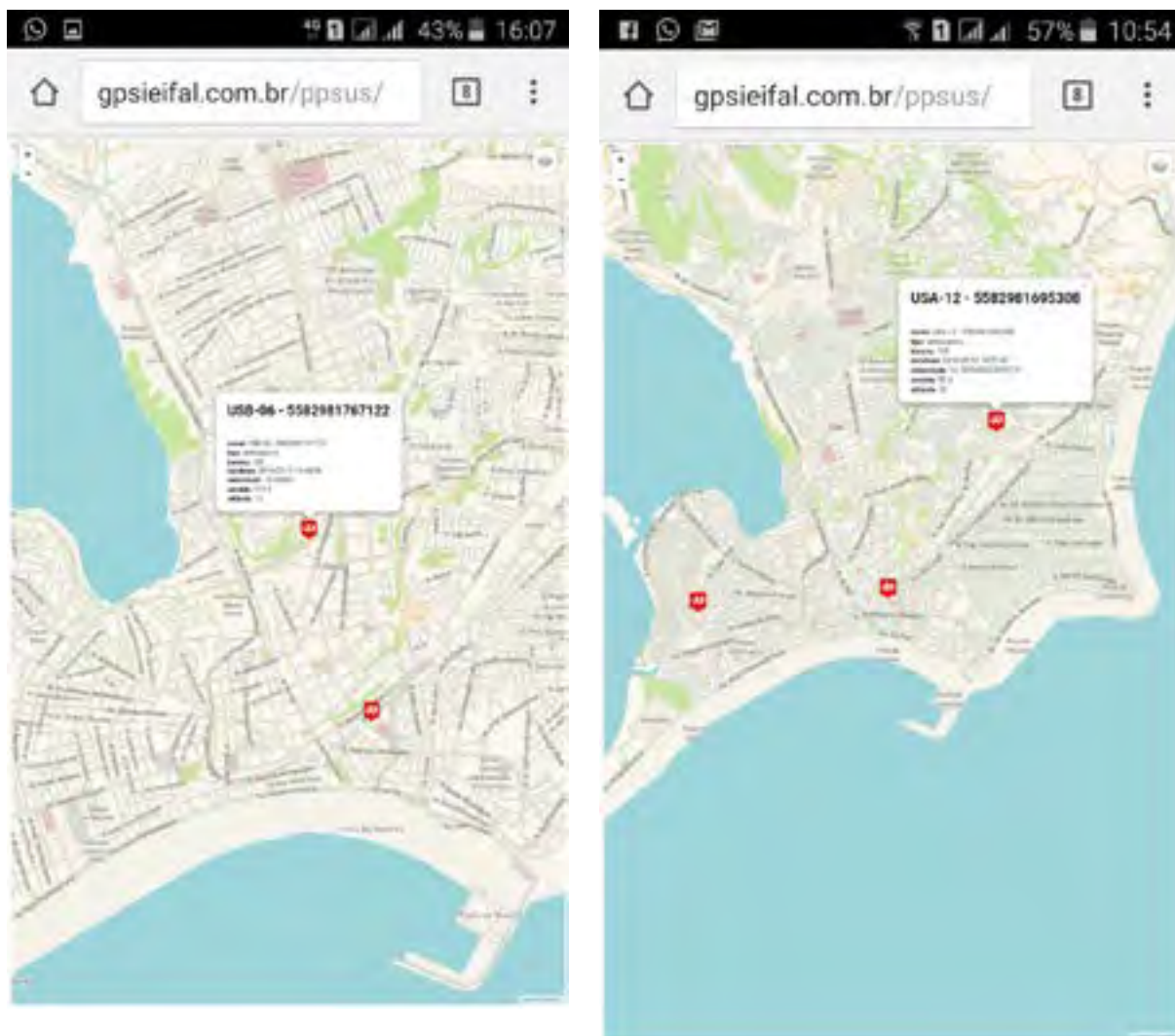


Figura 2 – Detalhes das ambulâncias USB06 e USA12 sendo rastreadas

Já a figura 3 abaixo ilustra como exemplo todo o trajeto da USA12 no mês de maio/2016.

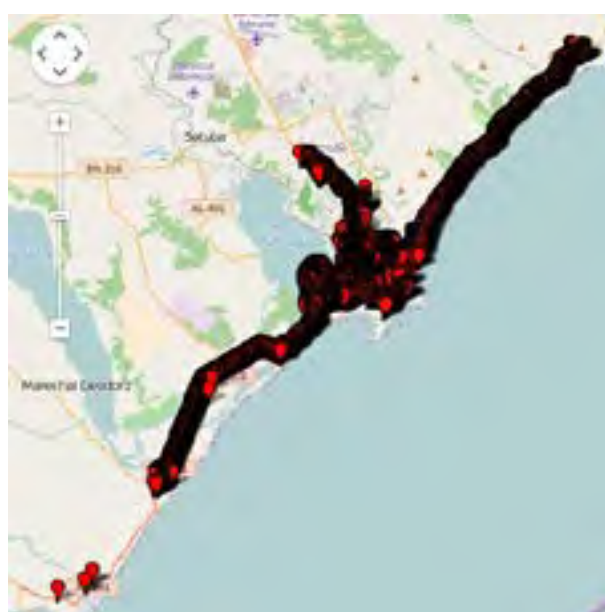


Figura 3 – Percurso percorrido pelo rastreamento da USA12 em maio/2016

Ainda sobre a figura 3, ressalta-se que o aplicativo cliente *Traccar* instalado no smartphone das ambulâncias enviava os dados das coordenadas para o servidor do projeto hospedado a cada 10 segundos. As coordenadas então foram processadas e plotadas nos mapas em tempo real, o que permitiu o acompanhamento do deslocamento dos veículos e a possibilidade de traçar e analisar as rotas percorridas.

Já a figura 4 abaixo ilustra os dados brutos advindos dos sinais emitidos pelo GPS. As cores indicam as velocidades em 4 classes de 20km/h cada, variando de 0 km/h (vermelho) a 80+km/h (verde). É possível perceber a direção do trajeto da ambulância USA 12, por exemplo.

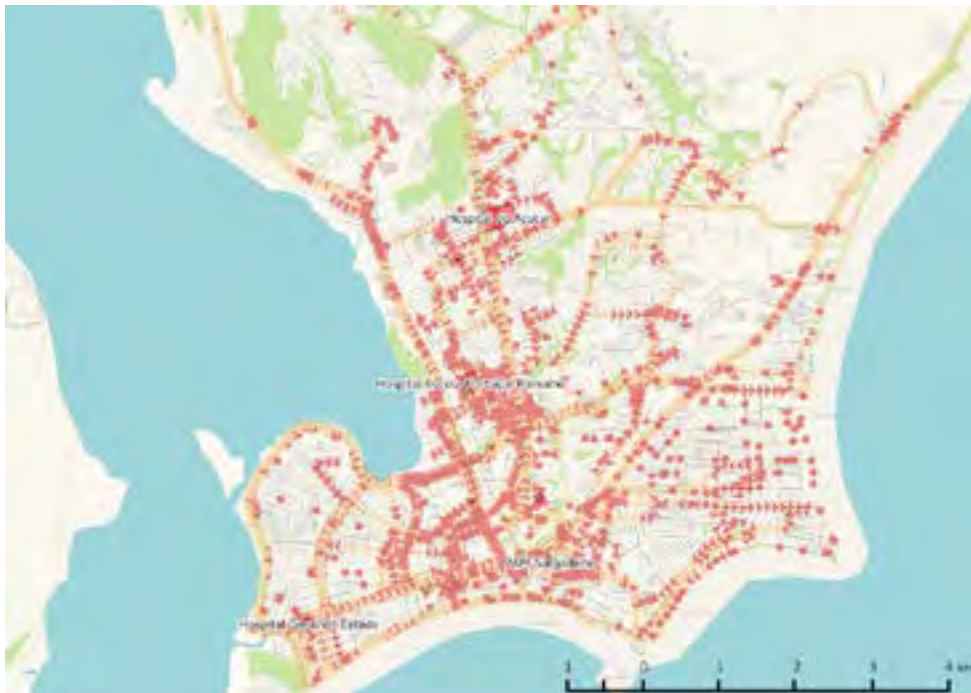


Figura 4 – Direções no trajeto da USA12 em maio/2016

A figura 5, por sua vez, ilustra os trajetos normalizados das ambulâncias através de pontos baseados no algoritmo *Snap to Road* do Google[®]. Num espectro adotando as cores verde e vermelho apresenta-se as regiões de maior trânsito considerada pela movimentação das ambulâncias. Quanto mais vermelho significa maior tempo de permanência parada. As classes de cor representam variações de 01 desvio-padrão de distância da média.

Na sequência, a figura 6 ilustra com outro mapa as paradas detectadas. Uma ambulância foi considerada “parada” quando detectado se mover menos de 100m em 5 minutos. Um atendimento foi detectado se houve uma parada a mais de 100m de um hospital ou do próprio SAMU.



Figura 5 – Informações do trânsito e tempo parado da ambulância USB 06.

Ainda sobre a figura 6, foram utilizados círculos maiores para indicar o tempo de parada (em escala log) das ambulâncias em posições estratégicas. Assim, áreas em vermelho indicam paradas mais comuns, geralmente hospitais.

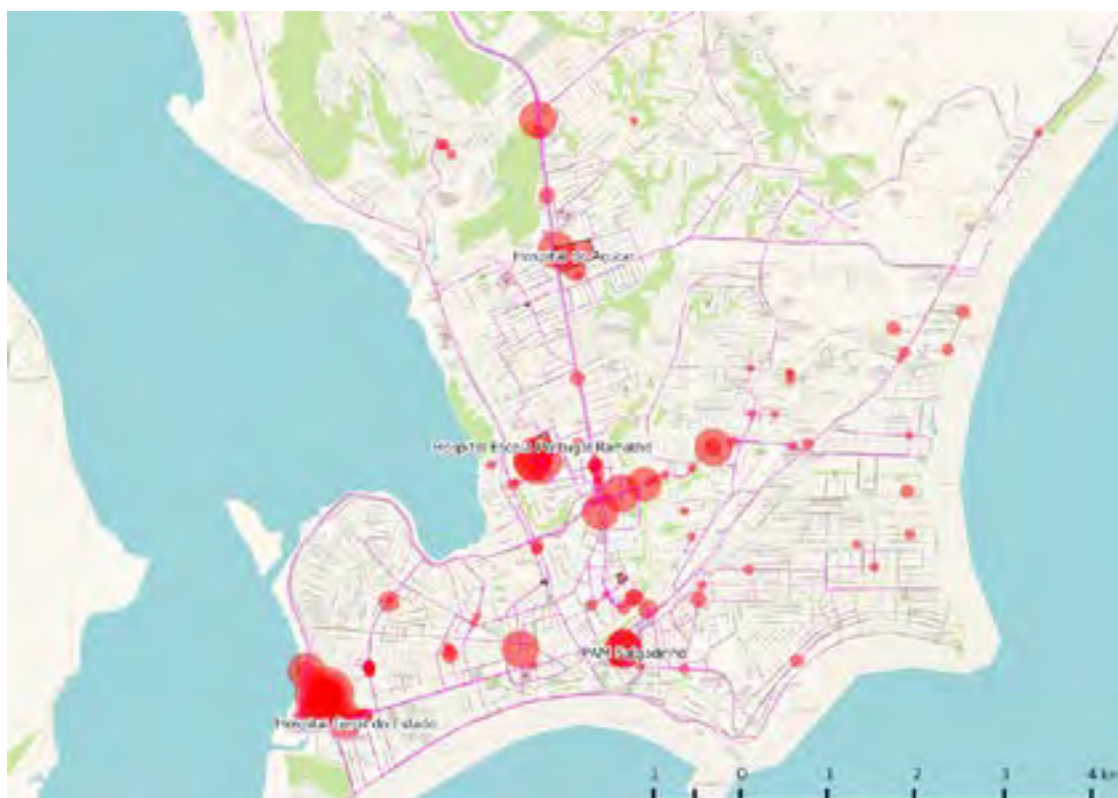


Figura 6 – Tempos de parada da ambulância USB 06.

Por fim, os dados geolocalizados das ambulâncias (rastreamento via GPS) foram agregados em um painel único de visualização em camadas. A figura 7 é o resultado do *dashboard* gerado pela

pesquisa. Nele é possível visualizar a integração entre os gráficos gerados pelo perfil das vítimas e ocorrência e o rastreamento das ambulâncias no mapa.

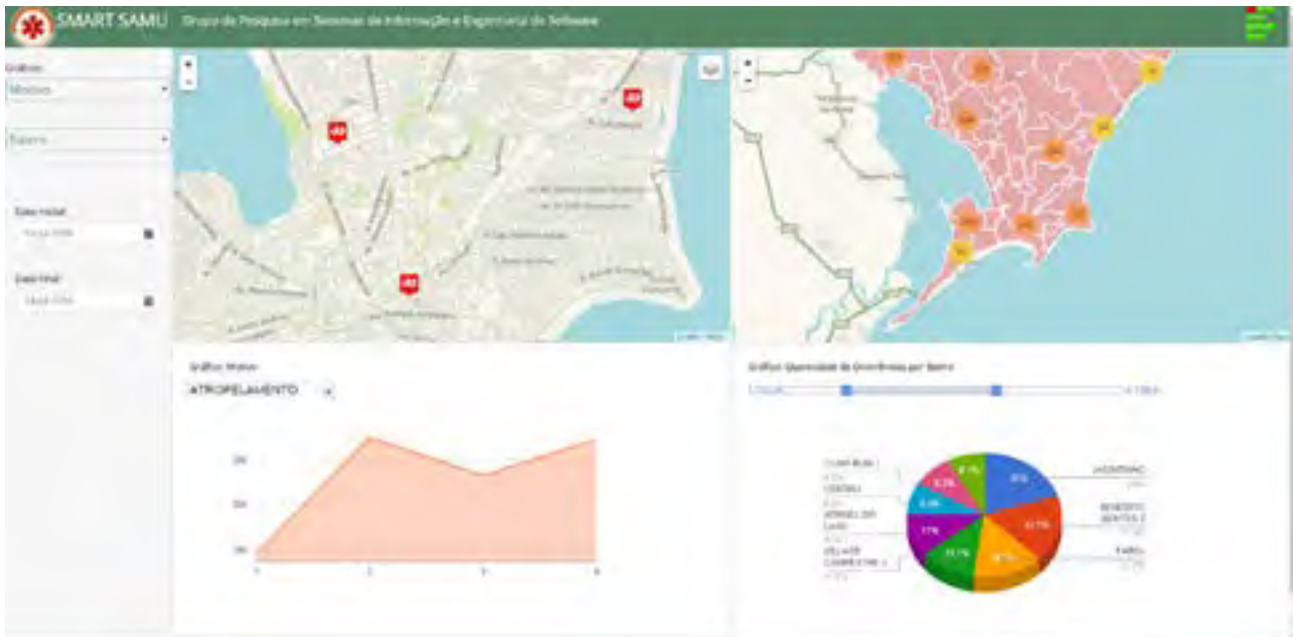


Figura 7- *Dashboard* produto da pesquisa integrando dados estáticos e dinâmicos do rastreamento

Conclusão

Por fim, algumas potencialidades da pesquisa sobre geolocalização apresentada foram destacadas em reuniões com a direção do SAMU e com superintendentes da SESAU, visando a qualificação do serviço de acordo com a portaria N° 1.010 de 21 de maio de 2012, que redefiniu as diretrizes para a implantação do SAMU e sua Central de Regulação das Urgências, pois ao cumprirem determinados requisitos, as centrais tornam-se aptas ao recebimento de incentivos financeiros repassados pelo Ministério da Saúde para investimento e custeio. Assim, a pesquisa levantou novas possibilidades para o gerenciamento estratégico da frota nos atendimentos do SAMU, a saber:

- Facilidade de identificar locais com maior número de acidentes de trânsito e o tipo de acidente que ocorre com maior frequência. Desta forma, infere-se que o georreferenciamento das ocorrências auxiliaria no redimensionamento do serviço após identificação de regiões críticas que poderiam receber uma base descentralizada do SAMU afim de agilizar os atendimentos;
- Análise das rotas das ambulâncias rastreadas e então propor uma otimização da logística, baseando-se em informações sobre o trânsito e no menor caminho até o atendimento da ocorrência;
- O mapeamento também facilitaria o trabalho de educação no trânsito junto aos órgãos de fiscalização (SMTT, DETRAN e DER);
- Facilidade de identificar áreas geográficas críticas e grupos da população exposta a risco para a ocorrência de eventos de saúde, como doenças e acidentes;
- Cruzamento automático das ocorrências do SAMU com a base de autorização de internação hospitalar (AIH) do Sistema de Informação Hospitalar (SIH), que é mais uma fonte de dados sobre acidentes de terrestres de trânsito. Dados de perfil dos óbitos atendidos pelo SAMU também poderiam ser encontrados no Sistema de Informações sobre Mortalidade (SIM), fornecendo importantes indicações quanto às características das vítimas dos acidentes.

Finalmente, com a implantação do *dashboard*, espera-se que a gestão do SAMU consiga alcançar outro patamar na utilização da informação. A visualização geográfica dos dados agregou valor ao processo de tomada de decisão e controle dos processos relacionados ao atendimento das ocorrências. Considerando a solução desenvolvida nesse trabalho e suas limitações, é possível indicar as seguintes propostas para trabalhos futuros: aplicar algoritmos de melhor desempenho para aumentar o resultado obtidos com o geocoding; realizar uma mineração de dados (mining) a fim de se encontrar perfis mais detalhados das vítimas, tempos de atendimento e ocorrência; implementar uma ferramenta de parsing própria para tratar os dados inconsistentes nos campos do logradouro das ocorrências do banco; analisar as rotas das ambulâncias rastreadas e propor uma otimização da logística, baseando-se em informações sobre o trânsito e no menor caminho até a ocorrência, por exemplo.

Agradecimentos

Pesquisa financiada pelo Ministério da Saúde/CNPQ/SESAU-AL/FAPEAL através da Chamada PPSUS (Processo n. 60030000695/2013). Ainda, sinceros agradecimentos à direção do SAMU de Maceió-AL que permitiu o acesso ao campo da pesquisa por parte dos autores.

Referências

- [1] Paula, M. M. V. de, Ribeiro, F. C., Chaves, M., Rodrigues, S. A. e Souza, J. M. de. A Visualização de Informação e a Transparência de Dados Públicos. In: Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação, 7., Anais do VII Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação, Salvador, Bahia, 2011.
- [2] Silva, C. G. da. Considerações sobre o uso de Visualização de Informação no auxílio à gestão de informação. In: XXXIV Seminário Integrado de Software e Hardware (SEMISH). Rio de Janeiro - RJ. Anais do XXVII Congresso da SBC. P. 2070 – 2084, 2007.
- [3] Card, SK; Mackinley, JD; Shneiderman, B. Readings in information visualization: using vision to think, Academic Press, 1999
- [4] GOOGLE. The Google Geocoding API. Disponível em: <https://developers.google.com/maps/documentation/geocoding/>. Acesso em: 02 de jul. de 2016.
- [5] Oliveira, E. A. de. Otimização da localização das bases de operação do Serviço de Atendimento Móvel de Urgência: SAMU/BH através do uso de técnicas de Geoprocessamento. Caminhos de Geografia, v. 9, n. 26, 2008.
- [6] Cabral, A.P.S. serviço de atendimento móvel de urgência: um observatório dos acidentes de transporte terrestre, Recife, 2009.
- [7] Skaba, D. A. Metodologias de Geocodificação dos Dados da Saúde, Rio de Janeiro – RJ, 2009.
- [8] Barcellos, C. et al. Georreferenciamento de dados de saúde na escala submunicipal: algumas experiências. Epidemiol. Serv. Saúde, 59-70, Brasília, 2008.
- [9] Junior, J.; Valente, A. A logística no serviço de atendimento móvel de urgência (SAMU). XXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Porto Alegre, p. 4526-4532, 2005.
- [10] Wazlawick, R. S. Uma Reflexão sobre a Pesquisa em Ciência da Computação à Luz da Classificação das Ciências e do Método Científico. Revista de Sistemas de Informação da FSMA, n 6, pp. 3 – 10, 2010.

Contato

Marcílio Ferreira de Souza Júnior, pesquisador doutor do IFAL - Campus Maceió, telefone 2126-7000, e-mail marcilio@ifal.edu.br.

MONITORAMENTO REMOTO PERVASIVO DA SAÚDE UTILIZANDO DISPOSITIVO MÓVEL

Clairton Siebra¹, Bruno Adonis¹, Joanacelle Caldas¹ e Raniere Medeiros¹

¹Centro de Informática, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa – PB - Brasil

Resumo: Este trabalho aplica o método Sliding Window (SW) associado a uma Rede Neural Artificial (RNA) para consolidação de dados advindos de um acelerômetro para o monitoramento de movimentos humanos. A partir desses dados foi extraído um vetor de entrada, para o classificador, com quatro características. Foram feitas várias combinações entre os parâmetros da SW, otimizando a média de acertos, atingindo então 92,63%. Conclui-se que a Sliding Window associada a RNA é apropriada para detecção dos seis movimentos aqui estudados. Esta técnica pode ser amplamente utilizada no monitoramento remoto de pacientes de forma menos invasiva, onde uma central remota realiza o processamento offline dos dados recebidos através do dispositivo móvel.

Palavras-chave: Monitoramento Pervasivo, RNA e Acelerômetro.

Abstract: This paper applies the method Sliding Window (SW) in association with Artificial Neural Network (ANN) for consolidation of data that is generated by an accelerometer, which monitors human movements. From the extracted data was created an input vector with four features to the classifier. Several combinations were made regarding the SW parameters, optimizing the mean hit, which reached 92.63%. It is concluded that a sliding window associated with ANN is appropriate to the detection of the six studied movements. This technique can be widely used in remote monitoring of patients in a less invasive way, while a remote central carries out an offline processing of the received data from a mobile device.

Keywords: Pervasive Monitoring, ANN and Accelerometer.

Introdução

O crescente aumento populacional vem gerando preocupações sobre os serviços de assistência médica oferecidos em todo o mundo. Várias estratégias são desenvolvidas a fim de atender a demanda dos indivíduos, em especial os que necessitam de cuidados contínuos, como por exemplo, os que apresentam doenças crônicas¹. Por muitas vezes a falta de infraestrutura hospitalar, ou mesmo a distância em que se encontram dos centros médicos, limita o acompanhamento necessário para essas pessoas². É importante ressaltar que os idosos também fazem parte desse cenário, pois estão fadados a uma série de problemas físicos e de saúde, como por exemplo fraturas e insuficiência cardiovascular. Uma alternativa viável como solução para esses problemas é o monitoramento remoto do paciente. Essa técnica pode ser aplicada para obtenção de diversos tipos de sinais, como frequência cardíaca e ECG.

Nosso trabalho foca no monitoramento do nível de atividade de pacientes. Neste contexto, pesquisas anteriores, como os de Mathie (2010), Giacomossi (2011), Khan (2010), mostram as vantagens do acelerômetro como sensor de movimentos, sendo ele menos invasivo, de fácil instalação, de pequena dimensão e baixo custo. Anteriormente foi realizado um trabalho sobre detecção de movimentos humanos, tomando como base informações capturadas de um acelerômetro tri-axial integrado a um moderno

telefone móvel (*Smartphone*). Para isso, dados foram coletados previamente e utilizados na classificação dos seguintes movimentos: sentar, levantar, deitar, levantar após deitar, andar e correr. Essa classificação foi possível por meio de uma Rede Neural Artificial (RNA) de três camadas. Nove características foram extraídas desses dados e usadas como entrada para a RNA. As características foram baseadas no cálculo do Desvio Padrão, Média Aritmética e Transformada Rápida de Fourier (FFT). Após esse processo, os dados advindos do acelerômetro foram tratados em tempo real com o intuito de classificar a posição em que o paciente se encontrava em determinado instante⁶. Um segundo trabalho também foi realizado seguindo essa mesma linha de raciocínio, porém focado no consumo energético da bateria do telefone para o processamento das informações obtidas pelo acelerômetro⁷.

Dando continuidade a pesquisa, o presente trabalho concentra-se em dois pontos importantes que foram levantados durante a realização dos trabalhos citados anteriormente. O primeiro ponto refere-se a eficiência energética, pois foi constatado um alto consumo energético devido ao processamento dos dados em tempo real e o segundo ponto destaca o ruído detectado durante a classificação dos dados. O ruído foi responsável por falsos positivos na detecção dos movimentos (entende-se por falso positivo como a detecção errônea de um movimento qualquer). Com o intuito de corrigir os problemas aqui retratados, esse trabalho apresenta como solução para o primeiro ponto o processamento *offline* dos dados. Sendo assim, o aparelho telefônico fica responsável apenas por capturar e guardar em uma base os valores emitidos pelo acelerômetro, para posteriormente serem enviados a uma central onde serão processados e classificados. Como solução para o segundo ponto propõe-se a utilização do método *Sliding Window* (Janela Deslizante) associado ao classificador⁸. Esse método é baseado na segmentação de dados, utilizando para isso duas constantes: largura da janela e tamanho do deslocamento.

Métodos

A seguir serão descritos os métodos utilizados no decorrer desta pesquisa. Inicialmente foi realizado a captura do sinal utilizando o acelerômetro interno ao aparelho celular. Em seguida foram levantadas nove características para a sua caracterização. Após o levantamento das características foi realizado a análise de componente principal, reduzindo de nove para quatro características. Com as características selecionadas foi desenvolvida a arquitetura da RNA, treinamento e validação da mesma utilizando o método de validação cruzada. Com a rede neural validada foi utilizado a técnica de janela deslizante para processamento *offline*.

Módulo Captura

O módulo sensor utilizado para captura dos dados foi o acelerômetro triaxial interno do celular da família Samsung Galaxy. O acelerômetro presente em telefones móveis pode ser usado para detectar a orientação e aceleração, a partir de uma vibração ou movimento.

Os eixos x, y e z, capturados pelo acelerômetro durante a execução de movimentos previamente selecionados, foram armazenados em arquivo texto na memória do celular. Em seguida foram organizados e salvos no computador. O método para captura do conjunto de dados é descrito a seguir:

- O módulo sensor foi preso na cintura de cada voluntário (Figura 1);
- Os voluntários realizaram 6 movimentos: sentar, levantar, deitar, levantar do deitar, andar e correr. Não houve controle sobre amplitude e intensidade na realização dos movimentos;
- Foram coletados 70 padrões de cada movimento, totalizando 420 padrões de sete voluntários com idades entre 20 e 50 anos.

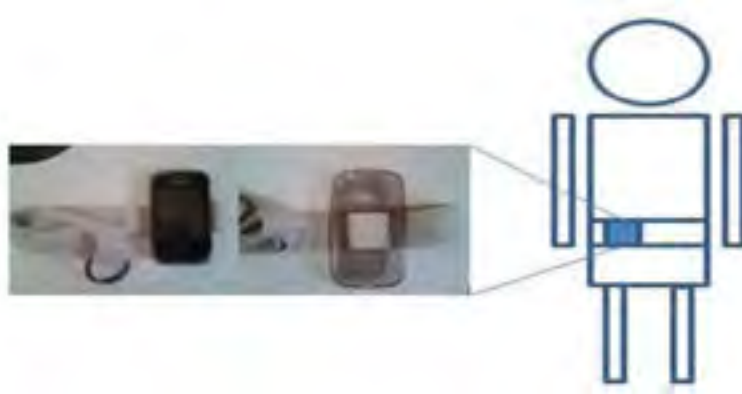


Figura 1: Esboço do módulo sensor preso a cintura do voluntário

Caracterização do Sinal

A etapa seguinte, após a obtenção dos dados, foi a caracterização de cada um dos 420 padrões. Diversas características podem ser utilizadas neste processo. Para facilitar o entendimento, cada padrão pode ser visto como um conjunto de três curvas ao longo do tempo, cada uma delas em um dos eixos cartesianos do acelerômetro. Deste modo, exemplos de características que poderiam ser utilizadas são: maior amplitude da curva, sua integral (área total), distância entre o maior e menor valor (pico e vale)⁴, entre outras.

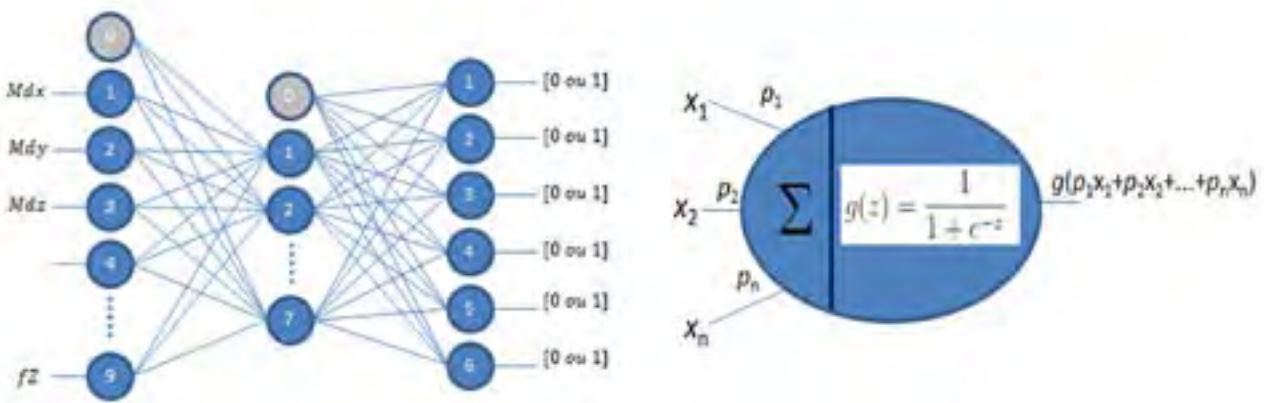


Figura 3: Arquitetura da rede neural e detalhamento do neurônio

O processo de caracterização das curvas foi baseado inicialmente no cálculo de doze características. As três primeiras características, denotadas por Mdx, Mdy e Mdz, referem-se a parâmetros posturais ou valores de offset, onde são calculadas as médias dos vetores⁹ x, y e z.

$$Mdx = 1/n \sum_{i=1}^n x(i) \quad (1)$$

$$Mdy = 1/n \sum_{i=1}^n y(i) \quad (2)$$

$$Mdz = 1/n \sum_{i=1}^n z(i) \quad (3)$$

A quarta, quinta e sexta característica, denotadas por stdX, stdY e stdZ, referem-se ao desvio padrão de cada eixo, onde são calculados o desvio padrão dos vetores¹⁴ x, y e z.

$$stdX = \left(\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x(i) - Mdx)^2 \right)^{\frac{1}{2}} \quad (4)$$

$$stdY = \left(\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (y(i) - Mdy)^2 \right)^{\frac{1}{2}} \quad (5)$$

$$stdZ = \left(\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (z(i) - Mdz)^2 \right)^{\frac{1}{2}} \quad (6)$$

A sétima, oitava e nona característica, denotadas de fX , fY e fZ , são obtidas através da Transformada Rápida de Fourier (FFT). A partir do cálculo da FFT foi extraída a frequência que apresentou a maior amplitude de cada um dos vetores x , y e z . Essas frequências extraídas representam três características⁶.

As três últimas características, dez, onze e doze, denotadas Ex , Ey , Ez , são obtidas a partir da energia do sinal¹⁴. Todas as doze características foram calculadas utilizando um programa desenvolvido na plataforma Octave¹⁰ e armazenadas em arquivo texto na forma de uma matriz de dados.

Análise de Componentes Principais

Análise de Componentes Principais (PCA) é uma técnica padrão normalmente utilizada para redução de dimensionalidade dos dados em reconhecimento estatístico de padrões e processamento de sinais. Assim para realizarmos a redução da dimensionalidade em determinados dados de entrada, é então obtido os autovalores e autovetores da matriz de correlação do vetor de dados de entrada e então projetamos os dados ortogonalmente sobre um subespaço abrangido pelos autovetores pertencentes aos autovalores dominantes¹². A idéia é reter aqueles que possuem alta variância, enquanto os de menor variância são descartados.

Foi então aplicado PCA nas doze características inicialmente selecionadas e constatado que quatro das doze características concentravam a maior variância, sendo elas Mdx , Mdy , Mdz e $stdX$. Desta forma, foi reduzida a dimensionalidade de doze para quatro características, as quais foram utilizadas como entrada do classificador. A redução de dimensionalidade resulta em uma otimização de custos computacionais, pois precisamos calcular apenas quatro características das doze inicialmente propostas.

Módulo Classificador

O elemento de classificação dos movimentos foi definido como uma Rede Neural Artificial (RNA), a qual implementa o modelo de aprendizagem supervisionada, também conhecida como aprendizagem com o professor¹¹. Figura 2 mostra o diagrama da aprendizagem supervisionada.

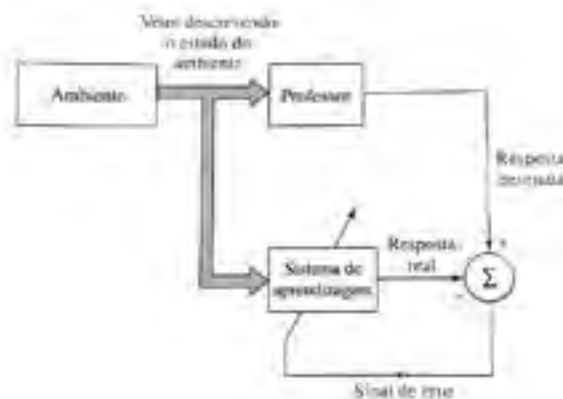
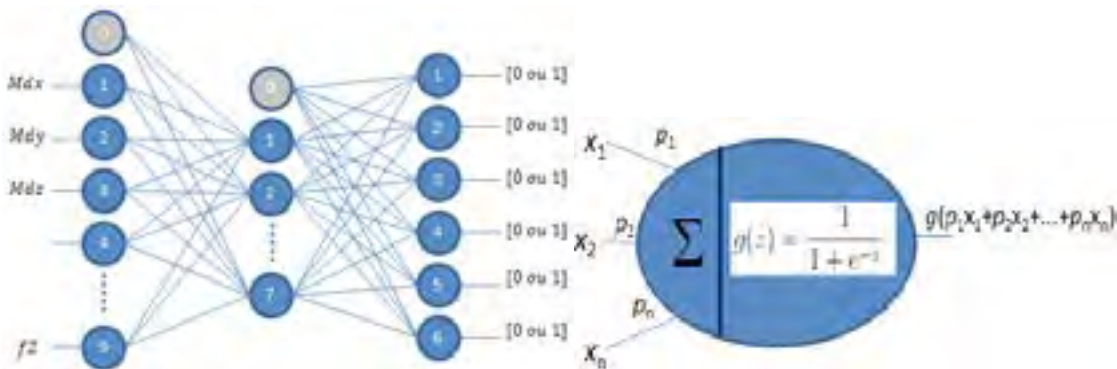


Figura 2: Aprendizagem supervisionada, imagem retirada do livro Haykin S.¹¹

Neste esquema é fornecido ao modelo a resposta ótima esperada e o treinamento do modelo consiste na redução do erro, que é dado pela a diferença da resposta esperada com a resposta real. Este erro é então utilizado para realimentar o sistema de aprendizagem.

A RNA utilizada trata-se de um modelo conhecido como Perceptron de Múltiplas Camadas (MLP-multilayer perceptron). No modelo utilizado, os sinais de entrada são propagados para camadas adiante enquanto o erro calculado é propagado da camada de saída para a camada de entrada, denotada retropropagação¹⁵. Uma RNA é composta por várias unidades de processamento, chamadas neurônios. Estes neurônios são conectados por canais de comunicação que estão associados a determinado peso. Logo, toda conexão entre dois neurônios possui um peso p_i . Os neurônios fazem operações apenas sobre seus dados locais, os quais são recebidos pelas conexões de entrada. O comportamento inteligente de uma Rede Neural Artificial vem das interações entre as unidades de processamento da rede (neurônios). A Figura 3 mostra a arquitetura da RNA utilizada no experimento anterior⁶ com nove características e o detalhamento do neurônio com sua função de ativação, a Sigmóide.



Essa função foi utilizada com a variável z sendo instanciada com o somatório da ponderação dos valores de entrada do neurônio, denotada $g(z)$.

$$g(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}} \text{ onde } z = p_1x_1 + p_2x_2 + \dots + p_nx_n \quad (7)$$

A arquitetura utilizada no experimento atual é uma simplificação da Figura 3. Tal arquitetura também possui três camadas. Porém, a primeira delas possui apenas cinco neurônios e é chamada de Camada de Entrada. O primeiro neurônio (bias) tem valor constante e igual a 1, sendo utilizado para aumentar o grau de liberdade e adaptação da rede. Cada um dos demais quatro neurônios corresponde a entrada de uma das quatro características selecionadas.

A camada intermediária é chamada de camada escondida (hidden layer) e não existe uma regra geral para o número de neurônios. Para determinar a quantidade de neurônios desta camada foram feitos testes empíricos avaliando o decréscimo da função de custo, podendo ser visualizada adiante na equação 8, ao longo de 100-1000 iterações, avaliando também o crescimento da média de acertos sobre o conjunto de testes (conjunto que não participa do treinamento). Chegamos ao valor de 11 neurônios, sendo um deles o bias. Um número muito maior que o selecionado poderia levar a RNA a apresentar problemas de overfit, onde a rede teria uma ótima precisão para a identificação dos elementos do conjunto de treinamento, mas não generalizaria bem para novos exemplos do conjunto de teste.

Por fim, a camada de saída possui 6 neurônios e ela funciona como uma porta lógica OU-Exclusivo, de modo que apenas uma das saídas pode ser ativada a cada conjunto de entrada. Cada uma das saídas representa um movimento do usuário, sentar, levantar, levantar do deitar, andar, correr, deitar.

Treinamento da Rede Neural

No treinamento da RNA foram utilizadas as quatro características selecionadas em 420 padrões. O vetor característica, com as características e sua classe ficou representado como:

Mdx	Mdy	Mdz	stdX	C
-----	-----	-----	------	---

Onde C é um número inteiro ($C \in [1..6]$) que representa cada um dos seis movimentos. O erro calculado para a RNA é dado por uma função de custo J, de modo que o treinamento da rede tem o objetivo de reduzir este custo. Então, em cada iteração é calculado o valor de J, que deve ser decrescente até que se estabilize. Foram utilizadas 10000 iterações. A função de custo J utilizada é dada por:

$$J(\theta) = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^k (-y_k^{(i)} \log((g_{\theta}(x^{(i)}))_k) - (1 - y_k^{(i)}) \log(1 - (g_{\theta}(x^{(i)}))_k)) + FR(\theta) \quad (8)$$

$$FR(\theta) = \frac{\lambda}{2m} [\sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^k (\theta_{jk}^{(1)})^2 + \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^k (\theta_{jk}^{(2)})^2] \quad (9)$$

Onde:

- θ representa o conjunto de todos os pesos da rede, sendo dividido em duas matrizes: $\theta(1)$ de dimensionalidade 10x5 e $\theta(2)$ de dimensionalidade 6x11;
- m representa o número de exemplos de treinamento, $m = 420$;
- k representa o número de classes utilizadas na classificação, $k = 6$;
- x é a matriz de características, a qual contém 420 linhas (exemplos de treinamento) e 4 colunas (uma para cada característica);
- y é o vetor de respostas de tamanho 420 que indica qual movimento está representado em cada uma das linhas da matriz de características;
- g_{θ} representa a função de ativação do neurônio (Sigmoid), Eq.(7);
- FR é um fator de regularização utilizado para que a rede tenha um melhor controle sobre a velocidade de aprendizagem;
- λ é a taxa de aprendizado que deve ser um valor entre 0 e 1. Foi utilizado $\lambda = 0,02$.

O treinamento da rede neural artificial se resume a minimizar a função de custo J. Porém, apenas monitorar o decaimento do custo J não é o suficiente para saber se o modelo está classificando corretamente para novos padrões desconhecidos da rede. É também necessário monitorar percentual de acerto da RNA para novos exemplos (conjunto de testes). Pensando nisso e baseado na literatura existente a validação do modelo será descrita no tópico seguinte.

Validações de Aprendizagem

O método utilizado para treinamento e validação dos dados foi a Validação Cruzada (Cross Validation), onde foi explorada uma variante deste método, denotada *K-fold Cross Validation*. A amostra original é subdividida aleatoriamente em K partições de tamanho igual, e a subamostra K_i é retirada do conjunto para ser utilizada na validação, enquanto os demais K-1 (k menos um) subamostras são utilizadas como dados do treino. O processo de validação cruzada é então repetido K vezes, até que cada uma das subamostras K_i seja utilizada apenas uma vez como subamostra de validação. Foi utilizado $K = 10$, ou seja, as amostras foram aleatoriamente divididas em 10 subamostras. O processo é ilustrado na Figura 4.

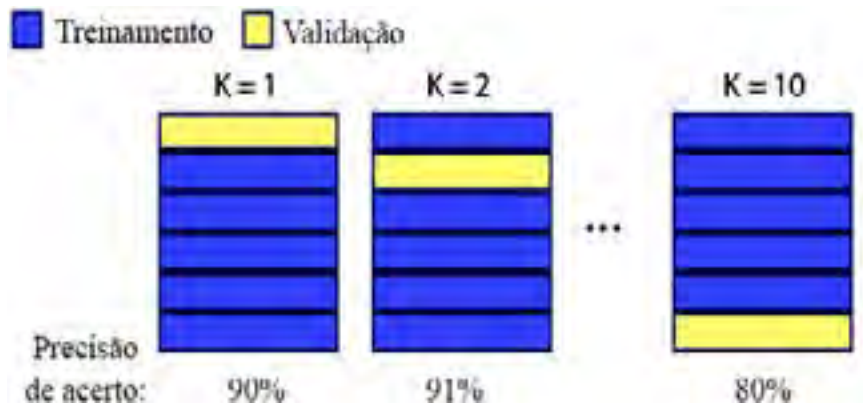


Figura 4: ilustração 10-fold validação cruzada, autoria própria.

Onde a cada K é obtido um percentual de acerto sobre os padrões da partição K . Ao final da validação é realizada então a média das K médias de acerto obtidas, tendo assim um percentual médio de acerto da RNA. Com o classificador treinado e validado, na etapa seguinte iremos utilizar este classificador para classificar novos exemplos de entradas que serão segmentados utilizando a janela deslizante.

Processamento *Offline* do Sinal

Para o processamento offline foi utilizado o método de Janela Deslizante (*Sliding Window*). Essa técnica é muito usada na extração de subamostras de um conjunto de dados, a partir de um tamanho predefinido para janela e deslocamento. O sinal é analisado de forma que os padrões possam ser identificados e classificados. Este processo é similar ao de detecção de faces humanas em fotos. Ou seja, o padrão de uma face deve ser procurado em todas as partes que compõem a foto, assim como, por exemplo, um padrão de sentar deve ser procurado em todo o sinal gravado. A Figura 5 representa um esboço do método.

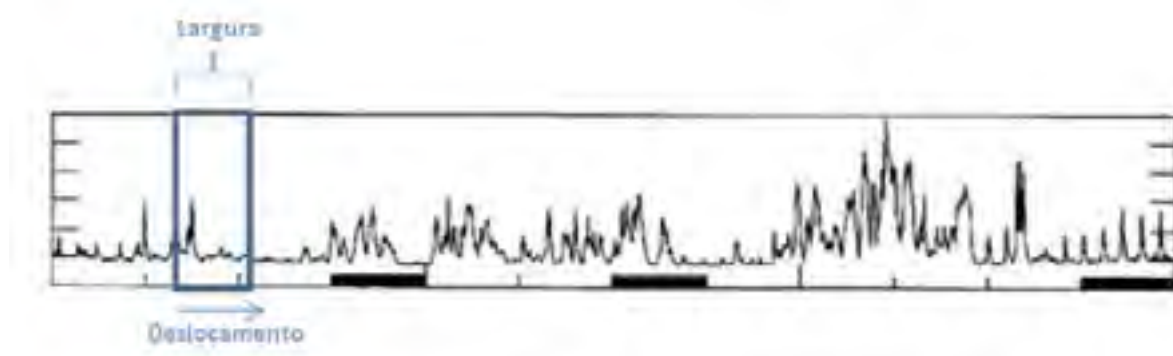


Figura 5 Abstração do método *Sliding Window*

O maior desafio para este método é encontrar o tamanho ideal para o deslocamento e largura da janela. Diversas combinações podem ser utilizadas para estes parâmetros. Não é recomendado que o deslocamento seja igual à largura (Figura 6a) porque alguns movimentos que deveriam ser classificados podem ficar divididos sobre duas janelas. Assim, o classificador pode não identificar tal movimento. Por outro lado, onde o deslocamento é um valor muito inferior à largura da janela, resulta em um longo tempo de processamento (Figura 6b).

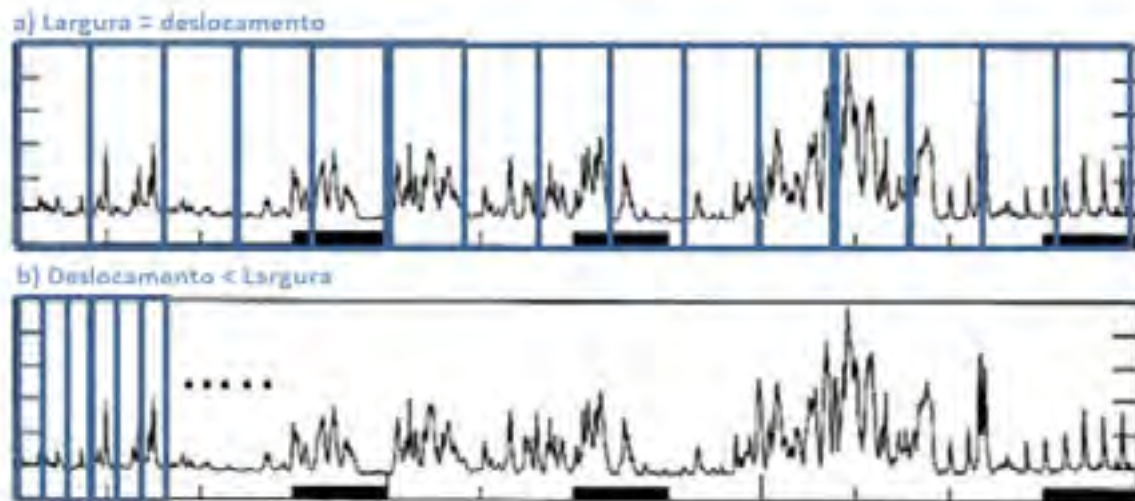


Figura 6: Abstração do método *Sliding Window*. a) quando a largura tem o mesmo valor do deslocamento, b) quando o deslocamento é muito inferior a largura da janela.

O método *sliding Window* foi realizado ao longo das três curvas utilizando o mesmo tamanho de deslocamento e largura da janela para cada um dos eixos, pois as características utilizadas abrangem os três eixos do acelerômetro. O intervalo entre o movimento mais curto e o movimento mais longo foi utilizado como limite inferior e limite superior respectivamente. Foram testadas e avaliadas todas as combinações de deslocamento e largura dentro desse intervalo.

Foram realizadas várias combinação de tamanho de janela e deslocamento. O acerto de novos padrões desconhecidos pela RNA obtido para cada combinação foi armazenado para ser comparado ao final. Os dados em tempo real foram analisados por um sistema composto por uma aplicação mobile na plataforma Android, que ficou responsável em capturar os dados do acelerômetro e uma API encarregada de processar os dados e informar os resultados ao administrador. O método descrito nesse tópico foi implementado na API.

A aplicação mobile em desenvolvimento captura os dados do acelerômetro e encapsula o conjunto de dados em um intervalo definido. Esses dados são enviados ao serviço API REST¹³ através do protocolo HTTP (Hypertext Transfer Protocol) e, caso ocorra erro no envio, a aplicação envia os dados em outro momento. Esse mecanismo impossibilita a perda de informações essenciais para tomada de decisões. Na API, os dados são encaminhados para uma fila de processamento. O serviço identifica o indivíduo, segmenta os dados com a janela deslizante, encaminha para uma rede neural, que classifica os dados e, por fim, entrega as informações para o administrador em diversos formatos como gráfico, fluxos, etc.

Resultados

Visando maximizar o percentual de acerto por movimento detectado, inicialmente foi realizado um experimento com o intuito de encontrar o melhor valor para a largura da janela e tamanho do deslocamento. As combinações consideradas foram variações de 50 a 210 pontos para o deslocamento e 90 a 330 pontos para a largura da janela. Os incrementos foram de 10 e 20 pontos para deslocamento e largura da janela, respectivamente. A Tabela 1 representa alguns percentuais obtidos para o movimento andar.

Tabela 1: Alguns percentuais de acertos do movimento andar, obtidos a cada combinação de largura da janela 'L' e deslocamento 'D'.

<i>D</i> \ <i>L</i>	130	150	170	190	210	230	250	270
50	83,33	83,33	95,83	100	100	100	100	100
60	85	85	95	100	100	100	100	100
70	94,28	91,17	94,11	100	97,05	100	100	100
80	90	86,67	96,67	96,67	100	100	100	100

Após uma análise entre os resultados obtidos para todos os movimentos, a melhor combinação encontrada foi 80 pontos para o deslocamento e 190 pontos para a largura da janela. Essa combinação maximiza o percentual de acerto para os seis movimentos e não somente para o movimento andar. Os seguintes percentuais dos movimentos foram obtidos, Tabela 2.

Tabela 2: Percentual de acerto por movimento e média geral.

Sentar	82,44
Levantar	97,7
Andar	96,67
Correr	100
Deitar	87,32
Levantar do Deitar	91,67
Média	92,63

A Tabela 2 demonstra que a média de acertos para os movimentos foi bastante satisfatório, alcançando um percentual de 92,63%. A solução de falsos positivos foi minimizada com a inserção de um limiar na classificação dos movimentos, onde o movimento era classificado como um dos 6 tipos apenas se o percentual de acerto fosse maior que 54%, caso contrário o classificador retornava zero, que foi interpretado como ruído pelo sistema.

Conclusão

Os resultados demonstraram que o método Janela Deslizante quando associado a um classificador, maximiza o percentual de acerto para cada movimento. É válido salientar que os limites para a largura da janela e tamanho do deslocamento devem ser respeitados, para que os resultados sejam satisfatórios. A aplicação desenvolvida comportou-se de maneira esperada, suavizando os problemas que foram identificados nos trabalhos realizados anteriormente. Além disso mostrou-se eficiente no monitoramento dos indivíduos, podendo facilitar o acompanhamento médico-paciente e possibilitando outros benefícios como: assistência médica remota, avaliação das atividades executadas pelos pacientes etc. Em trabalhos futuros pretende-se estender essa aplicação para outras plataformas como IOS, por exemplo, desenvolver um embarcado e implementar o sistema no mesmo, deixando-o mais transparente no caso de pacientes com dificuldades específicas e também deixando o celular livre para atividades diárias.

Referências

- [1] Copetti, A. (2010) “Monitoramento Inteligente e Sensível ao Contexto na Assistência Domiciliar Telemonitorada”, Tese de Doutorado em Computação, UFF, Niterói, RJ. p.135.
- [2] Nourizadeh S., C. Deroussent, Y. Q. Song, J. P. Thomesse, “Medical and Home automation Sensor Networks for Senior Citizens Telehomecare”, LORIA research laboratory - INPL, France MEDETIC – Colmar, France 2009.
- [3] M. J. Mathie, B.G. Celler, N.H. Lovell.; A.C.F. Coster. (2010) “Classification of basic daily movements using a triaxial accelerometer”, *Medical & Biological Engineering & Computing*, Vol. 42. p. 679-687.
- [4] Giacomossi L. Carlos. (2011) “Método não Invasivo Utilizando o Acelerômetro para Classificar Movimentos Normais e Anormais de Humanos”, Dissertação (Mestrado), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 96f.
- [5] Khan AM, Lee YK, Lee E, Kim TS. (2010) “Accelerometer’s position independent physical activity recognition system for long-term activity monitoring in the elderly”, *Medical Biological Engineering computing*, International Federation for Medical and Biological Engineering, p. 1271-1279. Nov.
- [6] Bruno A Sá; Siebra, C. Extração De Características Das Curvas De Um Acelerômetro Triaxial Para O Processo De Classificação De Movimentos. Anais do XIV Congresso Brasileiro de Informática em Saúde, 2014.
- [7] Bruno A Sá, Siebra, C., GOUVEIA, T. B., SILVA, F. Q., SANTOS, A. L. . A Neural Network Based Application for Remote Monitoring of Human Behaviour. International Conference on Artificial Intelligence, 2015, Roma. Proceedings of the World Symposium on Computer Applications & Research, 2015.
- [8] Oliveira, Rodrigo Fonseca de Santa Cruz, “Detector De Humanos em Imagens Digitais Utilizando Extratores De Características Indicadoras De Movimento”, 2014.
- [9] Winter R. (1999) “Estudo Sobre a Medição do Tremor Humano Utilizando Acelerômetro Piezoelétrico e Processamento de Sinais Digitais”, Dissertação (Mestrado em Engenharia Biomédica), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 151f.
- [10] Eaton John W. (2016) “GNU Octave”, <https://www.gnu.org/software/octave/index.html>.
- [11] Haykin S. (2001). *Redes Neurais: Princípios e Práticas*, 2ª ed. Porto Alegre, p.88-89.
- [12] Haykin S. (2001). *Redes Neurais: Princípios e Práticas*. 2ª ed. Porto Alegre, p.430-442.
- [13] Fielding, Roy Thomas(2000) “Architectural styles and the design of network-based software architectures”, University of California, Irvine.
- [14] Nishkam Ravi , Nikhil Dandekar , Preetham Mysore , Michael L. Littman, Activity recognition from accelerometer data, Proceedings of the 17th conference on Innovative applications of artificial intelligence, p.1541-1546, July 09-13, 2005, Pittsburgh, Pennsylvania.
- [15] Haykin S. (2001). *Redes Neurais: Princípios e Práticas*. 2ª ed. Porto Alegre, p.183-188.
- [3] M. J. Mathie, B.G. Celler, N.H. Lovell.; A.C.F. Coster. (2010) “Classification of basic daily movements using a triaxial accelerometer”, *Medical & Biological Engineering & Computing*, Vol. 42. p. 679-687.
- [4] Giacomossi L. Carlos. (2011) “Método não Invasivo Utilizando o Acelerômetro para Classificar Movimentos Normais e Anormais de Humanos”, Dissertação (Mestrado), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 96f.
- [5] Khan AM, Lee YK, Lee E, Kim TS. (2010) “Accelerometer’s position independent physical activity recognition system for long-term activity monitoring in the elderly”, *Medical Biological Engineering computing*, International Federation for Medical and Biological Engineering, p. 1271-1279. Nov.

- [6] Bruno A Sá; Siebra, C. Extração De Características Das Curvas De Um Acelerômetro Triaxial Para O Processo De Classificação De Movimentos. Anais do XIV Congresso Brasileiro de Informática em Saúde, 2014.
- [7] Bruno A Sá, Siebra, C., GOUVEIA, T. B., SILVA, F. Q., SANTOS, A. L. . A Neural Network Based Application for Remote Monitoring of Human Behaviour. International Conference on Artificial Intelligence, 2015, Roma. Proceedings of the World Symposium on Computer Applications & Research, 2015.
- [8] Oliveira, Rodrigo Fonseca de Santa Cruz, “Detector De Humanos em Imagens Digitais Utilizando Extratores De Características Indicadoras De Movimento”, 2014.
- [9] Winter R. (1999) “Estudo Sobre a Medição do Tremor Humano Utilizando Acelerômetro Piezoelétrico e Processamento de Sinais Digitais”, Dissertação (Mestrado em Engenharia Biomédica), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 151f.
- [10] Eaton John W. (2016) “GNU Octave”, <https://www.gnu.org/software/octave/index.html>.
- [11] Haykin S. (2001). Redes Neurais: Princípios e Práticas, 2ª ed. Porto Alegre, p.88-89.
- [12] Haykin S. (2001). Redes Neurais: Princípios e Práticas. 2ª ed. Porto Alegre, p.430-442.
- [13] Fielding, Roy Thomas(2000) “Architectural styles and the design of network-based software architectures”, University of California, Irvine.
- [14] Nishkam Ravi , Nikhil Dandekar , Preetham Mysore , Michael L. Littman, Activity recognition from accelerometer data, Proceedings of the 17th conference on Innovative applications of artificial intelligence, p.1541-1546, July 09-13, 2005, Pittsburgh, Pennsylvania.
- [15] Haykin S. (2001). Redes Neurais: Princípios e Práticas. 2ª ed. Porto Alegre, p.183-188.

METODOLOGIAS E FERRAMENTAS PARA ANOTAÇÃO DE NARRATIVAS CLÍNICAS

Gabriel Herman Bernardim Andrade^{1,2}, Lucas Emanuel Silva e Oliveira² e Cláudia Maria Cabral Moro²

¹ Engenharia de Computação, Escola Politécnica, Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil

² Programa de Pós-Graduação em Tecnologia em Saúde, Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil

Resumo: A utilização de técnicas de Processamento de Linguagem Natural (PLN) em textos clínicos é amplamente dependente de grandes quantidades de dados textuais anotados, denominados corpus ou padrão ouro. Sendo essenciais para a modelagem da linguagem durante a fase de treinamento de diversos algoritmos de PLN. Porém, para a criação de um padrão ouro é necessário um extenso e custoso trabalho manual de anotação, que demanda um grande esforço de especialistas. **Objetivo:** Realizar uma revisão da literatura, visando o estudo de metodologias e ferramentas utilizadas em procedimentos de anotação de textos. **Método:** Levantamento em bases científicas referentes à elaboração de corpus morfológicos, sintáticos e morfossintáticos foi realizado, analisando 32 estudos de anotação e mais 12 ferramentas. **Resultados:** Foram levantados os principais aspectos nos processos de anotação, bem como realizada uma avaliação dentre critérios pré-definidos de cada das ferramentas de suporte encontradas.

Palavras-chave: Processamento de Linguagem Natural; Anotação de Textos; Ferramentas de Anotação; Corpus padrão ouro.

Abstract: The use of natural language processing techniques (NLP) in clinical texts is dependent on large amounts of annotated text data, called corpus or gold standard. Are essential for the modelling language during the training phase of NLP algorithms. However, for the creation of a gold standard is required extensive and costly manual annotation task, that demands a great deal of experts. **Objectives:** To review the literature to identify methodologies and tools applied to text annotation. **Methods:** Scientifics databases search regarding the development of morphological, syntactic and morphosyntactic corpus was performed by analyzing 32 annotation studies and 12 tools. **Results:** Main aspects of the annotation process description, as well as an assessment from pre-defined criteria for each one of the annotation tools identified.

Keywords: Natural Language Processing; Text Annotation; Annotation Tools; Gold Standard Corpus.

Introdução

As técnicas de Processamento de Linguagem Natural (NLP) necessitam de uma grande quantidade de informação anotada de forma para apresentarem um bom desempenho. Tal informação é de extrema importância na fase de aprendizado de padrões e modelagem de linguagem. A anotação desses dados, conhecidos como corpus ou padrões ouro, depende de extensiva análise humana e anotação manual, processo que é extremamente demorado e propenso a erros, pois requer um grande esforço intelectual de especialistas no domínio linguístico e/ou específico. A anotação de um grande corpus frequentemente depende de um time de anotadores e uma série de orientações para solucionar divergências ou inconsistências¹⁻³.

Entretanto, a tarefa de criação de corpus vem sendo auxiliada por ferramentas computacionais desde a década de 1990, como no caso da anotação do Penn TreeBank Corpus¹. Dentre tais ferramentas, pode-se citar simples processadores de texto com funcionalidade de auto completar, até interfaces gráficas que permitem que anotadores selecionem e etiquetem *tokens* ou montem estruturas em sentenças⁴⁻⁷, gerenciamento da coleção de textos ou análise automática de não concordância entre anotadores. Outro aspecto que minimiza o trabalho a ser realizado é a semi-automação do processo, onde o texto pode ser pré-etiquetado ou estruturas podem ser pré-formadas por algoritmos já treinados. Isso permite que os anotadores tenham o trabalho de apenas corrigir os erros da fase automática, o que se mostra muito mais produtivo, além de reduzir taxa de erro dos anotadores^{1,8}.

Essas ferramentas variam bastante no quesito de suas funcionalidades, permitindo o desenvolvimento de corpus anotados sobre diferentes características. Certas ferramentas permitem a anotação de diversas camadas de informação (como morfológica, sintática, semântica e relacionamento de conceitos)⁶, algumas focam apenas em propriedades linguísticas do texto⁵ e outras incorporam conceitos do domínio semântico específico do texto⁷.

Com o conhecimento de múltiplas metodologias e ferramentas com diferentes funcionalidades é possível obter uma melhor avaliação de qual abordagem é mais apropriada para o processo de anotação, visando as características que se deseja obter no corpus final. Uma escolha apropriada permite não só um produto final melhor, mas também um processo de desenvolvimento menos custoso, pois o trabalho manual dos anotadores pode ser reduzido e sua produtividade aumentada. O conhecimento do que se encontra disponível na literatura permite também que seja evitado o desperdício de tempo no desenvolvimento de uma ferramenta completa de anotação em casos desnecessários.

Corpora desenvolvidos a partir de textos jornalísticos podem ser facilmente encontrados na literatura. Especificamente para a língua Portuguesa, existem trabalhos como o desenvolvido por Bick⁹. Entretanto, corpora anotados sobre textos do contexto médico são praticamente inexistentes e, segundo os resultados obtidos por Pakhomov³ e Peters⁸, técnicas de NLP aplicadas a diversos tipos de textos médicos podem ter seu desempenho elevado quando treinados sobre um padrão ouro específico ao domínio. Desta forma, este trabalho foi realizado buscando estudar as metodologias e identificar as ferramentas utilizadas, bem como os processos que rodeiam a tarefa de anotação e compilação de textos em um padrão ouro morfológico e sintático, visando a definição de uma metodologia para a construção de um corpus de textos médicos em português brasileiro. Foram analisadas 32 diferentes abordagens de anotação em diferentes idiomas e domínios de estudo incluindo a área de saúde. Além disso, foi possível avaliar 12 diferentes ferramentas de anotação. São apontados também os pontos relevantes de cada uma das metodologias e a composição das mesmas que resultou na técnica escolhida para construção do corpus para o grupo de pesquisa.

Métodos

Este trabalho foi elaborado a partir de uma revisão de literatura através das bases de dados *IEEE-Xplore*, *ACM*, *ScienceDirect* e *Google Scholar*, além de pesquisas realizadas diretamente na ferramenta de busca do Google por publicações referentes à elaboração de corpus morfológicos, sintático ou morfossintáticos, excluindo anotações voltadas apenas a informações semânticas ou relações entre entidades textuais ou conceitos. Não foi feita distinção do domínio de estudo dos textos ou o propósito de uso. Foram aceitas publicações referentes a metodologias e procedimentos para anotação de textos, bem como publicações referentes a ferramentas de suporte a anotação.

As palavras-chave utilizadas para a realização da busca foram “corpus (corpora) development”, “corpus (corpora) building”, “corpus annotation”, “annotated corpus” e “text annotation tool”. Buscou-se por publicações sem realizar nenhuma limitação referente a data de publicação.

Somando-se todas as bases de dados, foram obtidas 58 diferentes publicações (realizando a exclusão de repetições entre as diferentes bases), selecionadas através da análise dos títulos e/ou resumo,

de forma que fossem pertinentes ao tema buscado. A partir da leitura destes, foram excluídas 11 publicações por se tratarem de linguagens com estruturas muito distantes do Português Brasileiro (tais como Árabe, Chinês ou Japonês) ou por não terem foco na metodologia ou ferramenta utilizadas, mas sim na forma de aquisição dos dados anotados ou em comparações de desempenho entre diferentes padrões ouro. Foram também excluídas 3 publicações por se tratarem de outras revisões de literatura. Dessa forma, foram analisadas 44 publicações que preencheram os critérios inicialmente propostos.

Dentre os estudos revisados, foram encontradas 12 ferramentas disponíveis para uso. Tais ferramentas foram instaladas e testadas, visando identificar as suas funcionalidades, e características que facilitem e/ou reduzam o trabalho manual dos anotadores. A partir da leitura foram identificados como critérios importantes a possibilidade de pré-anotar os textos automaticamente, uma interface de anotação simples, intuitiva e que permita anotação rápida, o suporte à anotação na de textos da língua portuguesa e a existência de estatísticas referentes a concordância entre diferentes anotadores. Verificou-se também a licença da ferramenta, a possibilidade da alteração do código para inserir funcionalidades (*OpenSource*) e a existência de suporte ou documentação.

Por fim, selecionou-se a ferramenta que mais se enquadrou dentro dos quesitos citados para ser utilizada como base no processo de construção de um corpus morfossintático de textos médicos em Português Brasileiro.

Resultados e Discussão

O objetivo deste estudo foi apresentar e discutir os achados da literatura referentes à metodologia de anotação de textos para a construção de padrões ouro para treinamento de algoritmos de Recuperação de Informação em Processamento de Linguagem Natural, ressaltando os pontos que se mostram importantes para o andamento do processo. Porém, julgou-se também válido realizar a análise e avaliação de diferentes ferramentas de apoio à anotação dos textos encontradas nos estudos avaliados, visto que são parte importante dentro do processo de construção.

Metodologias de Anotação – A maioria dos autores não entram em detalhes sobre o processo utilizado para a anotação em si, focando principalmente nos resultados obtidos após a construção do corpus, bem como a avaliação de desempenho do mesmo para treinamento de etiquetadores distintos. Esta tendência fez com que a obtenção das informações desejadas por este estudo fosse prejudicada. Dessa forma, dentro dos estudos avaliados foram excluídos todos os que não detalhavam a metodologia de anotação ou ferramenta utilizada, reduzindo para apenas 12 trabalhos de construção efetivamente avaliados, como pode ser observado na Quadro 1.

Uma grande exceção é o projeto de desenvolvimento do Penn Treebank¹, que forneceu a metodologia detalhada de estudo, avaliação e construção do corpus. Este foi um dos principais estudos de anotação de textos em inglês, sendo considerado como referência e que influenciou diversos estudos posteriores, mesmo em outros idiomas. Seu desenvolvimento utilizou um processo de anotação semiautomática, onde os textos foram pré-etiquetados por um algoritmo estocástico (o qual foi previamente treinado utilizando o Brown Corpus). Dessa forma, os anotadores tiveram o trabalho de revisar e corrigir o que foi etiquetado incorretamente na fase automática. Segundo experimentos realizados durante o processo de anotação, percebeu-se que o processo de anotação manual levava duas vezes mais tempo que a simples correção. Além disso, o nível de discordância entre as etiquetações de diferentes anotadores foi reduzido drasticamente com a inserção do passo automático.

O uso do processo de pré-anotação automático foi utilizado em todos os outros estudos avaliados, com exceção dos de Dinakaramani¹⁰ e Alexin¹¹, onde não haviam informações pré-existentes para a realização do treinamento de um *tagger*. A abordagem de Nguyen¹², pelo mesmo motivo, utilizou um processo totalmente manual para as primeiras sentenças, passando a treinar um etiquetador e etiquetar as próximas sentenças com os dados anotados.

Apesar de se mostrar como uma boa alternativa para reduzir tanto o tempo de anotação quanto aumentar a precisão da informação anotada, mesmo quando o etiquetador utilizado não é tão preciso, o uso de uma técnica de pré-anotação deve levar em conta a propensão que um anotador tem em seguir a escolha do etiquetador automático.

Quadro 1 - Análise das metodologias de anotação

Estudo	Idioma	Tipo de Textos	Tipo de Anotação	Processo Semiautomático	Tamanho do Corpus	Múltiplos Anotadores	Ferramenta Utilizada	Interface de Anotação
Marcus (1993) ¹	Inglês	Jornalístico	Morfológica e Sintática	Sim	4,5 milhões de palavras	Sim, 4 anotadores	PARTS, Fiddich	Interface em Lisp
Pala (1998) ¹³	Tcheco	<i>Não informado</i>	Morfológica	Sim	1 milhão de palavras	<i>Não informado</i>	LEMMA	CQP
Brants (2002) ¹⁴	Alemão	Jornalístico	Morfológica e Sintática	Sim	35 mil sentenças	Sim, 2 anotadores	TnT Tagger, LFG Parsing	Annotate
Alexin (2003) ¹¹	Húngaro	Diversos	Morfológica	Não	1 milhão de palavras	<i>Não informado</i>	HuMor parser	Ferramenta própria
Galicia-Haro (2003) ²	Espanhol	Internet	Morfológica	Somente automática	1592 MB em texto	Não	MACO	Nenhuma
Pakhomov (2006) ³	Inglês	Narrativas Clínicas	Morfológica	Sim	100 mil palavras	Sim, 3 anotadores	MaxEnt Tagger	Editor de XML
Huseth (2007) ¹⁵	Norueguês	Prontuário Eletrônico	Morfológica e Sintática	Sim	74 mil palavras	Não, 1 anotador	Tagger próprio	Ferramenta gráfica
Areta (2007) ¹⁶	Basco	Livros Científicos	Morfológica e Sintática	Sim	1,6 milhões de palavras	Não	<i>Não informado</i>	Corpusgile, Eulia
Nguyen (2009) ¹²	Vietnamita	Jornalístico	Morfológica e Sintática	Início manual, depois semiautomático	210 mil palavras	Sim, no mínimo 2 anotadores	vnTokenizer, JvNTagger, MaxEnt	SynAF
Dandapat (2009) ¹⁷	Bangla e Hindi	<i>Não informado</i>	Morfológica	Sim	<i>Não informado</i>	Sim	Tagger Próprio	Ferramenta gráfica
Wazszczuk (2010) ¹⁸	Polonês	Jornalístico	Sintática	Sim	85 mil sentenças	Sim, no mínimo 2 anotadores	Spejd	TrEd
Peters (2010) ⁸	Português	Narrativas Clínicas	Morfológica	Sim	123 mil palavras	Não	OpenNLP	MALT
Dinakaramani (2014) ¹⁰	Indonésio	Jornalístico	Morfológica	Não	260 mil palavras	Sim, 2 anotadores	Nenhuma	<i>Não informado</i>

Outra característica que se julgou muito interessante para um processo de anotação foi a utilização de um aprendizado interativo e treinamento incremental do etiquetador utilizado, permitindo que maior quantidade de informação seja anotada com qualidade, reduzindo o esforço humano. Este processo, conhecido como *Active Learning*, é uma abordagem onde um etiquetador é treinado com um modelo baseado em uma pequena quantidade informação de padrão ouro e na medida em que mais informações são fornecidas por um “oráculo” (no caso, um anotador), tal modelo é atualizado e o etiquetador retreinado. Isso permite com que o desempenho do etiquetador aumente gradativamente

a medida em que mais informações de treinamento são providas a ele¹⁹we are constrained by a fixed budget. A fully annotated corpus is required, but we can afford to label only a subset. We train a Maximum Entropy Markov Model tagger from a labeled subset and automatically tag the remainder. This paper addresses the question of where to focus our manual tagging efforts in order to deliver an annotation of highest quality. In this context, we find that active learning is always helpful. We focus on Query by Uncertainty (QBU). Esta técnica foi utilizada no estudo de Huseth¹⁵, onde cada texto anotado foi adicionado ao conjunto de treinamento do etiquetador (baseado em modelos ocultos de Markov), fazendo com que as probabilidades fossem recalculadas e o próximo texto fosse etiquetado em seguida. Sua avaliação mostra que a precisão do etiquetador automático, subiu de menos de 80% para 95% do início ao final da anotação. Além disso, os anotadores reportaram que o processo de anotação automática melhorou e que ficaram mais inclinados a confiar nas etiquetas sugeridas. O estudo de Peters⁸ também utilizou um processo similar de aprendizado ativo durante a anotação dos textos.

A presença de múltiplos anotadores é outra característica presente em quase todos os estudos avaliados, de forma a reduzir erros de anotação e evitar que as tendências de um anotador sejam transferidas para as informações anotadas. Porém, tal metodologia introduz a necessidade de uma avaliação de concordância entre os anotadores e uma forma de solucionar possíveis divergências.

Pode-se citar como exemplo a metodologia de Pakhomov³, onde foram realizadas discussões sobre os dados e os possíveis casos de dificuldade e, periodicamente, “sessões de consenso” para analisar as divergências encontradas. Nestas seções além de estarem presentes os anotadores, havia o auxílio de um pesquisador de NLP. No estudo de Nguyen¹², cada sentença anotada foi revisada por no mínimo dois anotadores, sendo que um deles é responsável por realizar a revisão do algoritmo automático e o outro revisa o trabalho realizado pelo primeiro.

O treinamento dos anotadores também se mostra como um fator importante para redução do tempo de anotação, até mesmo no caso de anotadores do domínio linguístico. No estudo de Marcus¹, foi realizado um treinamento de 15 horas de correção e 6 horas de etiquetagem. Percebeu-se que a curva de aprendizado para etiquetagem morfológica leva menos de um mês com a velocidade de anotação chegando a 3.000 palavras por hora. Já no caso da anotação sintática, devido a maior complexidade da análise a ser realizada, a anotação após seis semanas de trabalho foi de 375 a 475 palavras por hora. O uso de uma árvore sintática simplificada permitiu um aumento de 100 a 200 palavras por hora sobre o que havia sido obtido.

Ferramentas de Anotação – O uso de ferramentas de suporte à anotação busca facilitar o processo e reduzir o tempo e esforço necessário para concluir a tarefa. Geralmente possuindo interfaces gráficas, essas ferramentas possibilitam que o anotador realize seu trabalho interagindo com o computador de forma amigável.

Dentre os estudos avaliados, foram encontradas 12 ferramentas de suporte à anotação que foram avaliadas e testadas, sendo estas: Annotate (<http://www.coli.uni-saarland.de/projects/sfb378/negra-corpus/annotate.html>), Argo²⁰, Atomic²¹, Brat⁷, CLaRK²², GATE²³, Knowtator⁶, Lexical Annotation Workbench (<http://ufal.mff.cuni.cz/~hana/law.html>), MMAX2⁵, UAM Corpus Tool²⁴, WebAnno⁴ e Wordfreak²⁵. As ferramentas variam em questão de objetivo, sendo que algumas são voltadas para a notação manual, outras para adjudicação (revisão de textos já anotados), porém a maioria suporta a realização de ambas tarefas.

Não foi possível realizar a instalação das ferramentas Annotate e Lexical Annotation Workbench, pois não foi possível encontrar seus arquivos executáveis ou instaladores disponíveis na *internet*.

Como se observa no Quadro 2, a avaliação das ferramentas foi realizada com base nas características levantadas através do estudo das metodologias de anotação, buscando comparar as funcionalidades que aceleram o processo de anotação, como possibilidade de pré-anotação automática e aprendizado ativo.

Quadro 2 - Análise das ferramentas de suporte à anotação.

Ferramenta	Processo de Anotação Morfológica Manual	Processo de Anotação Sintática Manual	Visualização sintática	Etiquetagem Automática	Aprendizado Ativo	Importa Texto Etiquetado	Estatística de concordância	Etiqueta personalizada	Suporte ao Português	Formato de Saída	OpenSource	Tipo / linguagem
Annotate	<i>Não testado</i>	<i>Não testado</i>	<i>Não testado</i>	Sim	Não	<i>Não testado</i>	Não	Não	Não	<i>Não testado</i>	Não	Desktop (C)
Argo ²⁰	Seleciona-se o texto referente à palavra, clica-se em “Create” e seleciona-se ou digita-se a etiqueta. Texto fica marcado com a cor da etiqueta.	Igual ao morfológico, porém seleciona-se a sentença desejada.	Não	Sim	Não	Não	Não	Não	Sim	<i>Não testado</i>	Não	Aplicativo Web
Atomic ²¹	Arrasta-se a etiqueta até a posição desejada no texto, então atribui-se o valor da etiqueta digitando.	Arrasta-se o componente da estrutura até a posição e ajusta-se os limites, então atribui-se o valor da etiqueta digitando.	Não	Não	Não	Sim	Não	Sim	Sim	Diversos	Sim	Desktop (Java)
Brat ⁷	Duplo clique sobre a palavra, seleção da etiqueta dentro de poucas possibilidades. Etiqueta aparece sobre a palavra	Selecionar a sentença e clicar duas vezes, seleção de etiqueta dentro de poucas possibilidades. Permite relacionar etiquetas. Linhas que indicam a região da etiqueta aparecem.	Linhas de relação	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Sim	ANN e TXT	Sim	Aplicativo Web
CLaRK ²²	<i>Não testado</i>	<i>Não testado</i>	Em árvore	Não	Não	Sim	Não	Sim	Sim	XML	Não	Desktop (Java)
GATE ²³	Seleciona-se o texto referente à palavra, a janela de anotação se abre e então digita-se o tipo de anotação e seleciona-se a etiqueta.	Igual ao morfológico, porém seleciona-se a sentença desejada.	Não	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Sim	Diversos	Sim	Desktop (Java)
Knowtator ⁶	Seleciona-se o texto referente à palavra e então clica-se na etiqueta correspondente. A cor da etiqueta é exibida na palavra	Igual ao morfológico, porém seleciona-se a sentença desejada.	Não	Não	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	XML	Sim	Plug-in (Protegé) (Java)
Lexical Annotation Workbench	<i>Não testado</i>	<i>Não testado</i>	<i>Não testado</i>	Não	Não	Não	Não	Sim	Não	PDT e TNT	Sim	Desktop (Java)

MMAX2 ⁵	Seleciona-se o texto referente à palavra para criar um item marcável. Clicar no item gerado abre a janela para selecionar a etiqueta em uma lista. Etiqueta não é mostrada junto ao texto.	Da mesma forma que o morfológico, porém seleciona-se a sentença. Etiqueta não é mostrada junto ao texto.	Não	Não	Não	Não	Sim	Sim	Sim	XML	Sim	Desktop (Java)
UAM Corpus Tool ²⁴	Clicar sobre a palavra e selecionar etiqueta em uma lista	Selecionar sentença e escolher etiqueta.	Não	Sim	Não	Não	Sim	Sim	Sim	XML e PTB	Não	Desktop (Java)
WebAnno ⁴	Clicar sobre a palavra e selecionar etiqueta em uma lista pré-definida. A etiqueta aparece sobre a palavra.	Selecionar sentença e escolher etiqueta. Relações podem ser inseridas arrastando sobre outra. A estrutura é mostrada através de linhas com a etiqueta.	Linhas de relação	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Diversos	Sim	Aplicativo Web (Java)
Wordfreak ²⁵	Texto é exibido em formato de árvore, clica-se na palavra e em uma tabela seleciona-se a etiqueta. Etiqueta é exibida na coluna ao lado da palavra.	Clica em um ramo para alterar sua etiqueta. Modifica a estrutura por botões de seta que controlam os níveis na árvore. Etiqueta é exibida na coluna ao lado do nó da árvore.	Em árvore	Sim	Sim	Não	Não	Não	Sim	XML	Sim	Desktop (Java)

A arquitetura de funcionamento dos sistemas estudados basicamente se estendeu por aplicativos do tipo *Desktop* ou *Web*, sejam estes funcionando através da nuvem (como o caso do Argo) ou através de servidores que podem ser locais. Os aplicativos do tipo *Web* apresentam a vantagem de armazenarem os dados de forma centralizada em um servidor e permitir o acesso de diversos anotadores ao mesmo tempo e de diferentes locais para a realização do processo de anotação. Vale também ressaltar que a ferramenta WebAnno é a única que apresenta um sistema de gerenciamento de projetos, através do qual um gerente de projeto pode controlar o trabalho dos anotadores, visualizar seus resultados e acompanhar o andamento do projeto.

Foi analisado também o processo de anotação manual para inserção ou correção da anotação. Visto que os anotadores geralmente precisam de horas de treinamento antes de iniciar a anotação efetivamente, o uso de uma interface simples e intuitiva permite que seu aprendizado seja mais fácil e rápido. Além disso, uma interface que possibilite a etiquetagem em poucos passos é preferível, por reduzir o tempo de etiquetagem pôr termo e evitar o cansaço prematuro do anotador com a execução de tarefas repetitivas. A forma de visualização das etiquetas também é importante, principalmente para a estrutura sintática. Uma interface simples que permita uma visualização clara e concisa do que foi anotado diretamente em conjunto com o texto, sem a necessidade de abrir janelas ou caixas de diálogo adicionais também facilita o processo de anotação. No caso de uma anotação sintática, a estrutura pode se tornar complexa pelos diferentes níveis existentes, porém visualizações no formato de árvore ou através de ligações entre as classes é uma boa alternativa.

Para a construção do corpus anotado proposto pelo grupo de pesquisa, motivo pelo qual este estudo foi realizado, fez-se a análise do suporte das ferramentas à anotação de textos na língua portuguesa,

bem como a utilização de um conjunto de etiquetas personalizado, de forma permitir o uso do conjunto fornecido pelo OpenNLP (<http://opennlp.apache.org>) e CoGrOO (<http://cogroo.sourceforge.net>), os quais já vem sendo utilizados há 9 anos em nossos estudos.

Percebe-se também que um grande número de ferramentas tem seu código aberto, o que permite que suas falhas ou falta de alguma funcionalidade seja compensada pela integração com diferentes sistemas.

Uma característica interessante que não foi encontrada em nenhuma das ferramentas estudadas, foi a sugestão de etiquetas para a anotação baseada nos resultados estatísticos do etiquetador. No estudo de Huseth¹⁵, a ferramenta era capaz de exibir a lista de etiquetas ordenadamente de acordo com a probabilidade calculada. Esta funcionalidade, entretanto, pode não ser tão útil em casos que haja a utilização de aprendizado ativo, pois a tendência é que o etiquetador cometa cada vez menos erros, não justificando o esforço para a implementação de tal funcionalidade.

Com a avaliação dos estudos de anotação, percebeu-se que diversas ferramentas foram desenvolvidas internamente aos grupos de pesquisa responsáveis e não foram liberadas à comunidade científica para uso. Além disso, a avaliação de algumas ferramentas foi difícil ou prejudicada pela documentação pobre ou até inexistente, como foi o caso das ferramentas Brat, CLaRK, MMAX2, UAM Corpus Tool e Wordfreak.

Percebeu-se que muitas ferramentas apresentam limitações quanto à uma visualização gráfica da estrutura semântica anotada. Muitas não possuíam tal função, enquanto outras se limitavam a estruturas simplificadas ou apenas parte da árvore sintática da sentença. Além disso, poucas ferramentas apresentam a avaliação de estatísticas do processo e anotação.

Outra grande limitação encontrada em grande parte das ferramentas é a falta da funcionalidade de anotação automática por um algoritmo etiquetador, forçando com que todo o trabalho realizado seja puramente manual. Além disso, nenhuma das ferramentas avaliadas foi capaz de realizar a geração automática de estruturas sintáticas das sentenças.

Com a análise realizada, a ferramenta WebAnno⁴ se mostrou como a mais adequada para a utilização no processo de anotação futuramente proposto. A ferramenta, além de possuir extensa documentação, foi claramente a que apresentou a interface mais amigável e simplificada, porém funcional, fazendo com que a curva de aprendizado para sua utilização seja rápida e suave. Esta é uma característica muito importante, visto que, em muitas situações, os anotadores não pertencem a área de tecnologia e a dificuldade de familiarização com o *software* pode impactar seriamente no desempenho do processo de anotação. Além disso, esta foi a única das ferramentas testadas que apresentou todos os aspectos julgados importantes para o processo de anotação (como apresentado no Quadro 2). Em especial, ressalta-se o suporte para a pré-anotação dos textos da língua portuguesa utilizando um conjunto de etiquetas personalizado. Isto permite que, em conjunto com a importação de textos já anotados, todos os dados que possuímos podem ser utilizados para agilizar o processo de anotação, além de permitir a produção de um corpus anotado de maior qualidade.

Entretanto, é importante ressaltar que as ferramentas são diversas em funcionalidades e diferem substancialmente em muitos aspectos, como sua arquitetura básica, suporte à automação, formatos de visualização dos textos e características que podem ser anotadas. Dessa forma, é difícil definir uma única ferramenta que possa ser aplicada em qualquer situação. Além disso, caso os requerimentos de anotação de um projeto não sejam muito específicos, é possível encontrar uma ferramenta que seja capaz de fornecer as funcionalidades necessárias.

Conclusão

Neste trabalho foram avaliadas 12 metodologias de diferentes projetos de compilação e anotação de textos morfológica e/ou sintaticamente, bem como analisadas e avaliadas outras 12 ferramentas de

suporte à anotação. Este estudo serve como guia para futuros projetos de construção de corpus anotados, de forma a conhecer diferentes estudos com abordagens distintas para a solução de um mesmo problema, podendo assim, ser identificadas as características pertinentes para um dado projeto.

Quanto às ferramentas de anotação, percebe-se a existência de uma extensa gama de ferramentas pertinentes para anotação morfossintática. Entretanto, todas possuem seus pontos fortes e fracos, sendo necessária a avaliação de qual pode ser utilizada para cada caso. Nenhuma das ferramentas é capaz de satisfazer todas as necessidades, porém soluções capazes de resolver diversos problemas existem. Além disso, muitas ferramentas são disponibilizadas com seu código fonte aberto, o que pode contribuir para a integração com outros sistemas e complementação de suas deficiências.

Referências

- [1] Marcus MP, Marcinkiewicz MA, Santorini B. Building a Large Annotated Corpus of English: The Penn Treebank. *Computational linguistics* 19.2 (1993): 313-330.
- [2] Galicia-Haro SN. Using electronic texts for an annotated corpus building. *Proc Mex Int Conf Comput Sci.* 2003;2003-Janua:26-32.
- [3] Pakhomov SV, Coden A, Chute CG. Developing a corpus of clinical notes manually annotated for part-of-speech. *Int J Med Inform.* 2006;75(6):418-429.
- [4] Yimam SM, Gurevych I, Eckart de Castilho R, Biemann C. WebAnno: A flexible, web-based and visually supported system for distributed annotations. *Proc 51st Annu Meet Assoc Comput Linguist Syst Demonstr.* 2013;1(1):1-6.
- [5] Müller C, Strube M. Multi-level annotation of linguistic data with MMAX2. *Corpus Technol Lang Pedagog New Resour new tools, new methods* 3. 2006:197-214.
- [6] Ogren, PV. Knowtator : A Protégé plug-in for annotated corpus construction. *Proc 2006 Conf North Am Chapter Assoc Comput Linguist Hum Lang Technol companion Vol Demonstr.* 2006;(June):273-275.
- [7] Stenetorp P, Pyysalo S, Topić G, Ohta T, Ananiadou S, Tsujii J. BRAT: a web-based tool for NLP-assisted text annotation. *Proc Demonstr 13th Conf Eur Chapter Assoc Comput Linguist.* 2012;(1):102-107.
- [8] Peters AC, Oleynik M, Pacheco EJ, Moro CMC, Schulz S, Nohama P. Elaboração de um Corpus Médico baseado em Narrativas Clínicas contidas em Sumários de Alta Hospitalar. *An do XII Congr Bras Informática em Saúde.* 2010;(1).
- [9] Afonso S, Bick E. Floresta Sintá(c)tica: um “treebank” para o português. In: *Proceedings of the Third International Conference on Language Resources and Evaluation (LREC 2002)*. Las Palmas de Gran Canaria, Espanha; 2002:1698-1703. Disponível em <http://www.linguateca.pt/documentos/AfonsoetalAPL2001.pdf>. Acesso em 25 mai. 2016.
- [10] Dinakaramani A, Rashed F, Luthfi A, Manurung R. Designing an Indonesian part of speech tagset and manually tagged Indonesian corpus. *Proc Int Conf Asian Lang Process 2014, IALP 2014.* 2014:66-69.
- [11] Alexin Z, Gyimóthy T, Hatvani C, et al. Manually annotated Hungarian corpus. *Proc tenth Conf Eur chapter Assoc Comput Linguist - EACL '03.* 2003;2:53.
- [12] Nguyen PT, Vu XL, Nguyen TMH, Nguyen VH, Le HP. Building a Large Syntactically-Annotated Corpus of Vietnamese. *Proc Third Linguist Annot Work.* 2009;(August):182-185.
- [13] Pala K, Rychlý P, Smrž P. Corpus Annotation in Inflectional Languages: Czech. In: *Proceedings of the Ninth International Workshop on Database and Expert Systems Applications.* 1998:149-153.
- [14] Brants S, Dipper S, Hansen S, Leizius W, Smith G. The TIGER treebank. *Proc Work treebanks Linguist Theor.* 2002:24-41. Disponível em <http://www.coli.uni-saarland.de/publikationen/softcopies/Brants:2002:TT.pdf>. Acesso em 25 mai. 2016.

- [15] Huseth O, Røst TB. Developing an annotated corpus of patient histories from the primary care health record. Proc - 2007 IEEE Int Conf Bioinformatics and Biomed Work BIBMW. 2007:165-173.
- [16] Areta N, Gurrutxaga A, Leturia I, et al. ZT Corpus: Annotation and tools for Basque corpora. Corpus Linguist 2007. 2007;Birmingham:1-19.
- [17] Dandapat S, Biswas P, Choudhury M, Bali K. Complex Linguistic Annotation – No Easy Way Out! A Case from Bangla and Hindi POS Labeling Tasks. Proc 3rd Linguist Annot Work LAW '09. 2009;(August):10-18.
- [18] Waszczuk J, Głowińska K, Savary A, Przepiórkowski A. Tools and Methodologies for Annotating Syntax and Named Entities in the National Corpus of Polish. Proc Int Multiconference Comput Sci Inf Technol. 2010:531-539.
- [19] Ringger E, McClanahan P, Haertel R, et al. Active Learning for Part-of-Speech Tagging: Accelerating Corpus Annotation. Proc Linguist Annot Work. 2007;(June):101-108.
- [20] Rak R, Rowley A, Black W, Ananiadou S. Argo: an integrative, interactive, text mining-based workbench supporting curation. Database: The Journal of Biological Databases and Curation. 2012;2012:bas010.
- [21] Druskat S, Bierkandt L, Gast V, Rzymiski C, Zipser F. Atomic: An Open-Source Software Platform for Multi-Level Corpus Annotation. Proc 12th Konf zur Verarbeitung natürlicher Spr. 2014:228-234..
- [22] Simov K, Peev Z, Kouylekov M, Simov A, Dimitrov M. CLaRK - an XML-based System for Corpora Development. Proc Corpus Linguist 2001 Conf. 2001:558-560.
- [23] Cunningham H, Maynard D, Bontcheva K. Text Processing with GATE (Version 6). Gateway Press CA; 2011.
- [24] O'Donnell M. The UAM CorpusTool: Software for Corpus Annotation and Exploration. Appl Linguist Now Underst Lang Mind. 2008;00(April):1433-1447.
- [25] Morton T, Lacivita J. WordFreak: an open tool for linguistic annotation. Proc 2003 Conf North Am Chapter Assoc Comput Linguist Hum Lang Technol Demonstr Vol 4. 2003;4:17-18.

Contato

Gabriel Herman Bernardim Andrade
Estudante de Engenharia de Computação,
Escola Politécnica, Pontifícia Universidade
Católica do Paraná. Curitiba, Paraná, Brasil.
Telefone: +55 41 8778-6743
E-mail: gabrielhbandrade@outlook.com.br
Endereço: R. Imaculada Conceição, 1155 –
Rebouças, Curitiba/PR

AUTENTICAÇÃO MULTI-FATOR PARA TELEMEDICINA USANDO DISPOSITIVOS MÓVEIS E SENHAS DESCARTÁVEIS

MULTI-FACTOR AUTHENTICATION FOR TELEMEDICINE USING MOBILE DEVICES AND ONE-TIME PASSWORDS

AUTENTICACIÓN MULTI-FACTOR PARA TELEMEDICINA UTILIZANDO DISPOSITIVOS MÓVILES Y CONTRASEÑAS DESECHABLES

Aldo von Wangenheim¹, Dayana P. B. Spagnuolo², Thaís B. Idalino³, Jean E. Martina³,
Leonardo A. Ribeiro⁴

1 INCoD - Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia para Convergência Digital, Universidade Federal de Santa Catarina

2 Interdisciplinary Centre for Security, Reliability and Trust, Campus Kirchberg, Université du Luxembourg

3 LabSEC – Laboratório de Segurança em Computação, Universidade Federal de Santa Catarina

4 Instituto de Informática, Universidade Federal de Goiás

Resumo. Sistemas de telemedicina necessitam de serviços de autenticação fortes para garantir o sigilo e a privacidade dos dados e, ao mesmo tempo flexíveis para atender as necessidades de profissionais e pacientes. O foco deste trabalho é a validação de um novo processo de autenticação. Propomos um serviço de autenticação voltado à telemedicina baseado em tecnologias de web services. Este serviço faz uso de métodos de autenticação escaláveis e baseados em duplo fator. Uma de suas principais características é a flexibilidade na configuração dinâmica dos mecanismos de autenticação. Neste trabalho apresentamos brevemente a engenharia de requisitos do sistema de segurança e alguns detalhes da sua implementação. Também apresentamos resultados de um primeiro estudo de validação com usuários.

Descritores: Segurança Computacional, Telemedicina

Abstract. *Telemedicine systems require authentication services that are strong enough to ensure confidentiality and privacy of data and, at the same time, flexible to meet the needs of professionals and patients. The focus of this paper is the validation of a new authentication process. We propose an authentication service for telemedicine based on web services. This service employs scalable authentication methods based upon a dual authentication factor. One of its main characteristics is flexibility in the dynamic configuration of the authentication mechanisms. In this paper we deal briefly with the requirements engineering of the security system and some details of its implementation. We also present the results of a first validation study with users.*

Keywords: *Computer Security, Telemedicine* Descritores: *Seguridad Computacional, Telemedicina*

Introdução

Ambientes de telemedicina facilitam o acesso a serviços de saúde para pessoas que não poderiam tê-los da forma convencional. Seu crescimento expôs a fragilidade que estes ambientes possuem em

relação à segurança da informação que carregam. Uma das principais vulnerabilidades é o roubo de identidade, que pode se dar por adivinhação ou roubo das credenciais de um usuário em um sistema. Este tipo de ameaça aumenta se as informações contidas no sistema são frágeis e se o modelo de autenticação é fraco. Em sistemas de telemedicina, o roubo de identidade pode causar não somente o vazamento de informações privadas, mas diversas outras situações, como laudos adulterados. O uso de um modelo mais eficiente de autenticação, com métodos mais fortes, torna-se uma necessária alternativa para aumentar a segurança. Por outro lado, autenticações fortes estão vinculadas ao uso de dispositivos criptográficos específicos que exigem módulos de leitura para sua utilização. Isto gera *baixa interoperabilidade* que interfere diretamente na *mobilidade e usabilidade*. Dentro do ambiente de telemedicina um médico deve ser capaz de acessar o sistema à distância e de qualquer lugar e a qualquer tempo. Um impedimento pode significar risco à vida. A autenticação deve ser forte, mas não deve depender de dispositivos que prejudicam a mobilidade ou a usabilidade para funcionar.

Neste trabalho apresentamos os primeiros resultados de validação de um novo modelo de autenticação modular e flexível, anteriormente proposto por nós, que se utiliza do **método de dois fatores de autenticação** e funciona como um *web service* seguro⁽¹⁾. O serviço atua na camada de autenticação do sistema de telemedicina e integra vários métodos de autenticação de segundo fator baseados na posse de dispositivos como um telefone celular ou a presença em determinada localização geográfica pelo uso de sistemas de telefonia fixa. Uma importante característica é a flexibilidade do processo de autenticação através do uso de uma lista de mecanismos aceitáveis. O modelo foi projetado baseado nas reais necessidades do Sistema Integrado Catarinense de Telemedicina e Telessaúde (STT/SC)⁽²⁾⁽³⁾. Ao longo deste trabalho percebeu-se que as necessidades de usuários desse tipo de sistema são distintas dos convencionais.

Procurou-se assim, uma solução de autenticação diferenciada baseada na posse de dispositivos comuns, como *smartphones*, telefones celulares ou ainda telefonia fixa.

Trabalhos Relacionados

As propostas envolvendo autenticação utilizando um segundo fator podem ser separadas em dois grupos: baseadas em certificados digitais e baseadas em biometria.

Em ⁽⁴⁾ é proposta uma arquitetura interoperável baseada em *web services* de autenticação e autorização que garantem a interoperabilidade entre diferentes sistemas e utiliza certificados digitais para garantir a identidade do usuário. Tanto ⁽⁵⁾ quanto ⁽⁶⁾ propõem um *framework* de autenticação baseado em *tokens* criptográficos. O foco do primeiro é o projeto de um *framework* capaz de autenticar fortemente um usuário de diferentes formas (através do uso de assinaturas, senhas ou biometria). O segundo postula uma Autoridade Certificadora de Identidades (ACI) que distribui e assina os certificados.

Com uma abordagem diferente ⁽⁷⁾ e ⁽⁸⁾ propõem *frameworks* de autenticação e autorização baseados em impressões digitais. O *framework* destina-se a reforçar o serviço de autorização do modelo de sistema de telemedicina de forma a garantir o acesso de seus usuários. ⁽⁸⁾ ainda emprega RFID que visa, além da autenticação, evitar que os dados saiam do hospital, não sendo possível autenticar-se fora dele.

Os primeiros trabalhos são baseados em certificados digitais, o que torna necessárias leitoras de *smart tokens*, que possuem baixa interoperabilidade entre sistemas operacionais, além de dificultar o uso de *tablets* ou celulares. Uma necessidade da telemedicina fica prejudicada: a *mobilidade*. Certificados digitais em *software*, por sua vez, necessitam ser instalados localmente no computador utilizado para assinar e não são opção para ambientes inseguros como *cybercafés* ou *LAN-houses*, ambientes cujo uso para laudos de urgência tem sido recorrente no STT/SC.

1 <http://http//telemedicina.saude.sc.gov.br/>

Os demais trabalhos utilizam-se de biometria como o segundo fator do processo de autenticação. A leitura de uma impressão digital é feita através de um hardware específico que possui os mesmos problemas das leitoras de *smart tokens*. Esta abordagem é ainda pior que o modelo baseado em certificados digitais: um usuário comum (paciente/médico) é forçado a utilizar um computador que satisfaça todos os requisitos operacionais de instalação da leitora e também está impedido de, em emergências, trabalhar em ambientes como *cybercafês* ou *LAN-houses*.

Com base nos pontos positivos dos trabalhos analisados e visando corrigir problemas apontados em cada um deles, foi realizado o levantamento dos requisitos da proposta de modelo de autenticação utilizando o STT/SC como caso de estudo. Este levantamento foi utilizado como base para o desenvolvimento da nossa proposta.

Requisitos

Focando exigências de uso diário em ambientes de telemedicina, foram identificados dois requisitos do serviço de autenticação que consideramos de maior importância:

- a. **Mobilidade:** Um sistema de telemedicina não deve impedir o trabalho de um médico, pois isto pode significar risco à vida de pacientes. Um usuário deve ser capaz de acessar o sistema a partir de (a.1) *qualquer computador, tablet* ou telefone celular, desde que possua conexão à internet, em (a.2) *qualquer lugar*. *O serviço de autenticação não deve se interpor entre usuário e sistema. A utilização de métodos que necessitam de hardware específico como tokens, smart cards e biometria é inviável.*
- b. **Dispositivo não-limitador:** Dispositivos utilizados como segundo fator nas autenticações não podem ser limitadores. *Tokens e smart cards* criptográficos são dispositivos que podem ser facilmente perdidos ou esquecidos, devendo ser substituídos por dispositivos de uso diário, como telefones celulares, garantindo a *flexibilidade do serviço*. *Um usuário não pode ser impedido de acessar o sistema mesmo quando não esteja de posse de algum dispositivo, devendo-se prever este tipo de situação e disponibilizar alternativas.*

Modelo de autenticação

Além dos requisitos apresentados acima, foram levados em consideração os requisitos comuns a modelos de autenticação, e partir destes desenvolveu-se uma biblioteca de autenticação dedicada, integrada a um *web service* seguindo os padrões já bastante sólidos do XML-RPC sobre HTTPS duplamente autenticado, garantindo a confidencialidade das mensagens e dados que trafegam. A biblioteca é responsável somente pela autenticação e disponibiliza um conjunto de métodos, deixando a cargo do *web service* sob o sistema de telemedicina a forma com que estes são utilizados.

Métodos de Autenticação

Os métodos utilizados neste trabalho são todos fatores de autenticação baseados em algo que o usuário *possui*. Em autenticações de múltiplos fatores cada fator deve ser de posse somente do usuário e um atacante deve ser incapaz de obtê-lo⁽⁹⁾. Os métodos escolhidos foram três: (i) *One-Time Password via Smartphone*, (ii) SMS e (iii) chamadas telefônicas para telefones autorizados do sistema de telemedicina.

One-Time Passwords (OTP)⁽¹⁰⁾⁽¹¹⁾ são senhas descartáveis geradas a partir de uma semente previamente compartilhada. O processo de geração de OTPs deve possuir duas entidades⁽¹⁰⁾: uma *geradora* e um *servidor de verificação*. A geradora é um dispositivo de uso pessoal (smartphone) com um aplicativo especial.

SMS é um método de autenticação *out-of-band*. Autenticação *out-of-band* é definida como uma técnica de autenticação que permite que a identidade do usuário que originou a operação possa ser verificada por meio de um canal diferente do utilizado para iniciar a operação⁽¹²⁾. Envia-se uma senha alfanumérica aleatória via SMS (*Short Message Service*) para o celular do usuário que requisitou autenticação, que este utiliza como segundo fator da autenticação provando a posse da linha telefônica.

O método de autenticação através de chamadas telefônicas também é *out-of-band* e consiste em registrar o identificador de chamadas de uma ligação feita pelo usuário para telefones autorizados do sistema de telemedicina Estes são telefones VoIP que executam um *script* que obtém o identificador do remetente da chamada e, logo após, encerra a ligação, registrando, através do *web service* de autenticação, o identificador obtido. Quando o *web service* recebe um identificador ele identifica o usuário que possui o número cadastrado e registra o horário da chamada. Para se autenticar o usuário insere seu *login* e senha (primeiro fator) e informa que já fez a chamada, assim o serviço verifica se a informação é verdadeira. A figura 1 apresenta uma visão de alto nível do processo de autenticação e a figura 2 o fluxograma do processo.

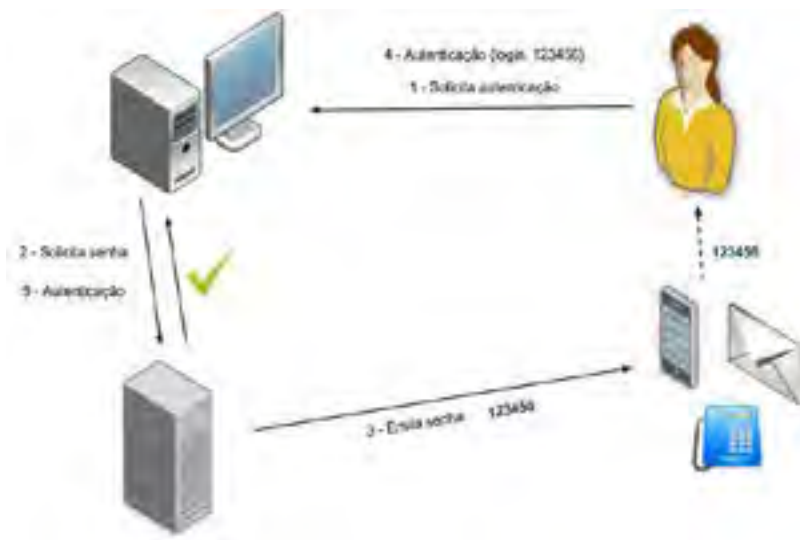


Figura 1: Visão de alto nível do processo de autenticação utilizando lista de mecanismos provendo duplo fator em testes no STT/SC.

não causa grande impacto sobre a usabilidade de sistemas de telemedicina dado que não exige que um usuário interaja com dispositivos criptográficos desconhecidos, que por vezes possuem um uso não muito intuitivo.

OTPs são comuns e bem aceitos em ambientes bancários por se tratarem de ambientes com operações de alto risco. Similarmente a ambientes bancários, operações em sistemas de telemedicina também podem ser consideradas de alto risco, uma vez que um ataque pode significar risco à vida. Não existem, no entanto, referências na literatura do uso desta estratégia de segurança na área da Telemedicina. Geradores de senhas são seguros pela natureza sensível ao tempo ou sincronizada da autenticação, onde aleatoriedade, imprevisibilidade e singularidade dos OTPs aumentam substancialmente a dificuldade de um atacante obter uma senha⁽¹²⁾. O processo de geração de um OTP é offline e ataques virtuais só podem ser realizados quando a senha for utilizada. Considerando que após sua utilização os OTPs são invalidados, as chances de sucesso de um ataque deste tipo são bastante baixas. O ataque por adivinhação também possui uma chance de sucesso bastante pequena⁽¹³⁾. Pelo fato de smartphones serem de natureza pessoal, ataques físicos como roubo serão facilmente percebidos. Ao contrário de ataques virtuais, estes normalmente não são discretos e o usuário, sabendo do ataque, pode tomar as devidas providências para amenizá-lo, tais como cancelamento ou bloqueio temporário de sua conta.

O modelo de SMS de autenticação é uma alternativa de abrangência muito maior que o primeiro. A quantidade de contas móveis em maio de 2012 no Brasil era de mais de 254 milhões⁽¹⁴⁾. Grande parte dos usuários já possui celular e já estão habituados com o sistema de SMS. O modelo de SMS porém possui um custo para o sistema de telemedicina, cada autenticação requer o envio de uma mensagem e, conforme a quantidade de acessos aumenta, o custo de manter o modelo aumenta também. Como uma alternativa a este custo elevado foi apresentado o terceiro modelo, baseado em identificador de chamadas, que possui as mesmas características do modelo SMS, utiliza-se de dispositivos que os usuários já possuem e já conhecem, utiliza uma rede independente da internet e o nível de segurança também é similar. A primeira vantagem deste modelo em relação ao de SMS é que é gratuito para o sistema de telemedicina e também pode ser um método gratuito para os usuários.

O modelo de autenticação baseado em chamadas telefônicas é a grande contribuição deste modelo. Mesmo sendo contraintuitivo, agrega muito mais segurança ao sistema. O uso de simples chamadas telefônicas a partir de telefones fixos permite a criação de um novo fator de autenticação que difere dos tradicionais “o que você sabe”, “o que você possui” e “quem você é”. Passamos a ter o “onde você está” atrelado a localização física do terminal telefônico. Dessa forma podemos exigir que determinadas autenticações ocorram em lugares específicos dentro de um hospital por exemplo.



Figura 3: Validação de usabilidade estratificada do modelo e aplicativos OTP Android e iOS

utilizados.

Validação do Modelo

Quando usuários encontram tarefas de segurança frustrantes, estes tendem a contorná-las ou ignorá-las⁽¹⁵⁾. Desta forma, a avaliação da usabilidade e flexibilidade do modelo foi identificada como um fator chave e escolhida como o foco de um primeiro estudo de validação. Com auxílio da SES/SC, amostras de usuários de diversos municípios foram submetidos a um teste de usabilidade. Objetivamos obter indicadores para 3 quesitos: *facilidade de uso*, *segurança*, e *complexidade do processo*. Facilidade e complexidade foram escolhidos objetivando identificar se o processo está muito longo e burocrático. Um processo longo pode desmotivar usuários a utilizar o modelo. O quesito de segurança foi escolhido para identificar se os usuários entendem o porque das modificações no processo e se se sentem mais seguros com o novo modelo.

O teste foi realizado da seguinte forma: um agente da Secretaria de Saúde do Estado visitava uma instituição (normalmente hospital) parceira do STT/SC, e apresentava o novo modelo para alguns usuários. Em um primeiro momento os usuários realizavam a autenticação com um usuário de teste já cadastrado. Logo em seguida cada um deles era instruído a realizar o cadastro de um novo usuário e a utilizar o sistema. Cada usuário respondeu um questionário baseado na Escala de Usabilidade de Sistema (SUS)⁽¹⁶⁾. Este questionário consiste afirmações em uma escala Likert, que o usuário deve indicar o grau de concordância. Em nosso questionário, foram adicionadas 7 afirmações mais específicas sobre a segurança do processo e sobre a utilização do software no celular às 10 questões do SUS. Cada uma das classificações pode ser vista na figura 3. A avaliação foi realizada com o apoio de 23 usuários escolhidos pela SES/SC, utilizando apenas o método de autenticação baseado em OTP. Estes usuários foram classificados por perfil da profissão, em três classes: laudadores (39% - médicos e dentistas); operadores (26% - técnicos administrativos, jornalistas e técnicos de informática); e técnicos (35% - enfermeiros, técnicos de enfermagem e técnicos que operam aparelhos de exame). Para cada um dos testes foi utilizado um dos protótipos mostrados na figura 3, dependendo do modelo de smartphone que o usuário possuía.

Discussão e Trabalhos Futuros

Neste trabalho apresentou-se um novo modelo de autenticação baseado em *web service* seguro. Este novo modelo é voltado às necessidades de segurança de sistemas de telemedicina. Para que se cumpra com os principais requisitos que este tipo de sistema exige, o modelo se utiliza de autenticação de múltiplos fatores, disponibilizando para tal, um conjunto de métodos de autenticação que podem ser combinados de forma a prover mais confiabilidade ao processo. O modelo difere do que é praticado em Informática em Saúde na atualidade através de da integração de duas características principais:

- a. **Segurança:** o emprego de um nível de segurança maior do que o praticado em Saúde na atualidade através do uso de autenticação de múltiplos fatores, sendo novidade na área da Telemedicina, e
- b. **Disponibilidade:** a capacidade de prover resiliência a falhas no fator secundário de autenticação através do emprego integrado de múltiplos canais alternativos de autenticação (smartphone, SMS, telefone fixo), dando maiores garantias de disponibilidade do serviço em situações de emergência e urgência.

Possui ainda a vantagem de operar como um *web service* e, portanto, não impor aos sistemas limitações tecnológicas, como linguagem de implementação, além de não requerer o uso de *tokens* criptográficos específicos, podendo ser facilmente integrado a diversos sistemas. Sua característica de alta interoperabilidade e sua eficácia puderam ser demonstradas através de uma versão operável do serviço; a proposta encontra-se completamente implementada e integrada a um sistema de telemedicina

em operação. Nossa análise demonstrou que o modelo proposto se adequa bem aos sistemas de telemedicina uma vez que provê flexibilidade e evita a interposição do sistema entre a

relação médico-paciente. O modelo de autenticação atualmente preconizado no Brasil pelo Conselho Federal de Medicina pressupõe o uso de um e-CPF ou e-CRM, que é representado por um smart-card e exige o uso hardware específico na forma de leitoras, impossibilitando a sua aplicabilidade a muitas situações de urgência, comuns em Telemedicina, onde o médico laudador estará fora de seu local de trabalho e longe de um computador fixo com leitor de cartão ou capaz de permitir inserção segura de um token criptográfico. O modelo aqui proposto não possui estas restrições.

O modelo cobre os principais ataques envolvendo o processo de autenticação. Utilizando diferentes métodos de autenticação de segundo fator provemos ainda um sistema escalável e flexibilizamos a autenticação. Podemos ainda prover propriedades de autenticação não existentes na maioria dos outros sistemas, como a autenticação geográfica, baseada no uso do identificador de chamadas de telefonia fixa.

As respostas estratificadas permitem observar que Laudadores e Operadores possuem comportamentos bastante similares, concordando quanto à facilidade de uso e a segurança do modelo, e discordando sobre a complexidade, ficando estes resultados próximos dos resultados esperados. Os usuários com perfil de Técnico obtiveram uma avaliação pior, observando-se neutralismo nos quesitos de facilidade de uso e complexidade (valores próximos a 3). Acredita-se que esta classe de profissionais necessite de mais atenção no treinamento de utilização do novo modelo.

Estamos trabalhando na adição de novos métodos de autenticação. Nossos próximos passos na melhora dos mecanismos de autenticação são a inclusão de um sistema criptográfico baseado em identidades (*identity based encryption*) para permitir a autenticação de usuários não cadastrados no sistema e a implementação de um sistema de autenticação através de QR Codes via web usando o método Tigr⁽¹⁷⁾.

Ameaças à Validade

Duas ameaças relacionadas ao viés de seleção foram identificadas: (a) foram convidados a responder o questionário apenas médicos, pesquisadores, gestores e técnicos indicados de forma arbitrária pela SES/SC; (b) a maioria dos entrevistados teve seu primeiro contato com OTPs em *smartphones* durante o processo de avaliação. Isto pode ter influenciado as respostas para alguns itens. Entendemos, no entanto, que para uma primeira validação do protótipo do sistema, este risco é aceitável.

Reconhecimentos

Este trabalho teve o apoio da Secretaria de Estado da Saúde de Santa

Catarina - SES/SC, da Financiadora de Estudos e Projetos - FINEP (Projeto CIMSaúde), do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq e da Fundação de Amparo à Pesquisa de Santa Catarina – FAPESC

REFERÊNCIAS

- [1] Spagnuolo, D. P. B., Martina, J. E., Andrade, R., and Custodio, R. F. (2013). Multifactor authentication in telemedicine systems. In *eTELEMED 2013, The Fifth International Conference on eHealth, Telemedicine, and Social Medicine*, 2013
- [2] Maia, R. S., von Wangenheim, A., and Nobre, L. F. (2006). A statewide telemedicine network for public health in brazil. In *IEEE 19th International Symposium on Computer-Based Medical Systems (CBMS 2006)*, pages 495–500.

- [3] Wallauer, J., Macedo, D., Andrade, R., and von Wangenheim, A. (2008). Building a national telemedicine network. *IT Professional*, 10:12–17.
- [4] Martínez, J.-F., Hernández, V., Valero, M.-A., Gómez, A., Pérez, E., Pau, I., Álvarez, H., and Vadillo, L. (2007). Security services provision for telematic services at the knowledge and information society. In *Proceedings of the 2007 Euro American conference on Telematics and information systems*, EATIS '07, pages 41:1–41:7, New York, NY, USA. ACM.
- [5] Ahn, G.-J. and Shin, D. (2002). Towards scalable authentication in health services. In *Enabling Technologies: Infrastructure for Collaborative Enterprises, 2002. WET ICE 2002. Proceedings. Eleventh IEEE International Workshop on*, pages 83 – 88.
- [6] Al-Nayadi, F. and Abawajy, J. (2007). An authentication framework for e-health systems. In *Signal Processing and Information Technology, 2007 IEEE International Symposium on*, pages 616 –620.
- [7] Han, S., Skinner, G., Potdar, V., and Chang, E. (2006). A framework of authentication and authorization for e-health services. In *Proceedings of the 3rd ACM workshop on Secure web services*, SWS '06, pages 105–106, New York, NY, USA. ACM.
- [8] Garson, K. and Adams, C. (2008). Security and privacy system architecture for an e-hospital environment. In *Proceedings of the 7th symposium on Identity and trust on the Internet*, IDtrust '08, pages 122–130, New York, NY, USA. ACM.
- [9] Cheng, F. (2011). Security attack safe mobile and cloud-based one-time password tokens using rubbing encryption algorithm. *Mob. Netw. Appl.*, 16(3):304–336.
- [10] Haller, N., Metz, C., Nesser, P., and Straw, M. (1998). A One-Time Password System. RFC 2289 (Standard).
- [11] Lamport, L. (1981). Password authentication with insecure communication. *Commun. ACM*, 24(11):770–772.
- [12] FFIEC (2005). Authentication in an Internet banking environment. <http://www.ffiec.gov/press/pr101205.htm>. Acesso em 01/05/2016.
- [13] M'Raihi, D., Bellare, M., Hoornaert, F., Naccache, D., and Ranen, O. (2005). HOTP: An HMAC-Based One-Time Password Algorithm. RFC 4226.
- [14] Agência Nacional de Telecomunicações (2012). *Quantidade de acessos/plano de serviço/unidade da federação*. <http://sistemas.anatel.gov.br/SMP/Administracao/Consulta/AcessosPrePosUF/tela.asp>. Acesso em 01/03/2012.
- [15] Alzomai, M., Josang, A., McCullagh, A., and Foo, E. (2008). Strengthening sms-based authentication through usability. In *Parallel and Distributed Processing with Applications, 2008. ISPA '08. International Symposium on*, pages 683 –688.
- [16] Brooke, J. (1996). SUS: A quick and dirty usability scale. In Jordan, P. W., Weerdmeester, B., Thomas, A., and Mcllelland, I. L., editors, *Usability evaluation in industry*. Taylor and Francis, London.
- [17] SURFnet (2013). tiqr. <https://tiqr.org/>. Acesso em 01/05/2016.

Contato

Aldo von Wangenheim
aldo.vw@ufsc.br

UMA SOLUÇÃO DE INTEROPERABILIDADE ENTRE SISTEMAS DE SAÚDE USANDO OPENEHR

José Augusto de Oliveira Neto ¹, Marcus Vinícius Regis².

¹Professor Efetivo da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), Brasil

² Aluno do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia em Saúde da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), Brasil

Resumo: As clínicas e laboratórios do Centro de Ciências Biológicas e de Saúde (CCBS) da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB) prestam serviços de saúde à comunidade interna e externa e registram eletronicamente informações sobre os atendimentos feitos. **Objetivo:** Prover uma solução que disponibilize o histórico integral dos atendimentos prestados a um paciente, a ser consultado por qualquer clínica/laboratório em que ele esteja sendo atendido, utilizando o modelo de referência *OpenEHR*. **Método:** Realizado em quatro fases: i) identificação das informações necessárias para compor o histórico médico do paciente; ii) aplicação da plataforma *OpenEHR* na criação de arquétipos/*templates* referentes a informações médicas ainda não modeladas (descrição de biomodelos usados como guia no planejamento cirúrgico); iii) modelagem da solução de interoperabilidade; iv) implementação da solução que oferece o histórico dos atendimentos. **Resultado:** Histórico integrado do atendimento ao paciente disponível para consulta, contendo a junção das informações registradas e mantidas em ambientes distintos.

Palavras-chave: Registros Eletrônicos de Saúde, Integração de Sistemas, Arquétipos, Interoperabilidade, *OpenEHR*.

Abstract: The clinics and laboratories of the Center for Life Sciences and Health (CCBS) of the State University of Paraíba (UEPB) provide both internal and external community with healthcare services, in which electronic medical records are kept by different technology solutions. **Objective:** To create a solution that gathers in a full medical history all sessions that a patients attends in different UEPB clinics and laboratories, using the reference model *OpenEHR*. **Method:** This work was conducted through four phases: i) identification of the information required to compose the patient medical history; ii) use of *openEHR* standard to archetypes / templates related to medical information not yet modeled (description of biomodels used to guide surgical planning); iii) modeling interoperability solution; iv) implementation of the solution which provides the patient medical history. **Result:** The patient integrated medical history is available to be consulted, composed by information recorded and maintained in different sites.

Keywords: *Electronic Healthcare Records; Systems integration, Archetypes, Interoperability, OpenEHR.*

Introdução

A exemplo de outras universidades no Brasil e no mundo, o Centro de Ciências de Saúde (CCBS) da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB) associa a necessidade de alunos desenvolverem habilidades práticas na sua formação profissional com a oportunidade de prover serviços básicos de saúde, em forma de extensão, para a comunidade externa à universidade. Psicologia, Fisioterapia, Odontologia e laboratórios de análise e são exemplos de clínicas e laboratórios que atendem a população, através de alunos monitorados por professores pesquisadores e de disciplinas que envolvem habilidades práticas.

Outro serviço oferecido pelo UEPB/CCBS é realizado através do Laboratório de Tecnologias 3D do Núcleo de Tecnologias Estratégicas em Saúde (NUTES) – LT3D/NUTES. O LT3D/NUTES vem fabricando com pioneirismo biomodelos que apoiam planejamento cirúrgico de politraumatismo. Biomodelos¹ são reproduções em 3D, com alta precisão, de parte específica da anatomia humana a partir de uma imagem do paciente.

Diante do crescimento de demanda pelos serviços de impressão 3D, sobretudo em casos de pacientes provenientes de acidentes politraumáticos, os cirurgiões que demandam os biomodelos reconheceram nos demais atendimentos que os pacientes de politraumatizados recebem, anteriormente na clínica de odontologia e posteriormente na clínica de psicologia, como subsídios importantes para melhores decisões no seu planejamento cirúrgico e para verificar a efetividade de suas intervenções na recuperação física e psicológica dos pacientes.

Definição do problema

Por serem de administração autônomas e independentes, é comum que clínicas e laboratórios desenvolvam ou adquiram soluções próprias de Registro Eletrônico de Saúde (RES)² para manter informações referentes ao atendimento dos pacientes. Tais soluções “desconhecem” o histórico de atendimento uma das outras, o que implica em repetição de registros, menos subsídios para os atendimentos em cada clínica e restrições de acesso a um maior volume de dados médicos para fins de pesquisa, a partir dos volumosos atendimentos prestados em cada uma das unidades.

A falta de interoperabilidade entre as soluções de RES usadas em cada clínica/laboratório torna impossível disponibilizar o histórico médico do paciente, contendo todos os seus atendimentos no âmbito do CCBS/UEPB. As informações então distribuídas em cada um dos RES usado nas clínicas/laboratórios.

Não existe nenhum padrão único para registro eletrônico em saúde que fornece uma interoperabilidade completa. No entanto, modelo de referência openEHR^{3,4} visa contrariar esta observação. Segundo Nilashi⁵ pode afirmar que openEHR é a única especificação aberta disponível, em comparação ao CEN 13606 e HL7 CDA, que se reúne todos os requisitos para um propósito holístico.

Solução proposta

A solução apresentada neste trabalho adiciona características de interoperabilidade às soluções de RES utilizadas por diferentes clínicas e laboratórios do CCBS/UEPB, em uma arquitetura escalável (Figura 1) que ao mesmo tempo em que atende à demanda inicialmente apresentada por cirurgiões de politraumatizados, torna possível que se estenda a comunicação com outros RESs, estejam eles em clínicas e laboratórios internos ou externos à Universidade.

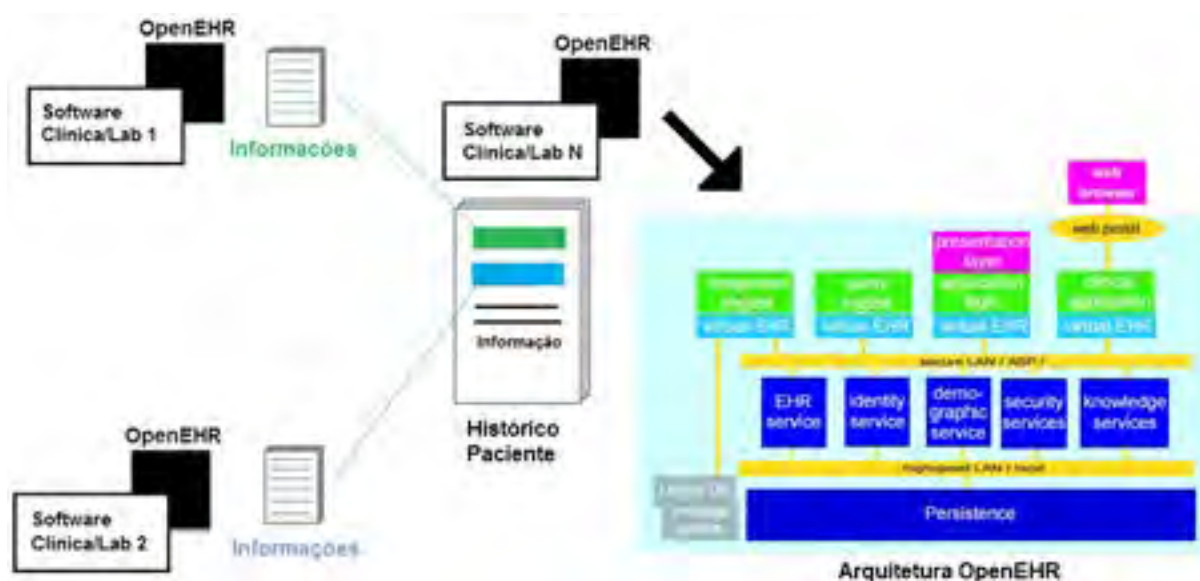


Figura 1- Arquitetura da solução

Métodos

A construção da solução de integração de informações médicas foi conduzida via uma junção das etapas típicas de processos Engenharia de Software (requisitos-arquitetura-implementação-teste-implantação) com as estruturas definidas e utilizadas pela plataforma OpenEHR.

O escopo inicial de interoperabilidade compreende os RESs usados na Clínica de Psicologia, na Clínica de Odontologia e no laboratório LT3D/NUTES. O escopo pode ser estendido em um novo ciclo de execução dos passos 2-4 do método, apresentados a seguir.

Passo 1: Selecionar o modelo de referência para interoperabilidade. A plataforma OpenEHR foi selecionada devido à portaria nº 2.073/2011 do Ministério da Saúde, que recomenda uso desse padrão para Registros Eletrônicos de Saúde (RES).

Passo 2 - Modelar as informações a serem compartilhadas entre os RESs.

Passo 2a: Selecionar arquétipos existentes. Para as informações que transitarão entre os RESs, buscar arquétipos para compor *templates* com os elementos que estarão na consulta comum aos três softwares. Arquétipos são unidades de informação usadas na plataforma OpenEHR, que agrupadas em um *template* representam informação clínica de um contexto médico/de saúde.

Todos os RES utilizaram o arquétipo de identificação do paciente (Figura 2) disponibilizado no repositório CKM⁶ (*Clinical Knowledge Manager*). Além de um repositório que disponibiliza arquétipos, *templates* e outros artefatos openEHR, o CKM é também um sistema para o desenvolvimento colaborativo, gerenciamento e publicação desses artefatos.

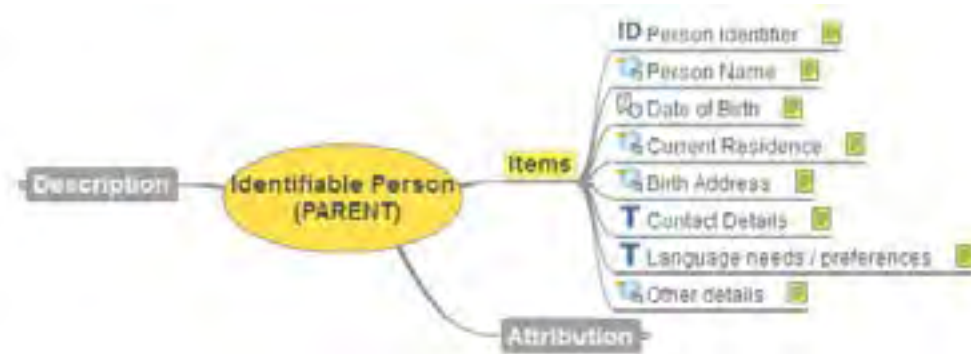


Figura 2- Arquétipo openEHR-EHR-CLUSTER.person_identifiable_parent.v1.

O RES da clínica de odontologia utiliza para manipular suas informações o arquétipo openEHR-EHR-CLUSTER.exam_mouth.v0 (Figura 3). Via esse arquétipo pode-se registrar uma descrição narrativa e interpretação clínica dos resultados observados durante o exame físico da boca.

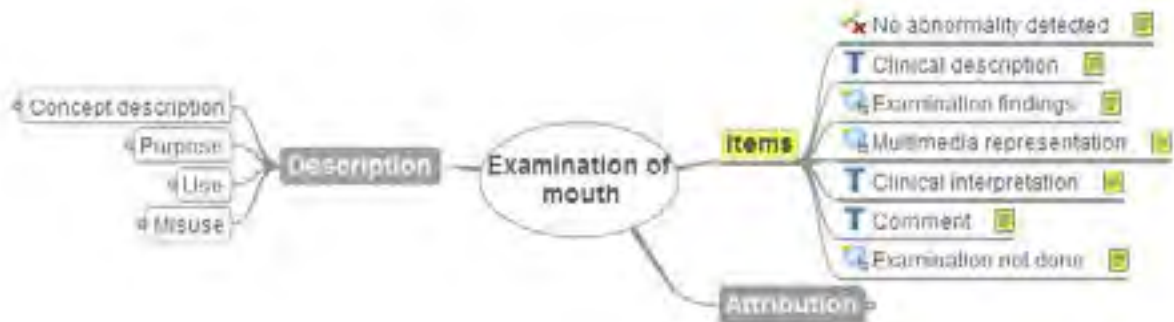


Figura 3- Arquétipo openEHR-EHR-CLUSTER.exam_mouth.v0

Já o RES de psicologia utiliza para manipular suas informações clínicas o openEHR-EHR-EVALUATION.problem_diagnosis.v1 (Figura 4). O arquétipo é usado para registrar detalhes sobre um caso ou obstáculo que tenha impactos sobre o bem-estar físico, mental e/ou social de um indivíduo.

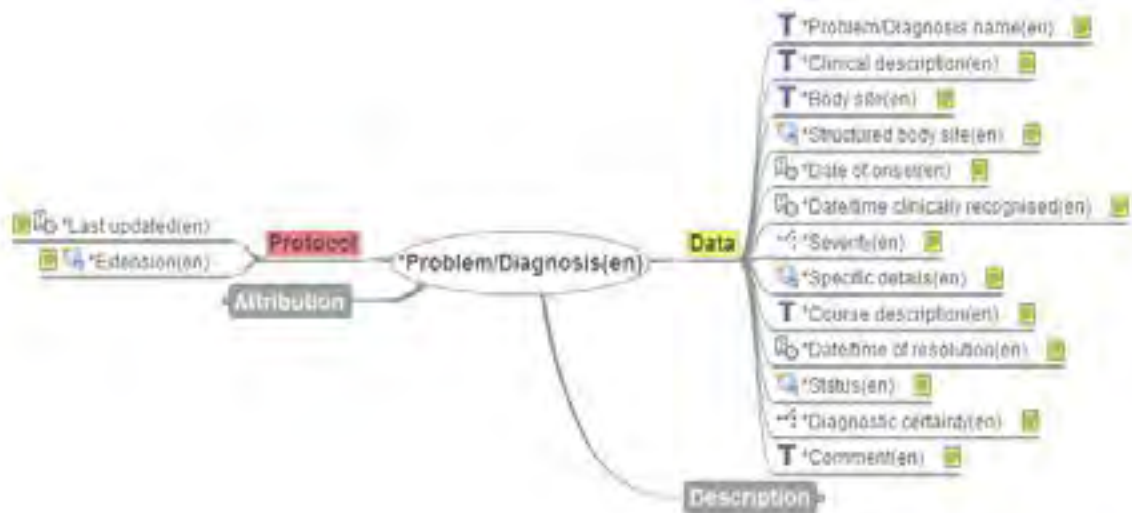


Figura 4- Arquétipo openEHR-EHR-EVALUATION.problem_diagnosis.v1

Passo 2b: Construir/Definir arquétipos inéditos. Como o domínio de informações referentes a um biomodelo usado em planejamento cirúrgico não consta até o presente no CKM da plataforma *OpenEHR*, fez necessário que um novo arquétipo fosse criado para modelar as informações referentes ao biomodelo, que são o centro do RES utilizado no LT3D/NUTES.

Através de interações com especialistas no domínio (cirurgiões) pode-se destacar alguns pontos relevantes para a criação e um arquétipo/*template* de biomodelo usado no procedimento cirúrgico. As informações levantadas se referem a biomodelos utilizados no planejamento em cirurgia bucomaxilofaciais⁷.

Dentro das informações relevantes para um procedimento cirúrgico bucomaxilofacial com o auxílio de um biomodelo, foi destacado:

Região anatômica – Região capturada nas imagens que foram usadas para a fabricação do biomodelo. O escopo de interoperabilidade está restrito aos procedimentos cirúrgicos bucomaxilofaciais. Maxila (D, E ou Bilateral), Zigomático (D, E ou Bilateral), Nasal, Naso-órbita-etmoidal (D, E ou BL), Fronto-naso órbitaetmoidal (D, E ou BL), Mandíbula (Sínfise, Corpo, Ramo, Côndilo, Associações de uma ou mais, D, E ou BL), órbita (D, E ou BL), frontal, outro;

Material – Matéria-prima usada na fabricação do biomodelo. Pode ser classificada em matéria-prima líquida, matéria-prima sólida e pó. Na modalidade matéria-prima líquida encontram-se dispositivos que trabalham com a polimerização de resina líquida (utilizando lasers UV), jateamento de resina líquida (com processo similar ao existente em impressoras a jatos de tinta convencionais), seguido da cura desta resina, ante a exposição de luz UV. Para as matérias-primas sólidas os processos são mais simples, ocorrendo a fusão do material antes da confecção de cada camada (fusão de filamentos, lâminas, entre outros), ou os que recortam lâminas do material selecionado. Por fim, matéria-prima em pó, que funciona utilizando exposição do pó à lasers, ou aglutinantes, o qual, na segunda opção também possui similaridade à impressão jato de tinta.

Resolução da imagem - Qual a resolução em DPI (*dots per inch*). DPI é uma medida de densidade relacionada à composição de imagens, que expressa o número de pontos individuais que existem em uma polegada linear na superfície onde a imagem é apresentada.

Software – Qual software usado na manipulação das imagens para gerar a malha 3D do biomodelo.

Imagens do biomodelo impresso – Fotos do resultado do biomodelo impresso.

A partir dos requisitos obtidos pelos profissionais de domínio da saúde envolvidos no processo de fabricação do biomodelo no LT3D, uma série de arquétipos foram criados com o auxílio da ferramenta *Archetype Editor Versão 2.2.905 Beta*.

Para contemplar todas as informações médicas referentes ao biomodelo em termos do modelo de referência da plataforma OpenEHR, foi preciso a criação dos seguintes arquétipos:

- openEHR-EHR-OBSERVATION.regiao_anatomica.V1
- openEHR-EHR-OBSERVATION.material.v1
- openEHR-EHR-OBSERVATION.software.v1
- openEHR-EHR-OBSERVATION.resolucao_imagem.V1
- openEHR-EHR-OBSERVATION.multimedia.v1

O repositório CKM dispõe do arquétipo openEHR-EHR-CLUSTER.device.v1 para a representação um instrumento, aparelho, implante ou semelhantes, para a prestação de cuidados de saúde que poderia ser usado para a representação do biomodelo, porém existem vários itens desnecessários para o sistema do LT3D no âmbito do CCBS/UEPB. Além de alguns outros atributos importantes não serem contemplados pelo arquétipo, tais como: material e resolução a imagem.

O arquétipo criado openEHR-EHR-OBSERVATION.regiao_anatomica.V1 pode ser substituído pelo arquétipo openEHR-EHR-CLUSTER.anatomical_location.v1 já existe na biblioteca CKM para os trabalhos futuros.

Passo 3: Modelagem da solução de interoperabilidade. Compreende definir em detalhes quais as intervenções necessárias nos softwares nos RES que compõem o escopo de interoperabilidade para torná-los aptos a interoperar. Esta etapa foi cumprida com base na arquitetura proposta pela plataforma OpenEHR para adaptar a solução de interoperabilidade entre os três RESs integrados. A figura 5 demonstra a arquitetura da solução de interoperabilidade para o sistema do LT3D/NUTES com relação ao histórico do atendimento:

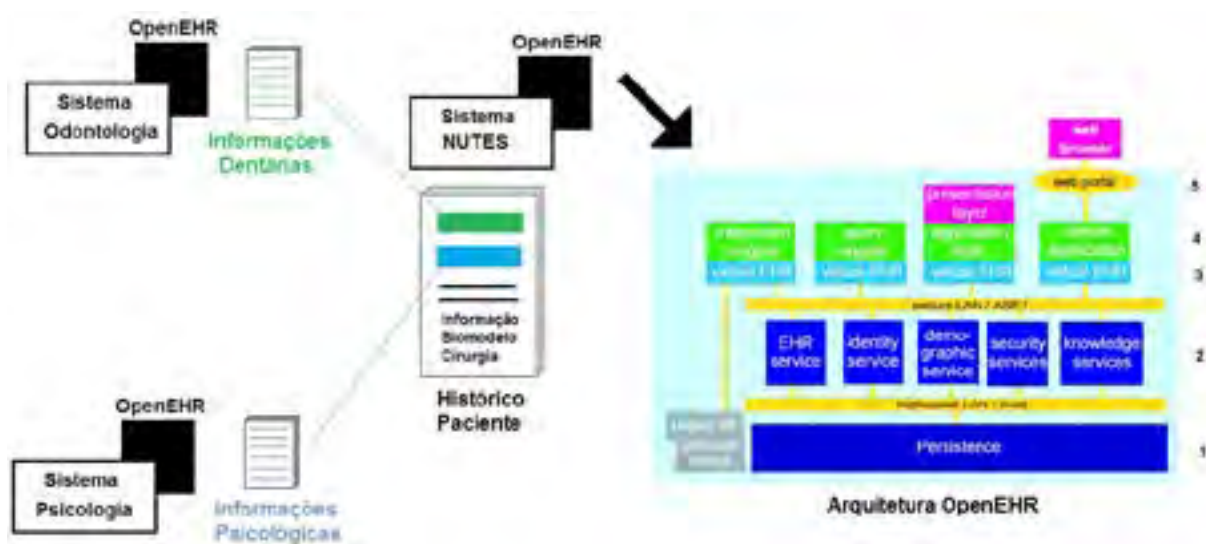


Figura 5- Arquitetura da solução específica.

A numeração à direita da arquitetura OpenEHR se refere às suas camadas, que são descritas a seguir.

1. Persistência: Camada responsável pelo armazenamento de dados.
2. Camada de serviços *back-end*: incluindo EHR, demografia, terminologia, arquétipos, segurança, registro local, e assim por diante. Nesta camada, a separação dos diferentes serviços é transparente.
3. EHR virtual: Nível que corresponde ao *middleware* que é o conjunto de interfaces para programação de aplicações (APIs) para acessar os diferentes serviços de *back-end* tais como: *identity service*, *demographic service*, *security service* e *knowledge service*. Outro elemento desse nível é o *kernel* de arquétipo e *templates*, componente responsável por criação e processamento de dados dos arquétipos. Neste nível, os elementos funcionam como uma interface, em que sistemas externos têm a possibilidade de acessar informações via APIs.
4. Lógica de aplicação: Esta camada consiste em qualquer lógica específica para uma aplicação, que pode ser um aplicativo do usuário, ou outro serviço, como um mecanismo de consulta.
5. Camada de apresentação: esta camada consiste na interface gráfica da aplicação.

As aplicações interagem com a plataforma openEHR via virtual EHR¹⁰ (vEHR) API, Linguagem de Consulta Arquetipada (*Archetype Query Language - AQL*) e XML, independentemente de qual implementação é utilizada. Os modelos openEHR podem ser efetivamente usados para construir a captura de dados, visualização e consulta dos formulários para as aplicações.

O modelo de serviços do *OpenEHR*¹¹ inclui definições de serviços básicos no ambiente do sistema em saúde, centrados no EHR. São eles: Virtual EHR, Modelo de Serviço de Registro Eletrônico ou *EHR Service Model*, Serviço de Arquétipos e Serviço de Terminologias e *Workflow*. O virtual EHR e o *EHR Service Model*⁸ definem a interface aos dados do EHR, no nível das composições (*compositions*). Eles permitem que a aplicação crie novas informações e modifique o EHR através das

requisições a partes de algum registro existente. Estes serviços habilitam a manipulação e a gravação em definitivo dos dados (*commit*).

Os dados a serem efetivamente persistidos são representados em memória através de uma estrutura. Essa estrutura é composta por partes do modelo de referência.

Passo 4: Implementação da solução de interoperabilidade. A implementação constitui em duas partes: uma interface no RES utilizado no LT3D/NUTES e a implementação do *OpenEHR*. A interface deve incluir a implementação do *OpenEHR*^{12,13} como uma biblioteca, ler os arquivos de arquétipos, gerar formulários de entrada dos dados de pacientes. Antes de se representar um arquétipo em memória é preciso consultar no Modelo de Referência quais são as classes que podem compor os arquétipos.

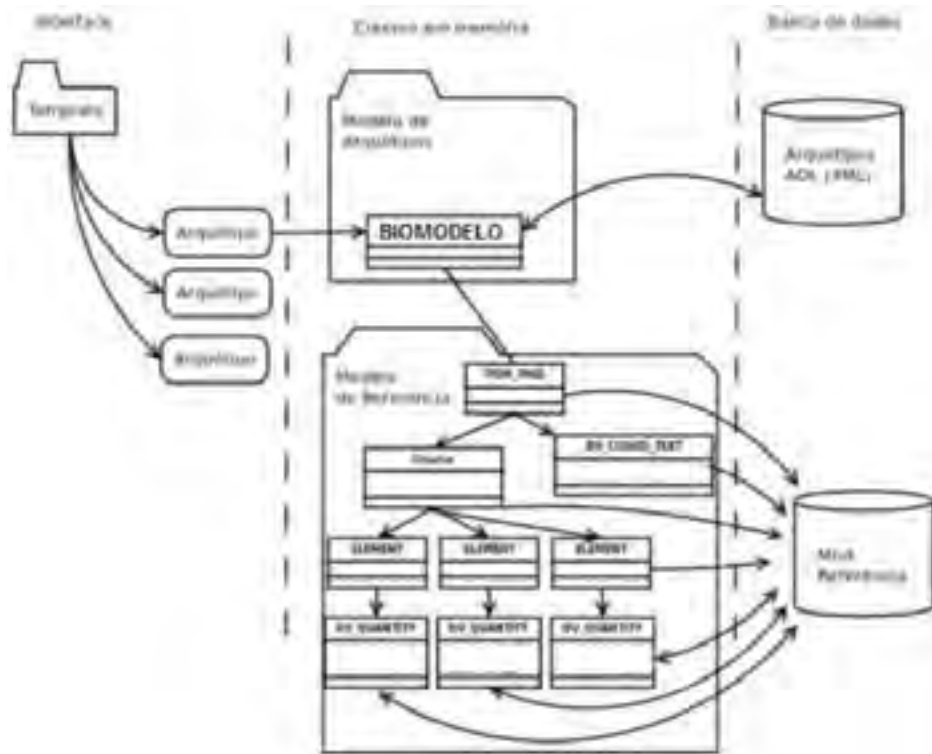


Figura 6 - Modelo de Referência

A plataforma *OpenEHR* prevê ainda, entre vários requisitos, a necessidade de um analisador sintático (*parser*) ADL, que transforma automaticamente arquétipos em ADL^{13,14} (*Archetype Description Language*) para o formato de objetos na memória. Para realizar o caminho inverso (de objetos para ADL), torna-se necessário implementar um serializador ADL, que parte dos arquétipos no formato AOM da memória, para a representação textual em ADL.

Resultados

Como resultado da interoperabilidade entre os três RESs, foi criada uma tela de histórico do atendimento, no qual encontram-se reunidas informações oriundas de cada RES envolvido. A figura 7 demonstra de forma setorizada a composição do histórico.

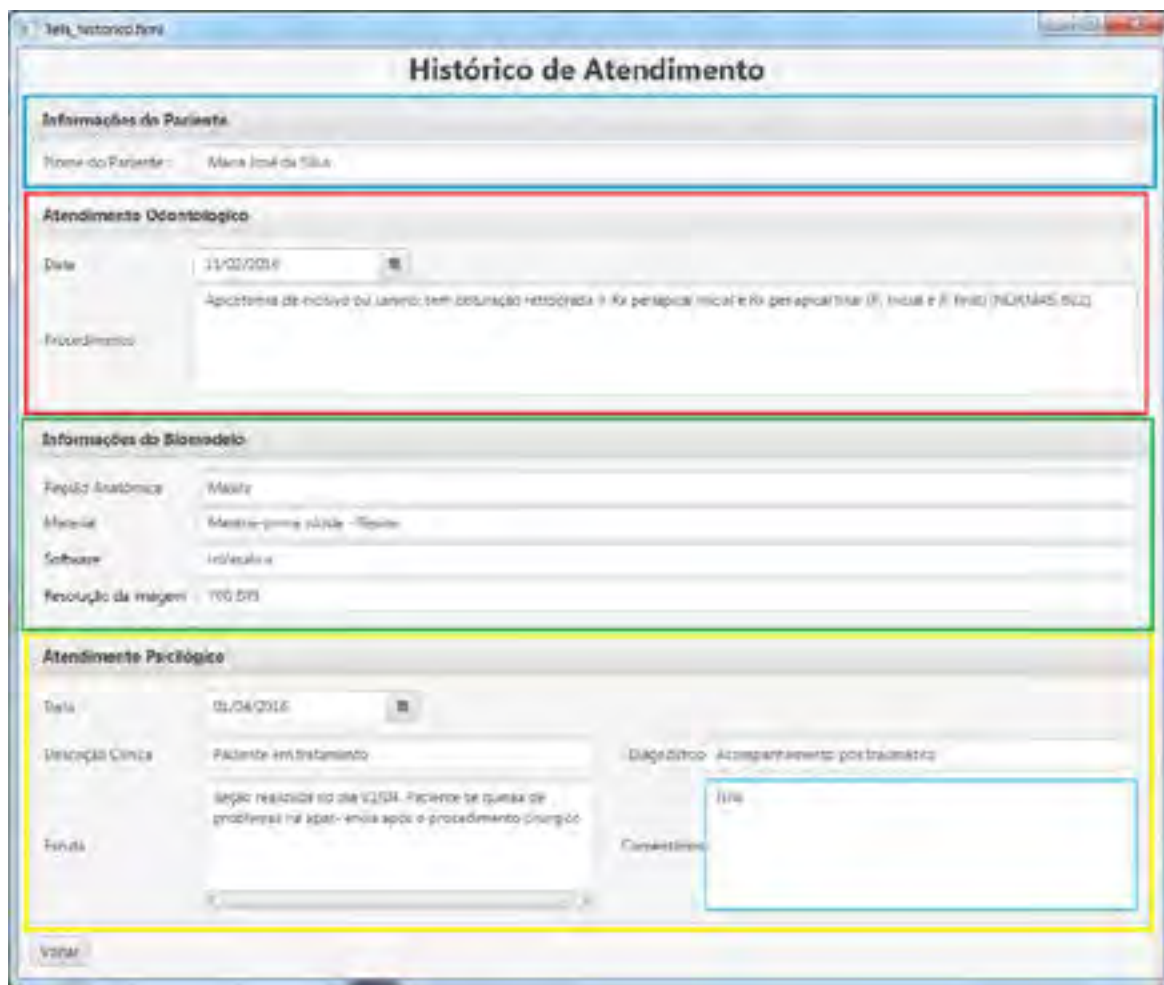


Figura 7 - Tela de Histórico

Segue abaixo a tabela 1 que demonstra de onde cada informação da tela de histórico foi recuperada.

Tabela 1

Setor	Informação
Em Azul	A informação referente ao nome do paciente foi extraída pelo campo Person Name do arquétipo openEHR-EHR-CLUSTER.person_identifiable_parent.v1 implementado em todos os sistemas
Em Vermelho	As informações referentes ao atendimento odontológico foram extraídas dos campos Clínical Description e Date do arquétipo openEHR-EHR-CLUSTER.exam_mouth.v0
Em Verde	As informações referentes ao biomodelo usado no procedimento cirúrgico foram extraídas dos arquétipos: openEHR-EHR-OBSERVATION.regiao_anatomica.V1 openEHR-EHR-OBSERVATION.material.v1 openEHR-EHR-OBSERVATION.software.v1 openEHR-EHR-OBSERVATION.resolucao_imagem.V1

Em Amarelo	<p>As informações referentes ao atendimento da clínica de psicologia foram extraídas dos campos:</p> <p>Problem/Diagnosis name</p> <p>Clínicasl description</p> <p>Specific details</p> <p>Date/time clínicaslly recognised</p> <p>Comment</p> <p>Relativos ao arquétipo openEHR-EHR-EVALUATION.problem_diagnosis.v1</p>
-------------------	--

Conclusão e Trabalhos Futuros

Foi possível utilizar a estrutura proposta pela plataforma OpenEHR para prover interoperabilidade entre RES distintos, podendo assim reunir informações que anteriormente estavam em ambientes diferentes em um histórico único.

A construção que chegou a resultados efetivos, segundo avaliação dos especialistas demandantes, também envolvidos na modelagem de informação, foi descrita através de um método que se acredita-se poder ser aplicado a outros escopos de interoperabilidade, ou mesmo para estender o escopo de interoperabilidade tratado neste trabalho para abranger outros prestadores de serviços de saúde internos ou externos à Universidade.

Como primeiro alvo de extensão do escopo de interoperabilidade está definido o RES a ser utilizado no Hospital de Traumas, no qual são realizadas as cirurgias de pacientes politraumatizados para os quais são requeridos impressão de biomodelos no LT3D/NUTES.

Referências

- [1] Foggiatto, J. A., 2006, “O uso da prototipagem rápida na área médicoodontológica”, Tecnologia & Humanismo, Curitiba, Vol. 1, pp. 60-68.
- [2] Marcos M, Martínez-Salvador B. Towards the Interoperability of Computerised Guidelines and Electronic Health Records: An experiment with openEHR archetypes and a chronic heart failure guideline. In: Riano D, et al. Knowledge Representation for Health-Care. Verlag Berlin Heildenberg: Springer; 2011. p. 101-113
- [3] S.M. Ngouongo, M. Löbe, J. Stausberg The ISO/IEC 11179 norm for metadata registries: does it cover healthcare standards in empirical research? J. Biomed. Inform., 46 (2) (2013), pp. 318–327
- [4] OpenEHR. Welcome to openEHR. Disponível em: <http://www.openehr.org/> Acesso em: maio de 2016.
- [5] Pahl, C., Zare, M., Nilashi, M., de Faria Borges, M.A., Weingaertner, D., Detschew, V. et al, Role of OpenEHR as an open source solution for the regional modelling of patient data in obstetrics. J. Biomed. Inform. 2015 ;55:174–187
- [6] Garde, S; P, Knaup; Hovena, E.J.S; Heard, S. Towards Semantic Interoperability for Electronic Health Records Domain Knowledge Governance for openEHR Archetypes. Schattauer GmbH, 2007.
- [7] Conselho Federação De Medicina (Brasil) Manual de Certificação para sistemas de registros eletrônico em saúde (S-RES). (versão 3.3) [S.I]: Sociedade Brasileira de Informática em Saúde. Conselho Federal de Medicina, 2009. Acessado em fevereiro 2016.

- [8] OpenEHR Brasil. Disponível em: <http://openehrbrasil.com.br/index.php/comofunciona> Acesso em: maio de 2016.
- [9] OpenEHR. The openEHR Archetype Model: Archetype Object Model. 2013. Disponível em: <http://wwwtest.openehr.org/releases/trunk/architecture/am/aom1.5.pdf> . Acesso em: maio. 2016.
- [10] Kaiser K, Miksch S. Versioning computer-interpretable guidelines: Semiautomatic modeling of 'Living guidelines' using an information extraction method. *Artificial Intelligence in Medicine*. 2009; 46: 55-66.
- [11] OpenEHR. Downloads. Guidelines and DS. GDL editor. Disponível em: <http://sourceforge.net/projects/gdl-editor/>. Acesso em: maio de 2016.
- [12] Pereira, D; Nascimento, J; Ribeiro, J; Barros, p; cruz-correia, r; Espanha, r; gomes, r. Interoperabilidade na Saúde - Onde Estamos? Escola Nacional de Saúde Pública, Associação para a Promoção e Desenvolvimento da Sociedade da Informação, 2013.
- [13] Beale T, Heard S. Archetype Definition Language. 2007. Disponível em <http://www.openehr.org/releases/1.0.1/architecture/am/adl2.pdf>
- [14] Shabo, a.; rabinovici-cohen, s.; vortman, p. Revolutionary impact of XML on biomedical information interoperability. *IBM Systems Journal*, v. 45, n. 2, p. 361-372, jan. 2006.

Contato

José Augusto de Oliveira Neto

(zedeguga@gmail.com)

Departamento de Computação

Rua Juvêncio Arruda, s/n – Campus

Universitário – Bodocongó, Campina Grande-

PB, CEP: 58109-790.

Marcus Vinicius de Oliveira Régis

(marcus.regis@gmail.com)

Núcleo de Tecnologias Estratégicas em Saúde

Av. Juvêncio Arruda, S/N - Campus

Universitário – Bodocongó, Campina Grande-

PB, CEP: 58.429-600.

Email: nutes@uepb.edu.br

Telefone: +55 (83) 3315-3336

ANÁLISE FILOGENÉTICA PARA DIFERENCIAÇÃO ENTRE NÓDULOS MALIGNOS E BENIGNOS

Otília de S. Santos¹, Thayane de O. Simões¹, Laércio N. Mesquita¹, Alcilene D. de Sousa¹,
Antônio O. de C. Filho¹

¹Campus Senador Helvídio Nunes de Barros - Universidade Federal do Piauí (UFPI), Brasil

Resumo: Apresenta uma metodologia de auxílio no diagnóstico por computador (*Computer-Aided Diagnosis -CADx*) para classificação de malignidade ou benignidade dos nódulos pulmonares em imagens de tomografia computadorizada. O uso dos índices de diversidade filogenética para extração das características dos nódulos, a classificação é realizada com a ferramenta WEKA usando múltiplos classificadores, validação dos resultados com as métricas kappa, *Area Under the Curve*, sensibilidade, especificidade e acurácia. Os testes mostraram resultados bem objetivos e robustos para uma metodologia CADx com uma acurácia de 98,1%, sensibilidade 98,7%, especificidade 97,9%, um kappa de 0,95 e uma *Area Under the Curve* de 0,99. Os resultados obtidos comprovaram o bom desempenho das técnicas de extração de características de textura através dos índices apresentados, com uma precisão de 98,1%.

Palavras-chave: Imagens médicas, Diagnóstico pulmonar, Índices de diversidade.

Abstract: Present a methodology to assist in the computer diagnosis (*Computer-Aided Diagnosis -CADx*) to classify pulmonary nodules in malignant and benign in CT images. Using phylogenetic diversity index to extract the characteristics of the nodes, the classification made with WEKA tool, validating the results with the following metrics kappa, ROC curve, sensitivity, specificity and accuracy. The tests showed very accurate and robust results for integration in a CADx tool with an accuracy of 98.1%, 98.7% sensitivity, 97.9% specificity, a kappa of 0.95 and an AUC of 0.99. The results indicated a good performance of texture extraction techniques through the indexes presented with an accuracy of 98.1%.

Keywords: Tomography, Diagnosis, Diversity Index.

Introdução

O câncer é uma patologia com localizações e aspectos clínico-patológicos múltiplos e alguns tipos não possui sintomas, podendo ser detectado em vários estágios de evolução. Isso influencia na avaliação do seu diagnóstico, tornando-o mais dificultoso, como também na afirmativa de que a suspeita de câncer pode surgir diante dos sintomas mais variados possíveis, como a tosse e o sangramento pelas vias respiratórias ¹.

O câncer de pulmão está associado ao consumo de tabaco em 90% dos casos diagnosticados e tem uma taxa de crescimento anual de 2% em sua incidência no mundo todo. Comparados com os não fumantes, os tabagistas têm cerca de 20 a 30 vezes mais risco de desenvolver o câncer¹. Esse tipo de câncer apresenta a maior taxa de mortalidade e tem uma das menores taxas de sobrevivência após o diagnóstico.

Para auxiliar o especialista na busca, identificação de nódulos e alterações em imagens tomográficas, são desenvolvidos sistemas que utilizam o Processamento Digital de Imagens (PDI), que consiste

em um conjunto de técnicas para manipulação de imagens com a auxílio de um computador afim de facilitar a extração de informações presentes nessas imagens.

Os sistemas de Detecção e Diagnóstico auxiliados por computador (*Computer-Aided Detection (CAD) / Computer-Aided Diagnosis (CADx)*) ajudam os especialistas a lidar com um grande volume de informações dos pacientes e fornecer um diagnóstico preciso. Segundo Sousa², os sistemas CAD auxiliam na detecção de anormalidades, mas não realizam quaisquer tipos de diagnósticos sobre as mesmas. Os sistemas CADx, por sua vez, classificam as estruturas detectadas com anormalidade nas classes benignas ou malignas. Isto aumenta o grau de exatidão na detecção e diagnóstico, oferecendo uma segunda opinião ao especialista.

Esse trabalho conta com contribuições diretas em algumas áreas. Na área médica, a contribuição está no desenvolvimento de um sistema para CADx através da análise da textura do nódulo pulmonar. Na área da computação, a contribuição se dá nos seguintes aspectos: a) utilização de medidas de texturas baseadas nos índices de *phylogenetic diversity*³, *sum of phylogenetic distances*³, *phylogenetic species variability*³, *phylogenetic species richness*³ e *Mean nearest neighbor distance*⁴, e b) uso de árvores filogenéticas para caracterização dos nódulos pulmonares.

Trabalhos Relacionados

Na literatura, existem diversos trabalhos relacionados ao desenvolvimento de sistemas automáticos para diagnóstico do câncer de pulmão. Para esta finalidade, utilizam-se características extraídas de imagens médicas, objetivando a classificação em nódulos malignos ou benignos.

Froner⁵ apresentou uma avaliação para a utilização de dados de pacientes e atributos quantitativos de nódulos pulmonares em imagens de Tomografias Computadorizadas (TC) de pulmão para a construção de um modelo de classificação em termos de malignidade. Neste trabalho foi desenvolvido um modelo que melhor classifica a malignidade dos nódulos, seu melhor resultado tem uma curva ROC de 0,923 de precisão.

Orozco et al.⁶ apresentaram um trabalho que avaliou os descritores mais significativos utilizando o classificador SVM. O trabalho validou imagens de 45 TC das bases *Early Lung Cancer Action Program (ELCAP)* e *Lung Image Database Consortium – (LIDC-IRDI)*. Foram obtidos resultados significativos e promissores, com a acurácia de 82%; a sensibilidade de 90,9% e a especificidade de 73,91%.

Jhilam Mukherjee et al.⁷ desenvolveram um método que detecta e classifica nódulos pulmonares solitários a partir de imagens de TC. Esse método reduz a variabilidade nas detecções por segmentação automática e classificação de nódulos, seus resultados experimentais foram promissores no que diz respeito à classificação como nódulos malignos ou benignos.

Dandil et al.⁸ desenvolveram uma técnica na qual utilizam imagens TC para diferenciação entre tumores malignos e benignos. O sistema CADx projetado forneceu segmentação de nódulos usando *Self-Organizing Maps* e realiza a classificação entre nódulos benignos e malignos. Por fim, os resultados obtidos têm 90,63% de acurácia, sensibilidade de 92,30% e 89,47% de especificidade.

Han et al.⁹ apresentaram um trabalho que avaliou o desempenho de duas dimensões (2D) e características de textura 3D a partir de imagens de TC em nódulos pulmonares usando o banco de dados grande LIDC-IDRI num total de 905 nódulos, sendo 422 malignos e 483 benignos, com os resultados característicos na base de características de textura 3D de Haralick.

Os trabalhos relacionados expostos acima mostram que as metodologias baseadas em características de textura descrevem bem padrões em imagens, cujas medidas estatísticas são bastante utilizadas. Os resultados são promissores para o auxílio na detecção de câncer de pulmão, pelo valor da acurácia. Neste trabalho, pretende-se apresentar melhorias na descrição de padrões de textura das imagens de

TC, com aplicação do índice de diversidade filogenética e múltiplos classificadores para discriminar bem os nódulos pulmonares malignos e benignos.

Métodos

Para identificar os nódulos pulmonares em maligno e benigno, foi empregada a seguinte metodologia: utilização da base de imagens pública LIDC-IDRI; para a extração de características foi utilizado o descritor baseado na textura utilizando os índices de diversidade filogenética *Phylogenetic Diversity* (PD), *Sum of Phylogenetic Distances* (SPD), *Mean Nearest Neighbor Distance* (MNND), *Phylogenetic Species Variability* (PSV) e *Phylogenetic Species Richness* (PSR); para a classificação utilizou-se *Random Forest*¹⁰, *Random Tree*, *MultiLayerPerceptron*¹¹ e *JRip* e, por fim, a validação dos resultados. A Figura 1 apresenta um resumo das etapas seguidas pela metodologia proposta.

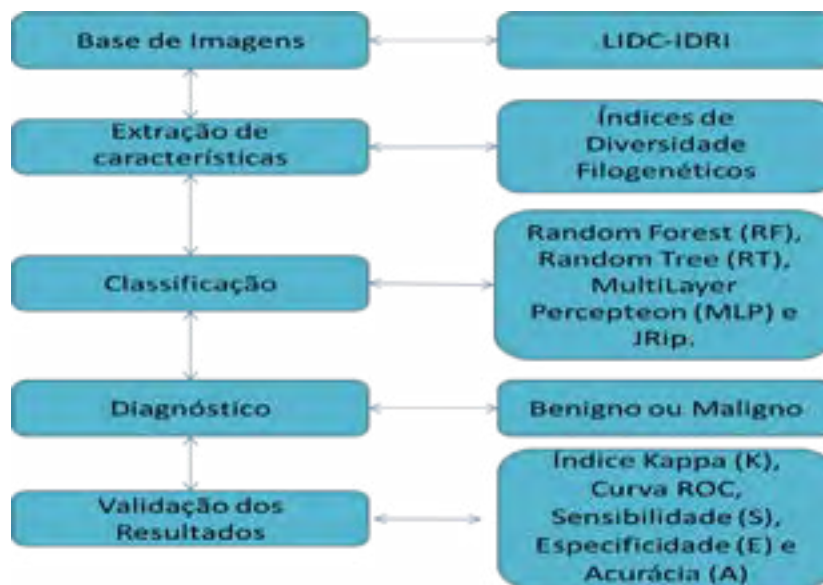


Figura 1: Método Proposto.

Base de Imagem - A Tomografia Computadorizada é um exame que permite a obtenção de imagens de cortes do corpo do paciente, sendo bastante utilizada como um exame médico de diagnóstico por imagem. Ela é excelente para detecção de alterações agudas ou crônicas no parênquima pulmonar.

O resultado visual da TC é monocromático, ou seja, são mostrados apenas os vários níveis de cinza, indo do totalmente preto ao branco, todas as estruturas presentes na TC puderam ser proporcionalmente quantificadas em unidades de densidade relativas ao padrão, chamadas de Unidades Hounsfield (UH).

Um nódulo é uma pequena massa de tecido que geralmente se forma em resposta às lesões, podendo ser benigno ou maligno. Um nódulo benigno é um tumor que surge e não se espalha para outras partes do corpo, tende a crescer mais lentamente e causa menos problemas à saúde do que um nódulo maligno¹², como demonstra a Figura 2.

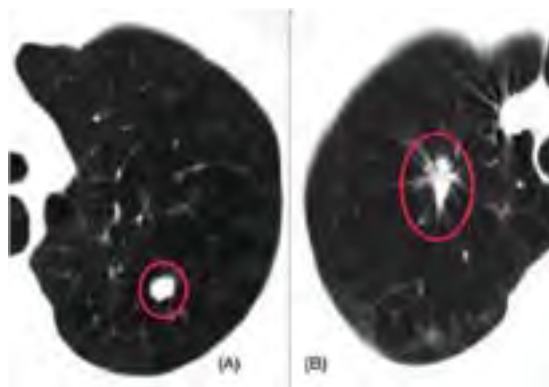


Figura 2: Exemplos de TC, onde é possível verificar o aparecimento de nódulos pulmonares: (A) TC com o nódulo benigno e (B) TC com nódulo maligno¹³.

No desenvolvimento desse trabalho utilizou-se a base de imagens LIDC-IDRI¹³, por ser uma base que preserva a identidade dos pacientes, como também apresenta a avaliação dos exames realizada por quatro especialistas. A base é um recurso internacional acessível via web para o desenvolvimento, treinamento e diagnóstico de sistemas especialistas que realizam o diagnóstico do câncer de pulmão.

A base LIDC-IDRI é disponibilizada pelo *National Cancer Institute of EUA* (NCI), sendo resultado da associação entre o consórcio de instituições conhecido LIDC-DRI. A base contém 1018 exames com uma quantidade variável de fatias por exame e cada exame contém um arquivo XML (*eXtensible Markup Language*) contendo as marcações e as avaliações de 4 especialistas¹⁴.

Índices de Diversidade Filogenética - A definição de textura encontrada na literatura é descrita de diversas formas. Segundo Haralick et al.¹⁵, a textura é definida como a característica de uma região relacionada a coeficientes de uniformidade, densidade, aspereza, regularidade, intensidade, dentre outras características da imagem. A textura será utilizada como base para a extração das características dos nódulos pulmonares.

Para Magurran¹⁶ a diversidade filogenética é a medida de uma comunidade que incorpora as relações filogenéticas das espécies. A forma mais simples da aplicação do índice de diversidade em imagens consiste na imagem que representa a comunidade ou região da mesma¹⁷, como apresentado na Figura 3.

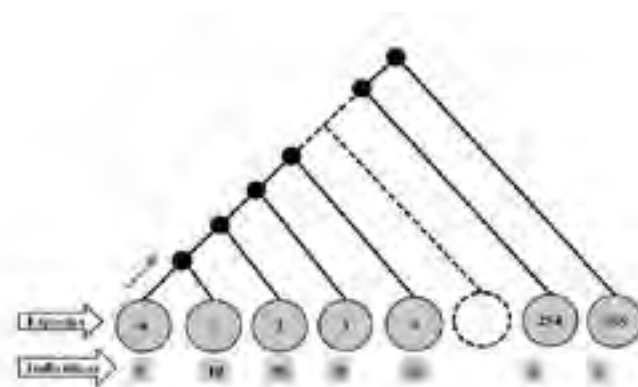


Figura 3: Árvore enraizada na forma de cladograma inclinado

Fonte: Oliveira¹⁸

Utilizamos os índices PD, SPD, MNND, PSV e PSR com a finalidade de localizar padrões em regiões de imagens de Tomografias. Nesse sentido os índices foram utilizados para descrever a textura

dos nódulos pulmonares extraídos dos exames de TC. Para a aplicação dos índices foram usadas as informações o nódulo pulmonar como: UH, quantidade de *voxel* de cada UH e similaridade entre duas UH.

Os índices de diversidade filogenética extraídos das árvores filogenéticas são empregados na biologia para comparar amostras de comportamento entre as espécies de diferentes áreas, assim como na área da computação para diagnosticar qual o padrão de benignidade ou malignidade de cada nódulo. Por isso, faz-se uma correlação entre a biologia e a metodologia proposta, conforme mostrado na Tabela 1.

Tabela 1. Correspondência entre os termos da biologia e o trabalho.

Biologia	Metodologia
Comunidade	Regiões de interesse (Nódulo) da imagem TC
Espécies	Número de HU da região
Indivíduos	Quantidade de voxel de cada UH
Distância Filogenética	Número de arestas entre duas espécies

O índice de diversidade filogenética *Phylogenetic Diversity* (PD) é obtido na biologia pela soma dos comprimentos dos braços da árvore filogenética das espécies de uma comunidade, segundo o autor Faith¹⁹. Quanto mais ramos a árvore filogenética possuir, mais distintos serão os grupos taxonômicos. Portanto, o PD de uma comunidade é a soma de todos os comprimentos dos ramos da porção de uma árvore filogenética conectando o conjunto focal das espécies, conforme apresenta a Equação 1,

$$PD = \frac{B \cdot \sum_{i=1}^S L_i A_i}{\sum_{i=1}^S A_i} \quad (1)$$

onde B é o número de ramificações da árvore, S é o número de espécies do conjunto focal, L_i é o comprimento do ramo i e A_i representa a abundância média de espécies (indivíduos) que compartilham i.

Para Webb, o índice *Mean Nearest Neighbor Distance* (MNND) é a distância filogenética média do parente mais próximo de todas as espécies, além disso, é equivalente às taxas de espécies por gênero. Esse índice pode ser calculado a partir da média ponderada da distância filogenética de cada vizinho mais próximo das espécies, com pesos iguais a abundância das espécies, conforme a Equação 2,

$$MNND = \sum_{m=1}^S \min(d_{mn}) a_m \quad (2)$$

onde S é número de espécies do conjunto focal, m e n são espécies, d_{mn} é a distância filogenética entre m e n e a_m é a abundância das espécies de m.

Segundo Helmus et al., o índice de diversidade filogenética *Sum of Phylogenetic Distances* (SPD) é a soma das distâncias filogenéticas entre cada par de espécies multiplicada pela distância filogenética média de cada par de espécies no conjunto focal, como apresentada na Equação 3,

$$SPD = \frac{\left(\frac{S(S-1)}{2}\right) \cdot \sum_{m < n} d_{mn} a_m a_n}{\sum_{m < n} a_m a_n} \quad (3)$$

onde S é número de espécies do conjunto focal, m e n são espécies, d_{mn} é a distância filogenética entre m e n, a_m é a abundância das espécies de m e a_n é a abundância das espécies de n.

No trabalho desenvolvido por Helmus et al., o índice *Phylogenetic Species Variability* (PSV) tem a variabilidade quantifica o parentesco filogenético, diminuindo a variação das características compartilhadas por todas as espécies da comunidade. A Equação 4 define a variabilidade de espécies filogenéticas, que resume o grau em que as espécies em uma comunidade são filogeneticamente relacionadas,

$$PSV = \frac{nrc - \sum c}{n(n-1)} = 1 - \epsilon \quad (4)$$

onde representa-se a soma dos valores da diagonal de uma matriz C, o somatório de todos os valores da matriz, n é o número de espécies e ϵ é a média dos elementos da diagonal de C.

O *Phylogenetic Species Richness* (PSR) quantifica o número de espécies em uma comunidade como nota-se nos parâmetros na Equação 5, onde o valor do PSR é a multiplicação do número espécies n pela variabilidade da comunidade.

$$PSR = n * PSV \quad (5)$$

Classificação - Segundo Mitchell et al.²⁰, a área de Aprendizagem de Máquina (AM) lida com o estudo de métodos computacionais que permite programas de computadores obterem melhorias na execução de tarefas de forma autônoma, por meio de experiências.

A classificação foi realizada pelo software Waikato Environment for Knowledge Analysis (WEKA), que é um conjunto de algoritmos de aprendizado de máquina para tarefas de mineração de dados. Contém ferramentas para pré-processamento de dados, classificação, regressão, clustering, regras de associação e visualização. Ele foi desenvolvido por um grupo de pesquisadores da Universidade de Waikato, Nova Zelândia ²¹.

A classificação é um método de reconhecimento automático de objetos, sendo que as entradas são as características extraídas das imagens TC do pulmão. Os classificadores testados usaram o método k-fold cross validation para obter os resultados. Os dados foram divididos em 10 conjuntos, sendo 9 deles para treinamento e 1 para testes. Este processo é repetido 10 vezes, de forma que o conjunto escolhido para o teste será diferente do anterior e no final é gerada uma média dos resultados.

O diagnóstico é feito a partir dos conjuntos de características previamente extraídas das imagens, as quais são submetidas à avaliação de um classificador que, a partir de um treinamento prévio, informa se o nódulo possui natureza maligna ou benigna.

Validação dos Resultados - Na validação dos resultados, utilizou-se as métricas de avaliação baseadas em estatísticas, como a Área sob a Curva ROC, que mensura o quanto o algoritmo é eficiente, usualmente referida em *Area Under the Curve* (AUC)²², Sensibilidade (S)²³, Especificidade (E)²³, Acurácia (A)²⁴ e índice Kappa (K)²².

Quando se avalia um teste de classificação, deve-se levar em consideração quatro perspectivas possíveis de ocorrências: Verdadeiro Positivo (VP), quando os nódulos são classificados corretamente como doentes (maligno); Falso Positivo (FP), que é o número de imagens que são classificadas erradamente como não doentes; Verdadeiro Negativo (VN), o número de imagens que são classificadas corretamente como saudáveis (benigno) e Falso Negativo (FN), o número de imagens que são classificadas erradamente como não saudáveis.

Segundo Martinez et al.²³ a sensibilidade é definida como a probabilidade do teste em fornecer um resultado positivo, desde que o indivíduo realmente seja portador da enfermidade. A especificidade, por sua vez, é definida como a probabilidade do teste em fornecer um resultado negativo, em que o indivíduo está livre da enfermidade. Já a Acurácia, para Metz²³, é a métrica que calcula o total de acertos em relação a todas as instâncias classificadas corretamente.

O índice Kappa (K), de acordo com Landis e Koch²², é uma medida de concordância que pode ser formulada para medir o desacordo de um conjunto de respostas, baseada em pesos, a qual mede a concordância entre um número de respostas baseando-se em observadores, chegando, assim, a um consenso.

Resultados e Discussão - Para os testes realizados neste trabalho, utilizou-se a base LIDC-IDRI utilizando 1402 nódulos, sendo 1009 benignos e 393 malignos. As características foram extraídas a partir dos índices de diversidade filogenética. Os classificadores *Random Forest* (RF), *Random Tree* (RT), *MultiLayerPerceptron* (MLP) e *JRip*, usados para classificar em maligno e benigno os nódulos pulmonares, os parâmetros dos classificadores com os valores padrões, através do software WEKA na versão 3.9. A classificação foi realizada com validação cruzada de k-folds, sendo k = 10.

Tabela 2. Resultados para classificação em benigno e maligno utilizando Índices de diversidade filogenética

	VP	FP	VN	FN	A	S	E	AUC	K
MLP	345	48	977	32	94,3%	91,5%	95,3%	0,959	0,856
RF	371	22	1004	5	98,1%	98,7%	97,9%	0,994	0,951
RT	370	23	993	16	97,2%	95,9%	97,7%	0,963	0,930
JRip	366	27	998	11	97,3%	97,1%	97,4%	0,962	0,932

A Tabela 2 indica que tanto o indicador do *kappa* quanto a acurácia obtiveram resultados promissores. O classificador *RF* obteve o melhor resultado com acurácia de 98,1%, sensibilidade de 98,7% e especificidade de 97,9%, tendo um *kappa* de 0,951 e uma AUC chegando ao resultado de 0,994.

Tabela 3. Comparação entre trabalhos relacionados e a metodologia proposta

Trabalhos	Base	Sensibilidade	Especificidade	Acurácia
Orozco <i>et al.</i> ⁽¹⁷⁾	ELCAP and LIDC	90,9%	73,91 %	82%
Dandil <i>et al.</i> ⁽⁴⁾	Privado	92,30 %	89,47%	90,63%
Metodologia	LIDC-IDRI	98,7%	97,9%	98,1%

De acordo com a Tabela 3, em comparação com os trabalhos relacionados, a metodologia proposta apresenta equilíbrio entre as três métricas (sensibilidade, especificidade e acurácia). Assim, em termos qualitativos, a metodologia apresenta um ótimo resultado para detecção de nódulos pulmonares em malignos ou benignos.

Conclusão e Trabalhos Futuros

O diagnóstico de câncer de pulmão auxiliado por computador é um tema relevante atualmente, que contribui de forma significativa para um diagnóstico correto e em menor tempo. O diagnóstico precoce representa um considerável aumento na probabilidade de sobrevivência dos pacientes. O presente trabalho apresentou uma metodologia automática para classificação de nódulos pulmonares baseada na análise de textura, extraída com os índices de diversidade filogenéticos e classificado através de

múltiplos classificadores, com intuito de identificar a natureza dos nódulos pulmonares em maligno ou benigno, sendo, assim, uma segunda opinião para o especialista da área.

Os resultados obtidos confirmaram um bom desempenho das técnicas de extração de textura através dos índices apresentados, com uma taxa de acerto de 98,1%.

Para trabalhos futuros, serão desenvolvidos e implementados outros índices de diversidade filogenética utilizando técnicas de aprendizado de máquinas, visando obter maiores taxas de acertos para a classificação das regiões de interesse. Pretende-se utilizar outras bases de imagens para verificar a eficácia da metodologia para classificação de malignidade ou benignidade dos nódulos pulmonares.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Universidade Federal do Piauí (UFPI) e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Piauí (FAPEPI).

Referências

- [1] Instituto Nacional de Câncer – INCA. O que é o câncer. 2016 Fev [citado 2016 fev 22]. Disponível em: <http://www2.inca.gov.br/wps/wcm/connect/cancer/site/oquee>.
- [2] Sousa JRFS. Metodologia para detecção automática de nódulos pulmonares [Dissertação]. São Luís: Universidade Federal do Maranhão; 2011.
- [3] Helmus MR, Bland TJ, Williams CK, Ives AR. Phylogenetic measures of biodiversity. *American Naturalist*. 2007;169, E68-E83.
- [4] Webb C O. Exploring the phylogenetic structure of ecological communities: an example for rain forest trees. *The American Naturalist*. 2000;145-155.
- [5] Froner APP. Caracterização de nódulos pulmonares em imagens de tomografia computadorizada para fins de auxílio ao diagnóstico [Dissertação]. Porto Alegre: Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande Do Sul Faculdade de Engenharia Elétrica; 2015.
- [6] Orozco HM.; Villegas OOV.; Sanchez, VGC.; Dominguez, HDJO.; Alfaro, MDJN. Automated system for lung nodules classification based on wavelet feature descriptor and support vector machine. *BioMedical Engineering OnLine* 20; 14: 9.
- [7] Mukherjee J., Choudhury SA.K., Kolkata, IA. Chakrabarti SH. Shaikh, MK.. Automatic Detection and Classification of Solitary Pulmonary Nodules from Lung CT Images. *IEEE*. 2014;294-299.
- [8] Dandil, E.; Cakiroglu, M.; Eksi, Z.; Ozkan, M.; Kurt, O.; Canan, A. “Artificial neural network-based classification system for lung nodules on computed tomography scans”. *Soft Computing and Pattern Recognition (SoCPaR)*. 2014. 382-386.
- [9] Han, F. Guopeng Z; Huafeng W; Bowen S; Hongbing L; Dazhe Z; Hong Z ; Zhengrong L, et al. A texture feature analysis for diagnosis of pulmonary nodules using LIDC-IDRI database. *IEEE* 2013; 14-18.
- [10] Breiman, L. Random forests. *Machine learning*. 2001;1:5-32.
- [11] HAYKIN, Simon S. et al. *Neural networks and learning machines*. Upper Saddle River, NJ, USA:: Pearson, 2009.
- [12] Carvalho Filho AO. de. Detecção automática de nódulos pulmonares solitários usando quality threshold clustering e MVR [Dissertação]. São Luís: Universidade Federal do Maranhão; 2013.

- [13] Armato III SG., McLennan G., Bidaut L., McNitt-Gray M.F., Meyer C.R., Reeves A.P., Zhao B., Aberle D.R., Henschke C.I., Hoffman E.A., et al. The Lung Image Database Consortium (LIDC) and Image Database Resource Initiative (IDRI): a completed reference database of lung nodules on CT scans. *Med. Phys* 2011; 38:915-31.
- [14] CANCER IMAGING ARCHIVE. LIDC-IDRI. 2016 Fev. Disponível em: <https://wiki.cancerimagingarchive.net/display/Public/LIDC-IDRI>
- [15] Haralick, R. M.; Shanmugam, K.; Dinstein. Textural Features for Image Classification. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*. 1976; 3(6):610-21.
- [16] Magurran, AE. Measuring biological diversity. *African Journal of Aquatic Science*. 2004; 29(2):285-86.
- [17] Sousa US. Classificação de massas na mama a partir de imagens mamografias usando o índice de diversidade de shannon-wiener [Dissertação]. São Luís: Universidade Federal do Maranhão; 2011.
- [18] Oliveira FSS. Classificação de tecidos da mama em massa e não-massa usando índice de diversidade taxonômico e máquina de vetores de suporte [Dissertação]. São Luís: Universidade Federal do Maranhão; 2013.
- [19] Faith DP. Conservation evaluation and phylogenetic diversity. *Biol. Conserv*. 1992,61(1):1-10.
- [20] Mitchell TM. Machine learning. 1a ed. New York: McGraw Hill Higher Education; 1997.
- [21] Hall, M. Frank, E. Holmes, G. Pfahringer, B. Reutemann, P. Witten, I. H. The WEKA data mining software: an update. *ACM SIGKDD explorations newsletter*, v. 11, n. 1, p. 10-18, 2009.
- [22] Landis JR, Gary GK. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*;1977. 159-74.
- [23] Martinez EZ; Louzada NF; Pereira BB. A curva ROC para testes diagnósticos. *Cadernos Saúde Coletiva*;2003. 7-31.
- [24] Metz CE.ROC methodology in radiologic imaging. *Invest. Radiol*;196. 21(9): 720-33.

Contato

Otília de Sousa Santos¹

E-mail: otylyasousa@gmail.com

Telefone: (89) 99436 -2647

Thayane de O. Simões¹

E-mail: thayanesimoes19@gmail.com

Telefone:(89) 9911-0323

Laércio N. Mesquita¹

E-mail: laerciomesquita90@gmail.com

Telefone:(86) 9918 –6191

Antonio O. de Carvalho Filho¹

E-mail:antoniooseas@gmail.com

Telefone:(89) 99465–9693

Alcilene D. de Sousa¹

E-mail:alcileneluzsousa@gail.com

Telefone:(89) 99422–1033

Endereço¹: Campus Senador Helvídio
Nunes de Barros -Universidade Federal do
Piauí (UFPI), Av. Cícero Eduardo -Junco,
CEP64607675, Picos, PI, Brasil

SEGMENTAÇÃO DE CANDIDATOS A NÓDULO PULMONAR BASEADO EM TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA

Maura G. R. da Rocha¹, Willyams M. Saraiva¹, Patrícia M. L de L. Drumond¹, Antonio O. de Carvalho Filho¹, Alcilene D. de Sousa¹

¹Campus Senador Helvídio Nunes de Barros - Universidade Federal do Piauí (UFPI), Brasil

Resumo: O presente trabalho apresenta uma metodologia para segmentação automática de candidatos a nódulos pulmonares solitários usando Autômato Celular. A detecção precoce de nódulos pulmonares solitários que podem vir a se tornar câncer é essencial para sobrevivência dos pacientes. Para auxiliar os especialistas na identificação desses nódulos estão sendo desenvolvidos sistemas auxiliados por computadores que visam automatizar os trabalhos de detecção e classificação. A etapa de segmentação desempenha um papel fundamental na detecção automática de nódulos pulmonares, pois permite separar os elementos de imagem em regiões que apresentam a mesma propriedade ou característica. A metodologia utilizada nessa pesquisa inclui aquisição das imagens, eliminação de ruídos, segmentação do parênquima pulmonar e segmentação dos candidatos a nódulos pulmonares solitários. Os testes foram realizados utilizando conjunto de imagens da base LIDC-IDRI, contendo 739 nódulos. Os resultados mostram uma sensibilidade de 95,66% dos nódulos considerados.

Palavras-chave: Nódulo Pulmonar Solitário; Tomografia Computadorizada; Processamento de Imagem Assistida por Computador.

Abstract: The present work presents a methodology for automatic segmentation of pulmonary solitary nodules candidates using cellular automaton. Early detection of pulmonary solitary nodules that may become cancer is essential for survival of patients. To assist the experts in the identification of these nodules are being developed computer aided systems that aim to automate the work of detection and classification. The segmentation stage plays a key role in automatic detection of lung nodules, as it allows separating the image elements in regions, which have the same property or characteristic. The methodology used in the article includes acquisition of images, noise elimination, pulmonary parenchyma segmentation and segmentation of pulmonary solitary nodules candidates. The tests were conducted using set of images of the LIDC-IDRI base, containing 739 nodules. The test results show a sensitivity of 95.66% of the nodules.

Keywords: Solitary Pulmonary Nodule; Computed Tomography; Image Processing, Computer-Assisted.

Introdução

Câncer é o nome atribuído a um conjunto de mais de cem doenças, onde todas têm em comum o desenvolvimento desordenado das células que invadem tecidos e órgãos. O câncer de pulmão é um dos tipos de tumores malignos que ocorre com maior frequência. Essa doença está associada ao consumo de tabaco em 90% dos casos diagnosticados e tem uma taxa de crescimento anual de 2% em sua incidência no mundo todo¹.

O diagnóstico precoce ainda é a melhor maneira para reduzir a mortalidade e aumentar a eficácia do tratamento. A identificação desses nódulos é feita por um especialista mediante análise de imagens adquiridas através da Tomografia Computadorizada (TC) do tórax, pois fornece ao especialista informações precisas do tamanho, localizações e níveis de invasão do nódulo.

Existem casos em que os nódulos pulmonares podem ser de difícil detecção usando TC por possuírem baixa intensidade, tamanho pequeno, ou a localização do nódulo envolto em uma área de anatomia complexa. A fim de distinguir entre nódulos e vasos, os especialistas geralmente necessitam comparar imagens de TC para retirar os dados relevantes, assim a carga de trabalho para esse tipo de análise é extremamente exaustiva. Essa análise pode ocasionar o desvio da atenção, especialmente quando há outras anomalias na imagem simultaneamente².

Atualmente, estão sendo desenvolvidos sistemas para auxiliar os especialistas na detecção e no diagnóstico de Nódulos Pulmonares Solitários (NPS) de forma mais rápida e precisa. Os sistemas *Computer-Aided Detection* (CAD) são sistemas que ajudam a detecção de lesões e melhoram o fluxo de trabalho durante a avaliação dos estudos de segmentação. A segmentação é uma das principais etapas de processamento de imagem utilizadas no CAD, ela é responsável por fornecer as regiões de interesse da imagem na qual serão analisadas e classificadas como nódulo ou não-nódulo.

O processo de detecção automática de NPS contém algumas etapas como a segmentação, extração de características e classificação. Este trabalho apresenta uma metodologia para segmentação dos candidatos a NPS em imagens de TC do tórax usando Autômato Celular (AC).

Trabalhos Relacionados

Na literatura são encontrados diversos trabalhos voltados para a detecção automática de nódulos pulmonares. Em destaque encontra-se os seguintes:

Akram *et al.*³, desenvolveram um sistema de detecção automatizado de nódulos pulmonares baseado em redes neurais artificiais com base em características híbridas geométricas 2D e 3D, e características estatísticas de intensidade. O volume pulmonar foi segmentado através de limiarização, etiquetagem de componentes 3D, correção de contorno e operadores morfológicos. A extração dos candidatos a nódulos foi realizada usando por base as características de formação dos nódulos. As características geométricas 2D e 3D e de intensidade foram extraídas baseadas em características estatísticas e usadas para treinar uma rede neural, obtendo uma taxa de sensibilidade de 96,95% e uma taxa de acurácia de 96,68%.

Elsayed *et al.*⁴, apresentaram uma abordagem completa para a detecção automática e classificação de nódulos pulmonares através da aplicação de várias técnicas nas imagens de TC do tórax. Na etapa inicial foi realizada a segmentação usando técnicas de multisegmentação, seguindo por extração de nódulos e, por fim, a classificação das características extraídas. Posteriormente, foi o pré-processamento, no qual transformou os valores em *pixel* em unidades *Hounsfield*, e depois, aplicação de uma técnica de crescimento de regiões. Em seguida, foi realizado o processo de segmentação dos candidatos a nódulos pulmonares utilizando as metodologias *Thresholding* e *Hesse*. Por fim, foram utilizados vários classificadores para realizar a classificação dos nódulos, obtendo bons resultados nos métodos propostos.

Messay, Hardie e Tunistra⁵, desenvolveram um novo algoritmo de segmentação de nódulo pulmonar para TC. Esse algoritmo inclui um sistema totalmente automatizado, um sistema semiautomático e um sistema híbrido. A aplicação sequencial dos três algoritmos e o uso de uma rede neural de regressão para calcular uma série de características de cada candidato a nódulo pulmonar, permitiu melhorar os resultados da segmentação. Além disso, a comparação com outros dez métodos de segmentação existentes mostrou que este trabalho apresentou um melhor desempenho pela sobreposição média de 69,23%.

Vivanti *et al.*⁶, desenvolveram um algoritmo de segmentação automática de tumores pulmonares em exames de TC, obtidas durante o acompanhamento de pacientes. O processo de segmentação consiste em registrar a imagem TC de linha de base e a delimitação dos tumores com as imagens de acompanhamento, realizar a segmentação inicial dos tumores nas imagens de acompanhamento,

detectar e corrigir os vazamentos da segmentação dos tumores de acompanhamento, e regularizar o limite do tumor. Este algoritmo apresenta resultados significativos, como indicado pelo erro médio de sobreposição DICE de 14,5% e fornece medições relevantes para os tumores pulmonares.

Shen *et al.*⁷, propuseram um algoritmo de segmentação do pulmão sem parâmetro com o objetivo de melhorar a precisão da detecção de nódulos pulmonares, concentrando-se em nódulos justapleurais. Um método de codificação de cadeia bidirecional combinado com um classificador MVS foi usado para facilitar, minimizando o excesso de segmentação das regiões adjacentes. Este método automatizado foi testado em 233 imagens de TC do banco de imagens LIDC-IDRI. A abordagem obteve uma taxa de sensibilidade de 92,6%.

Wang, Cheng e Ge⁸, propuseram segmentação automática de nódulo pulmonar usando Variável modificada de filtro N *Quoit* (VNQ). Essa metodologia foi dividida em três etapas: segmentação do parênquima pulmonar, correção e suavização da fronteira pulmonar, e segmentação dos candidatos a nódulos pulmonares. Na etapa de segmentação do parênquima foi utilizado o algoritmo *Adaptive Border Marching* (ABM), os métodos de correções foram baseados no algoritmo de comprimento de arco e côncava-convexo, e a segmentação dos candidatos a nódulo pulmonar foi utilizado o VNQ. Os testes foram realizados em 10 exames de TC, obtendo bons resultados nos métodos propostos.

Setio *et al.*⁹, desenvolveram um novo sistema CAD para nódulos pulmonares, utilizando multi-*Convolutional Networks* (ConvNets), para os quais os recursos característicos são automaticamente aprendidos com os dados de treinamentos. A rede foi alimentada com os candidatos a nódulo obtidos através da combinação de três técnicas de segmentação de candidatos a nódulos pulmonares, especificamente para sólidos, subsolid e grandes nódulos. Para cada candidato, foi utilizado um conjunto de *patches* 2-D de plano orientados para realizar a extração. A arquitetura proposta compreende múltiplos fluxos de ConvNets 2-D, para o qual as saídas são combinadas usando um método de fusão dedicado para conseguir a classificação final. Em 888 imagens do conjunto de dados LIDC-IDRI, esse método atingiu alta sensibilidade de detecção de 85,4% e 90,1% em 1 e 4 falsos positivos por digitalização.

Tunali e Guvenis¹⁰, desenvolveram um algoritmo combinando dois métodos para segmentação de nódulo pulmonar em TC do tórax. Primeiro, um método de segmentação semiautomática é usado para localizar uma estimativa inicial do nódulo usando um esquema de limiar não fixa. Em seguida, os vasos e tecidos ligados ao segmento de nódulo são removidos usando um método de refinamento com base nas distâncias de geodesias, obtendo uma sensibilidade de 61%.

Em todos os trabalhos relacionados descritos nesta seção, são observados alguns problemas na etapa da segmentação dos candidatos a nódulos pulmonares, em especial quando se refere ao tamanho, localização e baixo contraste do nódulo. Neste trabalho é utilizado um novo método de segmentação com uma técnica mais simples, porém, eficiente para minimizar estes problemas.

Métodos

Os métodos propostos para segmentação de candidatos a NPS nos exames de TC compreende cinco etapas, sendo: a aquisição das imagens, eliminação de ruídos, segmentação do parênquima pulmonar, segmentação dos candidatos a nódulos e métrica de avaliação de resultados. Como o objetivo desse trabalho é a segmentação dos candidatos a nódulos pulmonares, foi utilizada a metodologia descrita por Moura *et al.*¹¹ para eliminação de ruídos e segmentação do parênquima pulmonar. A base de imagens utilizada é a LIDC-IDRI. A Figura 1 ilustra a ordem das cinco etapas que inicia com a aquisição das imagens e encerra com a métrica de avaliação dos resultados.

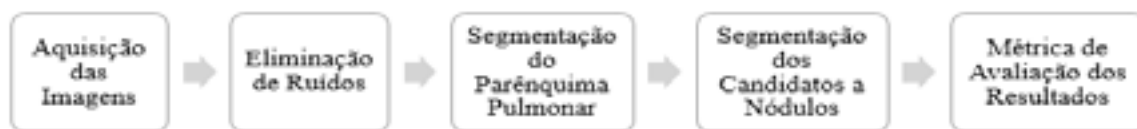


Figura 1: Etapas da metodologia para a segmentação de candidatos a nódulos pulmonares.

Segmentação é uma operação fundamental para aplicações de processamento de imagem, tendo como finalidade, determinar regiões homogêneas de *pixels* adjacentes em uma imagem que tenham características em comum. Estas características podem ser intensidade, cor, textura, entre outras¹².

Aquisição das Imagens - As imagens utilizadas para os testes são do banco imagens LIDC-IDRI (*Lung Image Database Consortium Image Collection*), um repositório público de imagens tomográficas, disponibilizado na *internet* pelo *National Cancer Institute of USA* (NCI). A base foi criada através de uma associação do *Lung Image Database Consortium* (LIDC) e a *Image Database Resource Initiative* (IDRI). Essa associação resultou em uma base 1018 casos, tendo como embasamento as informações e marcações da base LIDC. Cada exame da base possui informações e avaliações de quatro especialistas, que são disponibilizadas em um arquivo XML¹³.

A base LIDC-IDRI possui diversos tipos de nódulos. A base LIDC-IDRI fornece um contorno disponibilizado em um arquivo XML para os nódulos pulmonares maiores que 3 mm, enquanto que para aqueles menores que 3 mm, apenas o centroide é fornecido. Neste artigo foram utilizados nódulos maior ou igual a 3 mm.

Eliminação de Ruídos - Após a aquisição das imagens, o próximo passo é realizar um pré-processamento para eliminar o ruído que pode existir nestas imagens, o que facilita a detecção de nódulos. Utilizou-se a eliminação do ruído filtro de *wiener*.

O filtro de *wiener* é um método utilizado para restauração de imagens que realiza o filtro de suavização baseado o cálculo da média e variância na vizinhança de cada *pixel*.

Segmentação do Parênquima Pulmonar - A etapa de segmentação do parênquima pulmonar é necessária limiarizar a imagem filtrada, gerando uma imagem binária, como mostrado na Figura 2. O processo de limiarização consiste em separar as regiões de uma imagem usando um determinado limiar¹¹.



Figura 2: Imagem binária.

Fonte: Moura¹¹.

Primeiramente a imagem filtrada é binarizada utilizando o limiar 0,51. Depois é calculado o maior valor de intensidade de uma coluna central da imagem. Se esse valor for igual a 0, significa que a imagem não foi limiarizada corretamente. Então, a imagem filtrada é binarizada novamente utilizando o limiar 0,01. Assim, o limiar é definido de acordo com a imagem. A partir da imagem binária é obtida uma máscara como ilustrado na Figura 3(a). A máscara é gerada da seguinte forma: segmentando a caixa torácica, segmentando a região exterior a caixa torácica e aplicando a operação *not* nesta

imagem. Cada um desses passos gera uma nova imagem que é a entrada do passo seguinte. A operação *not* em uma imagem binária gera uma nova imagem atribuindo aos *pixels* cujo valor é igual a 1 o valor 0 e aos *pixels* cujo valor é igual 0 o valor 1¹¹.

A Figura 3(b) mostra a segmentação realizada com a máscara, eliminando a região exterior a caixa torácica. Essa imagem é então transformada em uma imagem binária e depois é invertida por meio da operação *not* gerando uma nova imagem. Em seguida é aplicado a operação *and* com essa imagem e a máscara, resultando em uma imagem segmentada do parênquima pulmonar. A operação *and* é aplicada a duas imagens binárias para gerar uma nova imagem contendo regiões comuns a essas duas imagens. Uma operação de fechamento utilizando um elemento estruturante circular com raio de dez unidades é feita para reconstruir o parênquima pulmonar como mostrado na Figura 3(c). O parênquima pulmonar é então obtido a partir desta imagem, conforme Figura 3(d)¹¹.

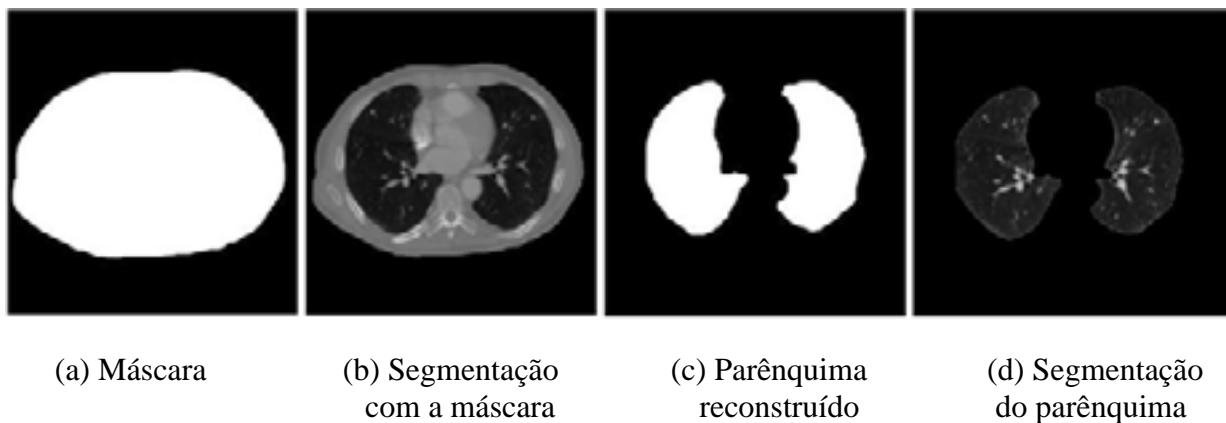


Figura 3: Resultado da segmentação do parênquima pulmonar.

Fonte: Moura¹¹

Segmentação dos Candidatos a Nódulos Pulmonares Solitários - Segmentação dos candidatos a NPS consiste em extrair as estruturas internas ao parênquima pulmonar. Estas estruturas podem ser nódulos, traqueia, vasos sanguíneos, entre outros. Para realizar a segmentação dos candidatos a NPS foi usado Autômato Celular (AC).

Os ACs são uma importante ferramenta computacional que começou a ser estudado no final da década de 40 pelo matemático John Von Neumann. Nessa época, o matemático Stanislaw Ulam sugeriu a Neumann a utilização dos ACs para a idealização de sistemas biológicos, dando maior ênfase para sistemas biológicos auto-reprodutivos. No entanto, os detalhes de sua construção e suas ideias foram publicados apenas após a sua morte em 1957.

Os ACs são modelos computacionais constituídos por uma matriz de células, onde cada célula (i, j) toma um valor v_{ij} e é atualizado o seu valor no decorrer do tempo t de acordo com uma dada regra $\rho(i, t)$. O estado v_{ij} de uma célula (i, j) é calculado em função das células na sua vizinhança.

Um dos ACs mais conhecido é o *game of life*, desenvolvido pelo matemático John Horton Conway em 1970. Ele simula o processo de evolução de células biológicas que representado por uma grade de células que podem estar em um de dois estados: vivas ou mortas. O que determina o estado de uma célula é a sua vizinhança ao redor, no caso 8 vizinhos¹⁶.

As regras deste autômato são as seguintes:

- Uma célula viva com um vizinho vivo ou nenhum vivo, morre por solidão.
- Uma célula viva com mais do que três vizinhos vivos, morre por superpopulação.
- Uma célula viva com 2 ou 3 vizinhos vivos, sobrevive no próximo instante.
- Uma célula morta com exatamente 3 vizinhos vivos, nasce.

A Figura 4(a) mostra o comportamento do *game of life* no instante $t = 0$ e as Figuras 4(b) e (c) mostram os instantes intermediários e a Figura 4(d) o instante em que o *game of life* se estabiliza, ou seja, as estruturas que se formam no AC não sofrem modificações com o passar do tempo.

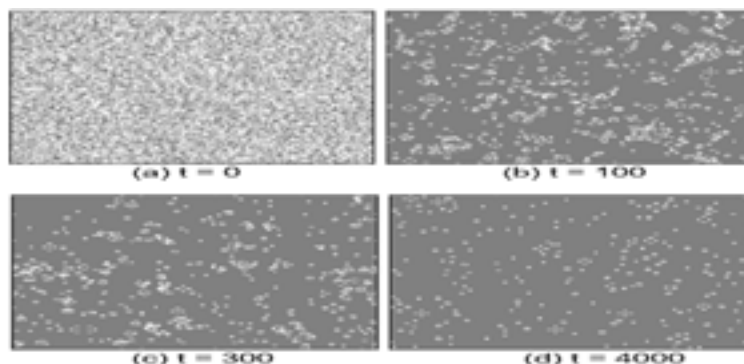


Figura 4: Evolução do *game of life*.

Fonte: Melotti¹⁴.

Na Figura 4 a cor cinza representa uma célula morta e cor branca nesta mesma Figura representa uma célula viva. O *game of life* foi simulado em uma matriz 200×200 com limite periódico, “lattice” quadrado e condição inicial aleatória.

A segmentação dos candidatos a NPS usando a metodologia AC é feita a partir da imagem do parênquima pulmonar segmentado como se observa na Figura 5(a). Inicialmente para segmentar os candidatos a NPS em uma imagem, os *pixels* da imagem que têm intensidade semelhante do parênquima pulmonar passam a representar o estado morto (cor preta) e os *pixels* de intensidade diferentes do parênquima o estado vivo (cor branca), formando assim uma imagem com apenas dois estados como mostra a Figura 5(b). Com base na metodologia AC os valores dos *pixels* evoluem de acordo com os comportamentos dos seus *pixels* vizinhos. Dessa forma, o *pixel* que possuir mais de dois vizinhos e menos de oito vizinhos no estado vivo, seu *pixel* central passa ter o estado vivo, independentemente de seu estado anterior; caso contrário o *pixel* central se transformar em estado morto como ilustrado na Figura 5(c). Depois da segmentação resulta apenas os candidatos a NPS, ficando no estado vivo. E por fim, os possíveis nódulos são destacados com a cor vermelha, pode-se ver na Figura 5(d).

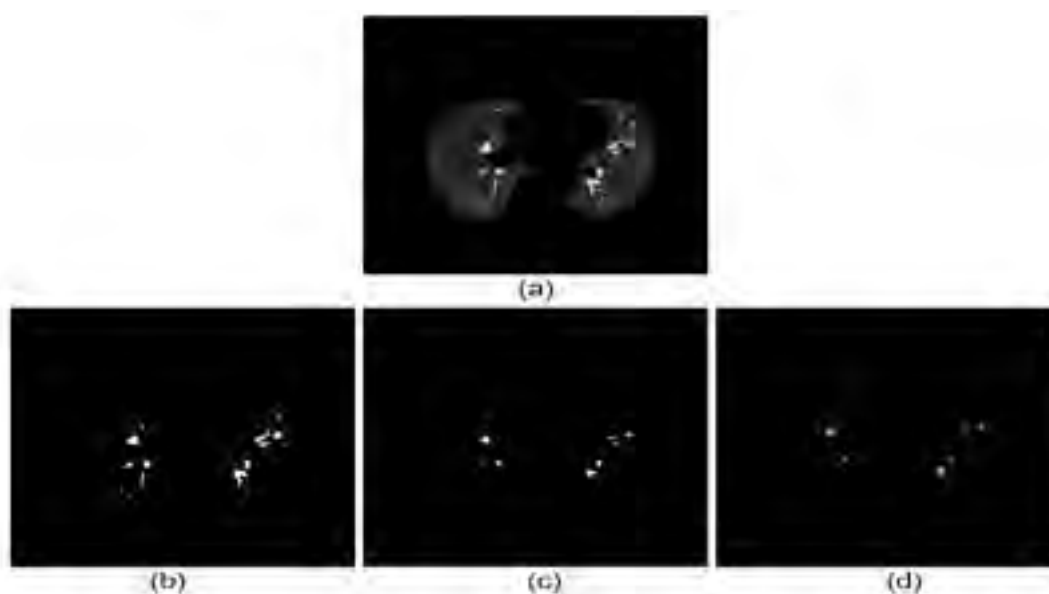


Figura 5: Resultado da segmentação dos candidatos a nódulos pulmonares.

Métrica de avaliação dos resultados - A base LIDC-IDRI é composta por exames, no qual cada exame possui um arquivo XML em que são armazenadas as informações das coordenadas do contorno dos nódulos e as fatias que compõem esses nódulos. Nas marcações do arquivo XML de cada fatia são indicadas as posições x e y que representam a localização do nódulo naquela fatia. Desta forma, é possível identificar em qual região da imagem de TC está localizado o nódulo pulmonar.

Conhecendo a localização exata do nódulo em determinada fatia, o teste consiste em aplicar o método de segmentação nesta imagem e verificar se dentre as regiões segmentadas alguma aparece com as mesmas coordenadas (x, y) que representa o nódulo na imagem original. Em seguida são verificados quantos nódulos o método conseguiu segmentar com sucesso e assim obtém-se a taxa de sensibilidade.

Resultados e Discussão

Nesta seção, descrevem-se e discutem-se os resultados obtidos pela metodologia proposta para segmentação de nódulos pulmonares usando AC.

A metodologia foi testada com 607 fatias de TC provenientes do banco de imagens LIDC-IDRI, contendo 739 nódulos. Os testes mostraram que o algoritmo segmentou 707 nódulos com sucesso e perdeu 32, ou seja, obteve uma taxa de sensibilidade de 95,66% na detecção dos NPS. A taxa de erros foi de 4,34% devido os nódulos apresentarem um nível de intensidade muito próximo ao do parênquima pulmonar.

A Figura 6 mostra três casos de acerto em que os nódulos marcados pelos especialistas com tamanhos e localizações diferentes no pulmão foram encontrados dentre os candidatos a nódulos. A Figura 6(a) são as imagens de exame de TC com as indicações dos nódulos e a Figura 6(b) são as imagens geradas pelo algoritmo contendo os candidatos a nódulos. Os nódulos são indicados por um círculo azul.

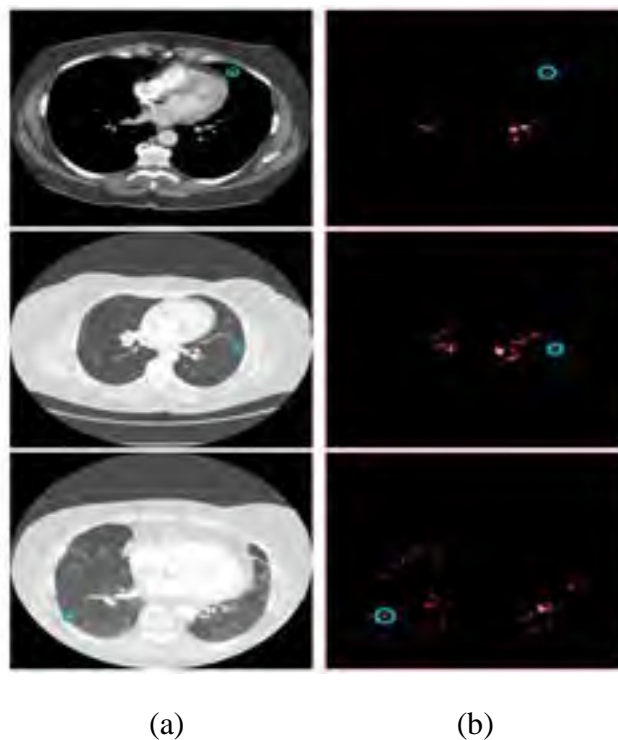


Figura 6: Imagens com indicações correta do nódulo pulmonar.

A Figura 7 mostra três casos de erros em que os nódulos marcados pelos especialistas não foram encontrados dentre os candidatos a nódulos por apresentar um nível de intensidade muito próximo ao do parênquima pulmonar. A Figura 7(a) são as imagens de exame de TC com as indicações dos nódulos e a Figura 7(b) são as imagens geradas pelo algoritmo contendo os candidatos a nódulos, entre os quais os nódulos marcados pelos especialistas não foram localizados.

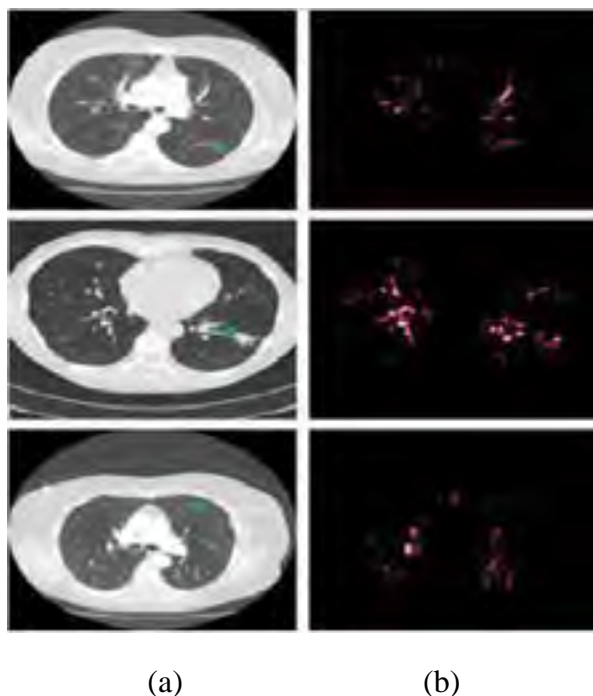


Figura 7: Imagens em que os nódulos não foram encontrados.

Os testes foram realizados em um computador com o processador *Intel (R) core (TM) i3-3217U* de 1.80 GHz, 64 Bits e 4 GB de RAM. O tempo médio de execução em segundos que o algoritmo levou para segmentar os possíveis candidatos a NPS em uma fatia foi de 2,56563 segundos. O tempo médio de execução foi calculado tomando como base um conjunto de 607 fatias.

A Tabela 1 apresenta os resultados encontrados pela metodologia proposta em comparação com outros trabalhos na etapa de detecção de nódulos pulmonares. A comparação é aproximativa, já que foram utilizadas quantidades e imagens diferentes.

Tabela 1: Comparação dos resultados.

Trabalho	Base	Quantidade de exames/fatias	Sensibilidade
Akram <i>et al</i> ³	*	*	96,95%
Elsayed <i>et al</i> ⁴	LIDC-IDRI	*	*
Messay, Hardie e Tunistra ⁵	LIDC-IDRI	*	69,23%
Vivanti <i>et al</i> ⁶	*	*	85,5%
Shen <i>et al</i> ⁷	LIDC-IDRI	233 (fatias)	92,6%.
Wang, Cheng e Ge ⁸	LIDC-IDRI	10 (exames)	*
Setio <i>et al</i> ⁹	LIDC-IDRI	888 (fatias)	90,4%
Tunali e Guvenis ¹⁰	*	*	61%
Trabalho proposto	LIDC-IDRI	607 (fatias)	95,66%

Na tabela 1, observa-se que a metodologia proposta apresentou resultados relevantes em relação aos trabalhos citados, com exceção do trabalho de Akram *et al*³ que apresenta a taxa de sensibilidade superior o trabalho proposto. Já em relação aos trabalhos de Elsayed *et al*⁴ e Wang, Cheng e Ge⁸ não foi possível fazer uma comparação mais aproximada, pois autores não mencionam as métricas de avaliação.

Conclusão

Os elevados índices de mortes e registros de ocorrências de câncer de pulmão no Brasil e no mundo demonstram a importância do desenvolvimento de pesquisas com objetivo de produzir recursos para a detecção precoce de nódulo pulmonar.

Este trabalho apresentou uma metodologia para segmentação de candidato a NPS usando AC em imagens de TC com uma abordagem dividida em cinco etapas. A metodologia tem como entrada uma imagem de TC e a partir dela gera uma imagem contendo as regiões segmentadas que correspondem aos candidatos a nódulos. No conjunto de teste composto por 739 nódulos de TC, obteve uma taxa de sensibilidade de 95,66% dos nódulos considerados. Em alguns casos, não foi possível localizar os nódulos devido ao nível de intensidade ser semelhante ao do parênquima pulmonar. Entretanto, os resultados obtidos demonstram o desempenho promissor.

A vantagem desta metodologia sobre outros métodos de segmentação de candidatos a nódulos, é a facilidade de implementação, devido a menor complexidade o que resulta em uma execução mais rápida. Além de ser simples, o método proposto fornece bons resultados de segmentação comprovado pela porcentagem dos nódulos segmentados nos experimentos.

Referências

- [1] Instituto Nacional de Câncer - INCA. O que é o câncer. Disponível em: <<http://www2.inca.gov.br/wps/wcm/connect/cancer/site/oquee>>. Acesso em 22 fev. 2016.
- [2] Filho AOC, Silva AC, Paiva AC, Nunes RA. Segmentação de Nódulo Pulmonar Solitário Usando Quality Trheshold Cluste. Núcleo de Computação Aplicada – NCA / Universidade Federal do Maranhão; 2014.p.1-5.
- [3] Akram S, Javed Y, Qamar U, Khanum A, Hassan A. Artificial Neural Network based Classification of Lungs Nodule using Hybrid Features from Computerized Tomographic Images. Applied Mathematics & Information Sciencesb, 2014.
- [4] Elsayed O, Mahar K, Kholief M, Khater HA. Automatic detection of the pulmonary nodules from CT images. IEE SAI Intelligent Systems Conference (IntelliSys); 2015. p. 742-746.
- [5] Messay T, Hardie RC, Tuinstra TR. Segmentation of pulmonary nodules in computed tomography using a regression neural network approach and its application to the Lung Image Database Consortium and Image Database Resource Initiative dataset. Medical Image Analysis; 2015. P.48-62.
- [6] Vivanti R, Joskowicz L, Karaaslan OA, Sosna J. Automatic lung tumor segmentation with leaks removal in follow-up CT studies. Int J CARS, 2015.
- [7] Shen S, Bui AAT, Cong J, Hsu W. An automated lung segmentation approach using bidirectional chain codes to improve nodule detection accuracy. Computers in Biology Medicine 57; 2015. p. 139-149.
- [8] Wang J, Cheng Y, Ge Q. Pulmonary Nodule Segmentation with Modified Variable N-Quoit Filter Combining Border Smoothing and Correction. IEEE Intelligent Human-Machine Systems and Cybernetics (IHMSC); 2015. p. 374-377.

- [9] Setio AAA, Ciompi F, Litjens P, Jacobs C, Riel S, Wille MW, Sanchez C, Ginneken. Pulmonary nodule detection in CT images: false positive reduction using multi-view convolutional networks. *IEEE Transactions on Medical Imaging*; 2016.p.1.
- [10] Tunali I, Guvenis A. A fusion method for pulmonary nodule segmentation in chest CT image sets”, *IEEE-EMBS International Conference on Biomedical and Health Informatics (BHI)*, 2016. p. 180 – 183.
- [11] Moura MJC, Sousa AD, Oliveira IA, Mesquita LN; Drumond PMLL. Segmentação Automática de Candidatos a Nódulos Pulmonares em Imagens de Tomografia Computadorizada. Campus Senador Helvídio Nunes de Barros – Universidade do Piauí (UFPI); 2015. p. 1-10.
- [12] Bovik AC. *Handbook of image and vídeo processing (Communications, Networking na Multimedia)*. Academic Press, Inc, 2005.
- [13] Armato III SG, McLennan g, Bidaut L, McNitt-Gray MF, Meyer CR, Reeves AP, *et al.* The Lung Image Database Consortium (LIDC) and Image Database Resource Initiative (IDRI): a completed reference database of lung nodule on CT scans. *Med. Phys.* 38; 2011.p. 915-931.
- [14] Melotti G. *Aplicação de Autômatos Celulares em Sistemas Complexo: Um Estudo de Caso em Espalhamento de Epidemias*. Dissertação (Mestrado) – UFMG; 2009.

Contato

Maura G. R. da Rocha

E-mail: mauragessicah@hotmail.com

Telefone: (89) 99418 - 9741

Willyams M. Saraiva

E-mail: willyamsp2@gmail.com

Telefone: (86) 9998 - 2030

Patrícia M. L. de L. Drumond1

E-mail: patymedy@hotmail.com

Telefone: (86) 999422 – 3484

Antonio O. de Carvalho Filho

E-mail: antoniooseas@gmail.com

Telefone: (89) 99465 – 9693

Alcilene D. de Sousa

E-mail: alcileneluzsousa@gail.com

Telefone: (89) 99422 – 1033

Endereço: Campus Senador Helvídio Nunes de Barros - Universidade Federal do Piauí (UFPI), Av. Cícero Eduardo - Junco, CEP 64607675, Picos, PI, Brasil

TECNOLOGIA MÓVEL PARA A GESTÃO DA SAÚDE DE IDOSOS: REVISÃO DA LITERATURA

Marina Soares Bernardes¹, Jéssica da Costa Valdrighi², Jussara Pereira³, Luana Barreto Domingos⁴,
Carla da Silva Santana⁵

¹PPG Interunidades em Bioengenharia EESC/FMRP/IQSC- Universidade de São Paulo

² Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto – Universidade de São Paulo

³ Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto – Universidade de São Paulo

⁴ Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto/Faculdade de Filosofia Ciências e Letras de Ribeirão
Preto – Universidade de São Paulo

⁵ Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto – Universidade de São Paulo

Resumo: Este estudo tem como objetivo identificar como a telefonia móvel tem sido utilizada no gerenciamento da saúde de idosos. Método: Realizada revisão sistemática da literatura nas bases de dados PubMed, Cinhal e BVS. Resultados: Foram encontrados sete estudos desenvolvidos especificamente com a população idosa, os quais abordavam a adesão ao tratamento através do uso da tecnologia em doenças comuns na velhice, tais como insuficiência cardíaca, Parkinson, Alzheimer e doenças reumatológicas. Os achados apontam este recurso como viável, tendo aumentado a adesão ao tratamento e com boa aceitação pelos usuários. A investigação sobre a temática é recente e, apesar dos bons resultados, poucas pesquisas tem sido desenvolvidas com o foco nesta população.

Palavras-chave: Telefones celulares; Adesão à medicação; Idoso; Doença crônica.

Abstract: *This study aims to identify how the mobile phone has been used in managing the health of the elderly. Method: Conducted systematic review of the literature in the databases PubMed, Cinhal and BVS. Results: We found seven studies specifically developed with the elderly population, which addressed the compliance through the use of technology in common diseases in old age, such as heart failure, Parkinson's, Alzheimer's and rheumatologic diseases. The findings point to this as viable resource, increasing adherence to treatment, with good acceptance by users. Research on the subject is recent and, despite the good results, little research has been developed with the focus on this population.*

Keywords: *Cell Phones; Medication Adherence; Elderly; Chronic Disease.*

Introdução

Diante dos desafios impostos à gestão da saúde, principalmente dado ao fato do envelhecimento da população brasileira, quando há um aumento de idosos que demandam o gerenciamento de doenças crônicas e de condição de polifarmácia comuns nesta população, faz-se importante que os sujeitos sejam capazes de gerenciar sua saúde de maneira autônoma e correta. Isto implica no desenvolvimento de novas estratégias, tais como o uso crescente da Tecnologia de Informação e Comunicação (TIC) para este fim¹.

O boom tecnológico ocorrido no Brasil a partir da década de 90 permitiu o desenvolvimento de equipamentos que facilitaram e mudaram drasticamente a maneira como a sociedade realiza suas tarefas no cotidiano, inclusive no cuidado à saúde, visando melhor gestão das doenças e do tratamento. A propagação

exponencial da tecnologia móvel e da internet, por exemplo, oferece um meio de comunicação rápido e eficaz, além de informações importantes para o desenvolvimento de habilidades para o autocuidado².

Atualmente é possível encontrar uma variedade de aplicativos (apps) gratuitos para celular que visam facilitar a administração medicamentosa, o monitoramento domiciliar da saúde, à prática de exercícios físicos, alimentação saudável, entre outros, fazendo com que as TIC se tornem cada dia mais um recurso com potencial inovador para impactar positivamente a gestão das condições crônicas de saúde no domicílio¹.

Devido ao aumento no número de idosos com doenças crônicas surge também o aumento do uso de vários medicamentos concomitantes e a dificuldade de adesão ao tratamento, sendo a polifarmácia a responsável por 40% das admissões hospitalares de idosos³. Esse é um fator que exige intervenção a fim de alcançar um maior controle sobre a doença e, por consequência, reduzir a incidência de possíveis complicações, obtendo uma melhora na qualidade de vida dos idosos. Logo, auxiliar no uso correto de medicamento diminui os riscos da polifarmácia, melhora a adesão ao tratamento e aumenta a segurança, trazendo a compreensão da necessidade de seguir corretamente a prescrição para a preservação da autonomia e independência funcional na velhice⁴.

Assim, considerando o envelhecimento acelerado da população mundial, a alta prevalência de doenças crônicas e a possibilidade do uso da tecnologia móvel como ferramenta para a gestão da saúde, o objetivo deste estudo foi identificar na literatura científica como a telefonia móvel tem sido utilizada como recurso para acompanhamento das condições crônicas de saúde de idosos.

Métodos

Foi realizada revisão sistemática da literatura em maio de 2016 nas bases de dados PubMed, CINAHL e BVS. Não houve restrição de período na busca e foram utilizadas como descritores as palavras: “cell phones” OR “smartphone” OR “mobile phone” AND “medication adherence”.

Foram encontrados 664 na CINAHL, 300 artigos na base de dados PubMed e 197 artigos na BVS, somando um total de 1.161 artigos.

Foram incluídos os artigos nos idiomas português, espanhol e inglês e que abordam o uso do telefone celular como recurso no acompanhamento da saúde de idosos. Foram excluídos os estudos não concluídos e os que não apresentavam o resumo disponível para leitura.

Resultados

Quanto aos artigos excluídos:



Figura 1. Artigos excluídos do estudo segundo os critérios estabelecidos

Quanto ao uso do telefone celular para a gestão da saúde:

Dos 488 estudos, 144 abordavam o tratamento do HIV e adesão à terapia antirretroviral; 46 o manejo do diabetes; 28 doenças psiquiátricas; 23 doenças cardíacas; 18 hipertensão arterial; 13 adesão ao tratamento da asma; 12 tuberculose; 11 desenvolvimento de produtos e serviços e 10 câncer.

Os demais artigos abordavam a adesão ao tratamento da malária, transplante de rim, anemia falciforme, epilepsia, uso de contraceptivo, abuso de álcool, tabaco e drogas, depressão, glaucoma, psoríase, lúpus, dermatite, fibrose cística, transplante de fígado, doença crônica, Acidente Vascular Encefálico, doença inflamatória intestinal, tratamento paliativo, espinha bífida, vacinas pediátricas, ingestão dietética, pós-parto, controle nutricional, deficiência visual, doença pulmonar obstrutiva crônica, lesão medular e deficiência visual.

Apenas sete artigos abordavam especificamente o uso do telefone celular para gestão da saúde de idosos. Os dados destes estudos podem ser observados na tabela a seguir.

Tabela 1. Descrição dos artigos que abordam a utilização da tecnologia móvel para a gestão da saúde por idosos.

Título e ano	Tipo de estudo	Objetivo	Metodologia	Principais resultados
Randomized controlled feasibility trial of two telemedicine medication reminder systems for older adults with heart failure. (GOLDSTEIN, CM et. al. 2014) ⁵	Descritivo, transversal e experimental.	Melhorar a adesão medicamentosa de idosos com insuficiência cardíaca através do uso de uma caixa de comprimidos (<i>pillbox</i>) eletrônica e um aplicativo para <i>smartphone</i> .	Os idosos foram divididos em 04 grupos: <i>pillbox</i> silenciosa, <i>pillbox</i> com aviso, <i>smartphone</i> silencioso, <i>smartphone</i> com aviso. Foi examinada a adesão de 04 medicamentos ao longo de 28 dias.	A taxa de adesão global foi de 78%. Os idosos que utilizaram o <i>pillbox</i> aderiram 80%, enquanto que os usuários do <i>smartphone</i> aderiram 76% do tempo. O sistema de lembrete não se mostrou eficiente para melhorar a adesão ao tratamento medicamentoso.
Technological preferences of aging cancer patients for delivery services and devices to solve drug-related problems in oncology. (YAP, K.Y.; CHIA, Y.; CHAN, A. 2014) ⁶	Estudo transversal	Identificar as preferências tecnológicas de idosos com câncer para facilitar o gerenciamento de problemas com a medicação, tais como: não adesão, falta de conhecimento sobre os medicamentos e manejo dos efeitos colaterais.	Pesquisa realizada durante 04 meses em um centro oncológico. Os serviços oferecidos foram: lembrete de voz, mensagem eletrônica (SMS), serviço de assistência e aplicativos para celulares. Três dispositivos foram propostos: bracelete, relógio e celular.	Pacientes de meia idade e idosos em tratamento oncológico apresentaram boa aceitação dos serviços de lembrete para ajudá-los com a medicação. Houve maior preferência para os lembretes de voz e pelo telefone celular como dispositivo de uso.

<p>A Mobile/Web App for Long Distance Caregivers of Older Adults: Functional Requirements and Design Implications from a User Centered Design Process (WILLIAMSON, S. S.; GORMAN, P. N.; JIMISON, H. B. 2014)⁷</p>	<p>Qualitativo e exploratório.</p>	<p>Identificar as necessidades dos cuidadores de idosos para o desenvolvimento de uma plataforma de gestão de saúde móvel para membros distantes da família no cuidado de adultos mais velhos (web-cuidador 2.0).</p>	<p>Entrevista semiestruturada via videoconferência realizada com 10 cuidadores de idosos, utilizando algoritmos de criptografia e slideshow para demonstrar os comportamentos e criar interface entre usuário e tecnologia.</p>	<p>As necessidades relatadas foram: regime de medicação, calendário, saúde cognitiva, chamadas de vídeo, acompanhamento de sono, rastreamento de exercício físico, acesso aos registros médicos, comunicação assíncrona, compartilhamento de fotos, recursos de saúde em linha, monitoramento em tempo real, um resumo geral de bem-estar, e orientação e feedback sobre os cuidados que prestam. O estudo mostra um elevado nível de aceitação por parte dos cuidadores para acessar regulamente a plataforma e metade indicou o desejo de que isto fosse realizado a partir do smartphone.</p>
<p>Medication Reminder Service for Mobile Phones: An Open Feasibility Study in Patients with Parkinson's Disease (KARANEN, T.; LIIKKANEN, S. 2013)⁸</p>	<p>Estudo transversal</p>	<p>Avaliar o uso de mensagem de texto (SMS) para melhoria da adesão ao tratamento, bem como diminuição de erros de medicação em idosos com Doença de Parkinson avançada.</p>	<p>Cinquenta pacientes com Doença de Parkinson avançada fazendo uso de levedopa pelo menos quatro vezes ao dia foram selecionados para receber lembretes via SMS quanto à medicação por um período de quatro semanas.</p>	<p>O sistema de SMS para lembrete de medicação mostrou-se viável e eficaz para adesão ao tratamento de pacientes com doença de Parkinson avançada; 91% dos pacientes consideraram que o sistema de lembrete via SMS era muito útil e cerca de 80% dessa população continuou usando o sistema após o término do estudo.</p>
<p>Suitability of an electronic reminder device for measuring drug adherence in elderly patients with complex medication (HARBIG, P.; BARAT, I.; DAMSGAARD, E. M. 2012)⁹</p>	<p>Descritivo, transversal e experimental.</p>	<p>Avaliar um dispositivo de aviso eletrônico para a detecção de não-adesão ao tratamento em pacientes idosos com esquemas terapêuticos complexos.</p>	<p>Os pacientes receberam um dispositivo de lembrete eletrônico e foram visitados três vezes ao longo de um período de um ano por uma enfermeira que contava seu fornecimento de medicamentos. Comparou-se a adesão medida pelo dispositivo eletrônico com a adesão real medido pela contagem de comprimidos.</p>	<p>A aderência medida pelo sistema de lembrete eletrônico foi de 79% contra 92% pela contagem de comprimidos. A adesão eletrônica teve diferença relacionada ao horário do medicamento a ser tomado (manhã/noite). O estudo aponta que o dispositivo eletrônico é menos confiável, mas que pode ser utilizado como complemento para a identificação da adesão.</p>

Not 2 old 2 TXT: there is potential to use email and SMS text message healthcare reminders for rheumatology patients up to 65 years old (HUGHES, L. D.; DONE, J.; YOUNG, A. 2011) ¹⁰	Descritivo, transversal e experimental.	Analisar a viabilidade de um serviço de mensagens curtas (SMS) e de e-mail como lembretes para melhorar a adesão à consultas e medicação de idosos.	Uma pesquisa de viabilidade foi realizada com 112 idosos para determinar o uso atual da internet, e-mail e SMS e sua vontade de receber lembretes eletrônicos para auxiliar na adesão a consultas e medicação.	Os idosos têm utilizado as TIC's amplamente no cotidiano. Dentre os entrevistados, 44% referem que gostariam de receber SMS para lembrar-se de compromissos (consultas) e 25% o lembrete de medicação. Segundo os autores esta seria uma estratégia viável já que não necessitaria de treinamento extensivo para o uso deste recurso.
Using a screening tool to evaluate potential use of e-health services for older people with and without cognitive impairment. (MALINOWSKY, C.; NYGARD, L.; KOTTORP, A. 2014) ¹¹	Descritivo, transversal e experimental.	Investigar a utilização das novas tecnologias para melhorar a saúde de idosos com comprometimento Cognitivo Leve (MCI) e doença de Alzheimer leve (AD).	Participaram idosos, compreendendo três sub-amostras: adultos com MCI, AD e grupo controle utilizando o Everyday Technology Use Questionnaire (ETUQ).	Os idosos com AD e MCI tiveram menor acesso à tecnologia quando comparados ao grupo controle. Os participantes sem comprometimento cognitivo referem que utilizariam as tecnologias para o cuidado à saúde.

Discussão

Foram encontrados diversos estudos que utilizam a tecnologia móvel para o acompanhamento da saúde. Contudo, poucos abordam o uso destes recursos para a população idosa.

Os artigos selecionados são recentes e foram desenvolvidos entre os anos de 2011 e 2014. De maneira geral, a adoção destes equipamentos para a gestão das condições de saúde ainda é incipiente para adultos e jovens e, por conseguinte, para os idosos também.

Atualmente existem diferentes dispositivos tecnológicos que podem ser utilizados como recurso para facilitar o manejo da saúde e adesão ao tratamento, tais como *pillboxes* eletrônicos, aplicativos para smartphones, lembretes de voz, lembretes por mensagem de texto (SMS), serviços de *m-helath*, *telecare*, entre outros. Diante desta diversidade, é preciso escolher adequadamente o serviço que irá suprir as demandas do usuário, levando em consideração a quantidade de medicamentos consumidos, horários de administração, posologia, entre outros. Isto irá permitir maior motivação para uso do recurso.

No estudo de Goldstein e colaboradores⁵, apesar dos dados apontarem que a adesão à medicação entre os usuários do *pillbox eletrônico* foi ligeiramente maior que entre os usuários do *smartphone*, os idosos referem preferir o uso do telefone celular como recurso para auxiliar na administração medicamentosa.

O mesmo pode ser observado no estudo desenvolvido por Yap et al⁶, em que pacientes idosos em tratamento oncológico referiram preferir o uso do smartphone e dos lembretes de voz ao uso do bracelete ou relógio. Talvez isto esteja relacionado à maior familiaridade de uso deste dispositivo no cotidiano enquanto recurso para comunicação e lazer. Além disso, os demais equipamentos podem de alguma forma colocar em evidência a dificuldade/dependência do sujeito para realizar corretamente o gerenciamento de sua saúde.

O uso do SMS mostrou-se eficaz para um grupo de idosos com Doença de Parkinson. O sistema de mensagens de textos que alertava quanto ao uso do medicamento levodopa foi considerado viável

e fácil de ser utilizado, tendo sido reconhecido positivamente por 91% de seus usuários, mesmo em estágios avançados da doença. Isto é um dado importante visto que o avançar da doença culmina em um regime medicamentoso complexo, o que diminui consideravelmente a adesão ao tratamento⁸, fazendo-se necessária a criação de estratégias que facilitem a tarefa.

A tecnologia móvel para o gerenciamento da saúde pode ser utilizada não somente pelos idosos, mas também por seus cuidadores. O estudo de Willianson et al⁷ mostra que os cuidadores de idosos são receptivos quanto ao uso de uma plataforma móvel que possa orientar as ações de cuidado através de informações educativas, sendo que metade dos participantes externaram o desejo de que isto fosse realizado via smartphone. De fato, o uso do telefone celular é bastante comum no dia a dia e esta interface poderia facilitar o acesso à plataforma e garantir um cuidado mais seguro e orientado.

É necessário, porém, atentar-se à realidade do Brasil, onde o boom tecnológico aconteceu há pouco tempo e os idosos ainda são a parcela da população mais excluída na era digital. O estudo de Hughes et al¹⁰ desenvolvido no Reino Unido, sugere que o uso de mensagens de texto e e-mail seriam convenientes como lembretes de consultas e medicações, destacando que o uso deste recurso seria facilitado por não exigir treinamento extensivo de seus usuários, uma vez que os idosos já fazem amplo uso das tecnologias no cotidiano.

No Brasil a realidade é diferente e os idosos têm sofrido algumas restrições com o advento da tecnologia na medida em que apresentam dificuldades para entender e interagir com esses equipamentos que estão presentes na realização das mais variadas tarefas cotidianas como, operar eletrodomésticos, celulares e caixas eletrônicos¹². De modo geral este cenário vem sendo modificado já que estes dispositivos estão sendo progressivamente incorporados às atividades relacionadas à comunicação, entretenimento e lazer. Isto é importante uma vez que esta é a população que mais consome medicamentos, tem um gerenciamento complexo da saúde a ser realizado e pode ser beneficiada pelos facilitadores que a tecnologia oferece no âmbito da gestão das condições crônicas.

Observa-se que os estudos de Goldstein et al (2014)⁴, Yap et al (2011)⁵, Karanen et al (2013)⁷ e Malinowsky et al (2014)¹⁰ abordam a adesão ao tratamento através da tecnologia móvel em doenças comuns na velhice, como Parkinson, Alzheimer e doenças cardíacas sendo que a maioria aponta para a tecnologia como um recurso viável para este fim, tendo aumentado a adesão ao tratamento nas amostras com boa aceitação por seus usuários.

Muitos fatores contribuem para diminuir o conhecimento e adesão do idoso ao tratamento medicamentoso, incluindo a dificuldade para recordar informações previamente apresentadas, a existência de duas ou mais doenças crônicas concomitantes e a falta de um cuidador que auxilie na tarefa¹³.

Assim, novos estudos incluindo adultos mais velhos precisam ser desenvolvidos no intuito de incorporar e aperfeiçoar o uso das novas tecnologias para a gestão da saúde desta parcela da população. Este é um tema recente e que merece atenção a fim de diminuir os riscos advindos da polimedicação e da não adesão ao tratamento, visando à melhoria da qualidade de vida na velhice e ampliando os recursos para o manejo das doenças crônicas pelos profissionais da saúde.

Conclusão

Após o levantamento nas bases de dados notou-se que o estudo sobre este tema é recente e que poucas pesquisas foram desenvolvidas na abordagem da incorporação e eficácia do recurso, das dificuldades relativas ao uso do dispositivo pelos usuários, familiares, cuidadores e profissionais envolvidos, além dos aspectos que concernem aos aplicativos propriamente ditos. Apesar disto, os estudos apontam para a melhora na adesão ao tratamento medicamentoso e boa aceitação da tecnologia como recurso para se obter melhores resultados na gestão da saúde de idosos. Sugere-se que a ampliação dos estudos nesta temática poderia incrementar o leque de recursos terapêuticos no manejo das condições crônicas do idoso.

Referências

- [1] Hamine S, Gerth-Guyette E, Faulx D, Green BB, Ginsburg AS. Impact of mHealth chronic disease management on treatment adherence and patient outcomes: a systematic review. *J Med Internet Res*. 2015 Feb; 17(2):e52.
- [2] Kwan, A. Using Mobile Technologies for Healthier Aging. United Nations Foundation. mHealth Alliance. [Internet]. 2014. Available from: http://www.mhealthknowledge.org/sites/default/files/16_mhealth-and-aging-report.pdf [updated 2016 May 30].
- [3] Rozenfeld S, Fonseca, MJ, Acurcio FA. Drug utilization and polypharmacy among the elderly: a survey in Rio de Janeiro City, Brazil. *Rev Panam Salud Publica*. 2008; 23(1):34-43.
- [4] Vieira LB, Cassiani SHB. Avaliação da Adesão Medicamentosa de Pacientes Idosos Hipertensos em Uso de Polifarmácia. *Rev Bras Cardiol*. 2014;27(3):195-202.
- [5] Goldstein CM, Gathright EC, Dolansky MA, Gunstad J, Sterns A, Redle JD, Josephson R, Hughes JW. Randomized controlled feasibility trial of two telemedicine medication reminder systems for older adults with heart failure. *J Telemed Telecare*. 2014 Sep; 20(6):293-99.
- [6] Yap KY, Chia Y, Low XH, Chan A. Technological preferences of aging cancer patients for delivery services and devices to solve drug-related problems in oncology. *Support Care Cancer*. 2014 Oct; 22(10):2733-40.
- [7] Williamson SS, Gorman PN, Jimison HB. A mobile/web app for long distance caregivers of older adults: functional requirements and design implications from a user centered design process. *AMIA Annu Symp Proc*. 2014 Nov 14; 2014:1960-9.
- [8] Keränen T, Liikkanen S. Medication reminder service for mobile phones: an open feasibility study in patients with Parkinson's disease. *Telemed J E Health*. 2013 Nov; 19(11):888-90.
- [9] Harbig P, Barat I, Damsgaard EM. Suitability of an electronic reminder device for measuring drug adherence in elderly patients with complex medication. *J Telemed Telecare*. 2012 Sep; 18(6):352-6.
- [10] Hughes LD, Done J, Young A. Not 2 old 2 TXT: there is potential to use email and SMS text message healthcare reminders for rheumatology patients up to 65 years old. *Health Informatics J*. 2011 Dec; 17(4):266-76.
- [11] Malinowsky C, Nygård L, Kottorp A. Using a screening tool to evaluate potential use of e-health services for older people with and without cognitive impairment. *Aging Ment Health*. 2014 Sep;18(3):340-5.
- [12] Pasqualotti A. Comunicação, tecnologia e envelhecimento: significação da interação na era da informação, no Estado do Rio Grande do Sul [tese]. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Centro Interdisciplinar de Novas Tecnologias na Educação; 2008.
- [13] Renovato RD, Dantas AO. Percepção do paciente hipertenso sobre o processo saúde-doença e a terapêutica medicamentosa. *Infarma*. 2005; 17 (3/4):72-5.

Contato

Marina Soares Bernardes- Terapeuta ocupacional, mestre em Ciências; Doutoranda do PPG Interunidades em Bioengenharia EESC/FMRP/IQSC- USP. Endereço: Avenida do Café, 1715, apto 501, CEP: 14.050.230, Ribeirão Preto, SP. Telefone: (16) 99161-1649. E: marina_sbernrades@hotmail.com.

TELEDIAGNÓSTICO PARA ELETROENCEFALOGRAFIA EM SANTA CATARINA

Rafael Andrade¹, Alexandre Savaris², Roger Walz³ e Aldo von Wangenheim⁴

¹Instituto Federal Catarinense (IFC) – Campus Ibirama, Ibirama (SC), Brasil

²Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia para Convergência Digital (INCoD) - Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis (SC), Brasil

³Departamento de Clínica Médica - Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis (SC), Brasil

⁴Departamento de Informática e Estatística - Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis (SC), Brasil

Resumo: No Brasil, estima-se que em torno de 5 a 7% da população apresentará uma crise epiléptica ao longo da vida. O Eletroencefalograma é um método fundamental para diagnóstico de epilepsia. Este artigo apresenta o desenvolvimento de um protótipo integrado ao Sistema Catarinense de Telemedicina e Telessaúde, com o objetivo de dar suporte a exames de Eletroencefalograma com envio, emissão de laudos e visualização a distância. São utilizados CID-10 e Descritores em Ciências da Saúde como linguagem de indexação de laudos a fim de gerar estatísticas em pesquisas futuras. O sistema está implantado em quatro unidades de saúde no município de Florianópolis. Os laudos são emitidos por um médico especialista da própria rede municipal e os exames são enviados à rede de Telemedicina. Com o uso desta metodologia é possível facilitar o dia-a-dia dos médicos, técnicos e pacientes com acessos mais rápidos e eficientes, melhorando a qualidade de vida dos pacientes.

Palavras-chave: Tele-Eletroencefalografia, Telemedicina, Laudo remoto, Laudo Estruturado.

Abstract: In Brazil is estimated that around 5-7% of the population will have an epileptic seizure lifelong. The electroencephalogram is a fundamental method for the diagnosis of epilepsy. This paper presents the development of an integrated prototype called Santa Catarina Telemedicine System, in order to support electroencephalogram exams with sending, issuing reports and online viewing. We used ICD-10 and Health Sciences Descriptors as reports indexing language, in order to generate statistics in future research. The system is deployed in four health units in the Florianopolis city. A medical specialist that works in own municipal network issues the reports and the exams are sent to the Telemedicine network. Using this new methodology we can facilitate the day-to-day lives of doctors, technicians and patients with faster and more efficient, Improving Quality of Life for Patients.

Keywords: Tele-Electroencefalography, Telemedicine, Remote Reporting, Structured Report.

Introdução

O conceito de Telemedicina, segundo a Organização Municipal de Saúde, é a oferta de serviços ligados aos cuidados com a saúde, nos casos em que a distância é um fator crítico, para ampliar a assistência e também a cobertura¹. Para a *American Telemedicine Association* (ATA), a Telemedicina é “o uso de informação médica veiculada de um local para outro, por meio de comunicação eletrônica, visando à saúde e educação dos pacientes e do profissional médico, para assim melhorar a assistência de saúde”². Mas para que a oferta de serviços a distância aconteça é preciso que três componentes

básicos atuem em sincronismo e de forma colaborativa: profissionais de saúde, tecnologia e infraestrutura. Profissionais de saúde realizam exames e emitem laudos. A tecnologia da informação auxilia os profissionais provendo diferentes sistemas de software e a infraestrutura de equipamentos médicos e permite o acesso remoto. Dessa forma, instituições de saúde podem acessar exames e laudos em qualquer lugar através da Internet, com o objetivo de aumentar a disponibilidade e diminuir o tempo e o custo de procedimentos médicos.

No Brasil existem diversos sistemas colaborativos de telemedicina, que iniciaram na década de 90, como projetos de Tele-Educação e TeleDiagnóstico³, Rede Universitária de Telemedicina⁴, ou teleterapia⁵, ou a Telemedicina^{6,7} e que estão em uso e expansão até hoje. Dentre os diversos sistemas, o estado de Santa Catarina se destaca com o Sistema Catarinense de Telemedicina e Telessaúde (STT/SC), desenvolvido pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e a Secretaria de Estado da Saúde de Santa Catarina (SES/SC)⁸. O STT permite enviar, acessar, manipular, emitir laudos de exames por profissionais de saúde e pacientes sem custo adicional, de forma online e remota.

Entretanto, o STT permite que somente imagens de eletrocardiograma (ECG), Tomografia Computadorizada (TC), Ressonância Magnética (RM) e radiologia convencional digital (RX) possam ser enviadas para o servidor central. Há espaço para expansão da rede com a inclusão de outras modalidades de exames de imagens. O STT não permite, também, que exames de vídeo e de propriedade de equipamentos especiais como Eletroencefalogramas (EEG) possam ser utilizados e enviados para o servidor. Para resolver este problema, foi desenvolvido um sistema web baseado em computação nas nuvens para telediagnóstico de exames de Eletroencefalografia (EEG) integrado ao Sistema Catarinense de Telemedicina e Telessaúde da Secretaria de Estado da Saúde. O objetivo é implantar, desenvolver, e disseminar tecnologias de Telemedicina voltadas à aquisição, processamento, emissão de laudos e arquivamento de exames de EEG ambulatorial no estado de Santa Catarina.

Epilepsia e Eletroencefalografia

O Ministério da Saúde⁹ estima que no Brasil, em torno de 5 a 7% da população apresentará uma crise epiléptica ao longo da vida, sendo que em torno de 1,5% da população apresenta crises recorrentes, o que caracteriza o diagnóstico de epilepsia. Considerando que a população de Santa Catarina possui em torno de 6 milhões de habitantes, cerca de 90.000 habitantes seriam portadores de epilepsia no estado. Em torno de 80% dos pacientes portadores de alguma forma epilepsia (72.000 pacientes) terão suas crises controladas com tratamento farmacológico disponível na rede pública. A indicação do tratamento para epilepsia depende do diagnóstico adequado, o qual é baseado na história, exame neurológico e exames complementares incluindo o eletroencefalograma (EEG) e neuroimagem.

O Eletroencefalograma (EEG) é um método diagnóstico fundamental para diagnóstico das epilepsias e monitorização eletrofisiológica cerebral de pacientes comatosos internados em UTI por doenças neurológicas e neurocirúrgicas graves e diagnóstico de morte cerebral⁹. A realização do exame depende da aquisição do sinal realizado em ambiente ambulatorial (eletroencefalograma convencional) ou hospitalar, no caso da monitorização eletroencefalográfica contínua ou da confirmação diagnóstica de morte cerebral.

Dada a complexidade e variáveis envolvidas no exame, seu laudo deve ser realizado exclusivamente por um especialista em neurofisiologia clínica. Este profissional deve ser graduado em medicina, deve ter residência médica de 3 anos em neurologia e ter sido aprovado em prova de título de especialista em neurologia para poder atuar no atendimento da população com excelência. Atualmente em Santa Catarina existem apenas 7 especialistas em eletroencefalografia, sendo que apenas 2 atuam na rede SUS atendendo a demanda ambulatorial de eletroencefalografia de todo o estado. Estas exigências são essenciais para garantir um laudo de qualidade em uma área de atuação bastante complexa do ponto de vista médico, porém dificulta a disponibilização do exame para pacientes da rede SUS em

praticamente mais de 95% das cidades catarinenses. A limitação relacionada à carência de especialistas devidamente qualificados é agravada por: 1) a necessidade de deslocar pacientes ambulatoriais para realizar o exame nos centros de referência da capital; 2) a necessidade de deslocamento de neurofisiologistas para as Unidades de Tratamento Intensivos (UTIs) do estado.

Modernamente os exames de eletroencefalograma são realizados com equipamentos capazes de transformar os sinais elétricos cerebrais em arquivos digitais codificados pela linguagem DICOM, mas ainda existem equipamentos que não utilizam o padrão DICOM como forma de capturar as imagens. Portanto, a realização de exames de eletroencefalograma ambulatoriais, assim como a monitorização eletroencefalográfica contínua utilizando equipamentos digitais (DICOM e não DICOM) são modalidades diagnósticas com aplicabilidade imediata da telemedicina. No âmbito hospitalar, virtualmente todos os pacientes internados em UTI e que estejam em coma poderiam se beneficiar da monitorização eletroencefalográfica contínua.

Tele Neurologia

A eficácia e a utilidade de ambientes de telemedicina para a realização de consultas, envio de exames e laudos a distância está cada vez mais difundida no mundo. Na área da neurologia não é diferente, a prática da tele neurologia já vem sendo demonstrada em vários estudos, como o apresentado por Craig *et al.*¹⁰, onde os autores compararam a confiabilidade de exames neurológico realizado por telemedicina e efetuados em consultório. As consultas foram testemunhadas por um ou dois observadores a distancia por meio de um link de telemedicina de 384kbps. Uma das primeiras experiências foi no Canadá, onde os dados de EEG foram transmitidos através de uma ligação telefônica¹¹. Outros estudos para transmissão de exames de EEG também demonstram a eficácia da transferência assíncrona, como o estudo apresentado na Finlândia¹², um sistema que conecta redes de eletroencefalografia digital local com a gravação, análise e transmissão de exames utilizando redes de alta velocidade. Os clínicos podem obter uma segunda opinião utilizando consultas de dados e de vídeo interativo ou usando consultas somente de dados. Outro exemplo pode ser encontrado em Patterson¹³, onde os autores criaram uma rede de neurofisiologia estabelecida na Finlândia, a fim de fornecer uma segunda opinião para médicos e também opiniões off-line de dados pré-gravados.

Hoje em dia, existe no mundo um interesse crescente em sistemas de telemedicina e Tele-neurologia. Entretanto, alguns autores ainda questionam o uso do modelo a distância usado em tempo real. Agarwal e Warburton¹⁴ apresenta um estudo em que pergunta se é possível fazer tele-neurologia a distância. Os autores indicam que a maioria das aplicações utilizam uma avaliação clínica em tempo real como videoconferência juntamente com transmissão eletrônica de imagens. Eles dividem em dois modelos de tele-neurologia síncrona (em tempo real): Aplicações com interação médico-paciente e aplicações com interações médico-médico. A primeira aplicação pode ser utilizada em casa ou no hospital. A ideia é utilizar a tele-robótica para cuidados Neurointensivismo, como acompanhamento ambulatorial de pacientes com mal de Parkinson ou epilepsia. Já o segundo tipo de aplicação, é utilizado em grande parte para encaminhamento e aconselhamentos especializados e pode incluir um elemento de interação médico-paciente¹⁴. Para os autores em entrevistas com neurologistas, os níveis de satisfação dos pacientes é comparável a uma avaliação clínica feita em consultório diretamente com o médico.

Mas a tele-neurologia não é realizada somente em tempo real. Experiências recentes com sistemas de tele-EEG assíncrono foram desenvolvidos no mundo, como por exemplo, os trabalhos Breen *et al.*¹⁵[18], Laurent *et al.*¹⁶ [21], e Campos *et al.*¹⁷ [20], que têm como objetivo, ampliar o acesso e assistência médica aos pacientes. Os pacientes não precisam percorrer grandes distâncias para fazer um exame, médicos especialistas de diferentes cidades podem atuar juntamente com outros médicos para tratar os pacientes e como resultado, há uma grande redução de custos de um modo geral.

Os resultados obtidos provam que os sistemas de tele-EEG tem um impacto muito positivo sobre a opinião do paciente, e consequentemente, há uma melhoria significativa na qualidade de vida dos pacientes.

Metodologia

Atualmente, já existem ferramentas, sistemas e equipamentos que permitem o uso da telemedicina para envio e laudos remotos. Mas a maioria das unidades de saúde, utilizam sistemas síncronos, como videoconferências e robôs para cirurgias remotas. A telemedicina assíncrona também está presente em muitos centros, mas ainda é utilizada em sua grande maioria na área da Radiologia e Cardiologia. Na neurologia, existe ainda muito problemas, pois os sistemas e equipamentos são proprietários e não utilizam protocolos padronizados para fazer interoperabilidade.

Para resolver parte dos problemas de envio de exames e acesso a distância, Santa Catarina já possui um sistema de telemedicina concebido pela Universidade Federal de Santa Catarina em parceria com a Secretaria de Estado da Saúde. Com financiamento Estadual e Federal, o projeto de telemedicina oferece, além de laudos a distância de diversas modalidades, acesso dos pacientes aos seus exames, palestras temáticas pela Internet, segunda opinião formativa a profissionais da atenção básica e capacitação continuada. Em maio de 2011, o sistema estava presente em 287 dos 293 municípios catarinenses, sendo que 195 realizam o envio de exames e laudos a distância. O volume de exames realizado pela rede já ultrapassa os 4,5 milhões e engloba diversas modalidades de exames de imagem^{18,19}. Os principais pontos da rede estão divididos em 290 equipamentos de ECG, 40 equipamentos de captura de imagem (TC, RM e RX) e 1008 Equipes de Saúde da Família atendidas pelo programa de Telessaúde/SC.

O programa já está consolidado em SC e é amplamente utilizado pela população, mas ainda existe uma demanda pela tecnologia, que pode contribuir ainda mais para melhorar a saúde e o atendimento da população catarinense. A integração desta demanda na área de eletroencefalografia visa justamente a implementação de uma ferramenta para auxiliar os profissionais médicos em sua rotina diária de atendimento, de modo a incorporar novas funcionalidades ao STT.

A versão atual do sistema foi desenvolvida utilizando a linguagem de programação PHP v5.4.35 (responsável por todo o *backend* dos módulos de Telemedicina e Telessaúde), com a adoção do *framework Zend* v1.11.11 (utilizado na implementação do *design pattern MVC – Model-View-Controller* – e responsável pela execução de rotinas AJAX – *Asynchronous JavaScript and XML*) que servem de base às funcionalidades disponibilizadas aos usuários. As interfaces de usuário foram desenvolvidas em HTML5/CSS, com rotinas em *JavaScript* para mascaramento e validação de dados no cliente utilizando componentes do *toolkit Dojo* v1.6.1. O sistema é suportado por instâncias físicas de bancos de dados *PostgreSQL* v9.1 e complementado por serviços de indexação de dados estruturados, semi-estruturados e não estruturados baseados em *Apache Solr* v4.10.0 e geração de relatórios utilizando *JasperReports* v4.2.1.

As interfaces e funcionalidades do sistema foram desenvolvidas baseadas nas necessidades dos médicos, técnicos e reguladores da Secretaria de Estado da Saúde de Santa Catarina e teve como metodologia de desenvolvimento de sistemas a abordagem iterativa e incremental da engenharia de software. Esta abordagem consiste em uma série de ciclos de desenvolvimento de análise de requisitos, de design de projeto, de implementação e de testes do sistema, que por sua vez é baseado no *Rational Unified Process (RUP)*. Cada uma das etapas foram avaliadas e validadas pelos usuários e seus gestores. Somente após o sistema ser testado pela equipe de desenvolvimento, pelos técnicos de enfermagem e pelos médicos especialista, que o modelo pode ser utilizado em um ambiente de teste piloto.

O sistema permite o envio de exames de EEG no seu formato padrão (que foi adquirido pelo equipamento de captura dos exames), a conversão deste formato em JPG (se forem imagens), a publicação no STT, o acesso, a emissão de laudos e a visualização do exame diretamente na plataforma web especialmente desenvolvida, tanto para os profissionais de saúde, quanto para os pacientes, desde que eles tenham permissão de acesso.

Para que se pudesse integrar o modelo de envio de exames de EEG ao STT, foi necessário desenvolver um novo projeto de software, que utiliza os mesmos pré-requisitos de arquitetura já existentes. Esta etapa do processo consistiu em um novo conjunto de necessidades dos usuários, de modo a automatizar ao máximo o dia-a-dia dos técnicos, enfermeiros e médicos. Cada nova iteração possibilita a aceleração do tempo de desenvolvimento do projeto como um todo. Neste novo ciclo de desenvolvimento, várias entrevistas com especialistas foram necessárias para se chegar ao modelo desenvolvido. Ao final da iteração do módulo de EEG, foram identificadas as fases de análise, projeto, implementação e um novo sistema com três funcionalidades principais, foi desenvolvido: 1) módulo formulário de cadastro e envio de exames com imagens e vídeos; 2) módulo de visualização de exames e laudos; e 3) módulo para emissão de laudos.

O módulo de cadastro e envio de exames contem os dados de identificação do paciente e dados para a identificação do exame, além de uma interface para enviar imagens em formato JPG e vídeos adquiridos pelo equipamento de captura do traçado do EEG. Os vídeos de EEG devem ser compactados em um único arquivo antes de serem enviados ao sistema central. Cada vídeo não poderá ultrapassar 30 minutos e deverá ser compactado para ocupar o menor espaço em disco possível no servidor.

Para o desenvolvimento do módulo de visualização de exames e laudos, foi criada uma interface para visualização de imagens diretamente no sistema. Como os vídeos são em sua grande maioria produzidos pelo software proprietário do hardware de captura de exames de EEG, eles não poderão ser vistos diretamente na web, mas o sistema permite baixá-los e abri-los no software proprietário de visualização de EEG's. Em um segundo momento, deverá ser desenvolvida uma interface que permite visualizar os vídeos em formato MPEG4 diretamente no sistema, caso eles não estejam compactados ou criptografados.

O módulo de emissão de laudos permite ao médico especialista visualizar as imagens e vídeos do exame em um lado da tela e no outro lado, emitir o laudo. Para emitir o laudo, o médico especialista pode fazer utilizando os descritores em ciência da Saúde DeCS (<http://decs.bvs.br/>), ou utilizando o CID-10, ou até mesmo descrever em texto livre. A finalizar a edição do laudo, o sistema gera um objeto *Dicom Structured Report* (DICOM SR) e grava no banco de dados. Ao publicar o laudo, o paciente e o médico solicitante já podem acessar os exames com o laudo acessando o sistema diretamente, ou baixar o objeto DICOM para ser aberto em qualquer visualizador DICOM.

Resultados e Discussão

Para atender a demanda do EEG a distância estabelecido pela SES/SC, foi desenvolvido um sistema computacional baseado nos paradigmas da Web, sob uma plataforma de computação nas nuvens, para telediagnóstico de exames de EEG integrado ao STT. Este sistema tem como objetivo fim, aumentar os níveis da gestão do conhecimento para realização de exames de EEG ambulatorial no estado de Santa Catarina, por meio de um modelo de prestação de serviço público em EEG mais ágil e com boa relação de custo benefício para a rede do SUS.

Até o desenvolvimento desta ferramenta, o processo de emissão de laudo de EEG somente podia ser feito no mesmo local onde as imagens/exames foram adquiridos. Esta dificuldade dava-se em função do traçado do exame estar em formato proprietário, feito no equipamento de captura e não poder ser exportado para outro computador. No modelo tradicional, o médico especialista deveria estar

presente no hospital/unidade de saúde para emitir seus laudos. Por isso, os exames somente poderiam ser agendados quando houvesse um médico na unidade.

Como principal resultado desta pesquisa, tem-se um software completo de exames de EEG, que permite efetuar cadastros de pacientes, upload dos exames, laudo a distância e acesso às imagens e laudos. Com a implantação deste novo modelo, o exame pode ser feito por qualquer técnico capacitado em qualquer equipamento de captura de imagens de EEG e exportado para um servidor central na web. Para isso, é necessário somente um computador com acesso à Internet para o envio dos exames. Além dos vídeos do traçado (que podem durar até 30 minutos cada), o médico especialista, quando estiver emitindo seu laudo, pode também enviar para o servidor, *screenshots* em formato JPG de um traçado específico, para auxiliar o diagnóstico e incorporar estas imagens ao laudo. As Figuras 1 e 2 apresentam as interfaces de cadastro de pacientes, identificação do exame de EEG e envio para o servidor central. Como pode ser visualizado, o módulo de envio de exames é também utilizado por outras especialidades/modalidades de exames. Além do EEG, também integram o sistema exames e Eletrocardiogramas, Dermatologia, patologia Bucal, exames em formato DICOM, como Radiologia convencional, Tomografia Computadorizada, Ressonância Magnética, Hemodinâmica, entre outros. Como estas modalidades não fazem parte do objeto deste artigo, não serão tratadas por este trabalho. Para maiores informações, visitar o endereço: <http://site.telemedicina.ufsc.br/>.



Figura 1: Interface de cadastro pacientes.

Para se enviar um exame, deve-se primeiramente efetuar o cadastro do paciente. Se o paciente já estiver cadastrado no sistema, pode-se fazer a busca diretamente pelo nome, CPF ou cartão SUS (primeira aba da Figura 1). Após selecionado o paciente, deve-se então efetuar o cadastro do exame, informando os dados da requisição, médico e instituição solicitantes. A Figura 2 apresenta a aba com a interface de cadastro de exames de EEG. Na terceira aba do sistema (Figura 2 – Anexos), o usuário deve enviar as imagens e vídeos ao servidor. Basta que se selecione os arquivos de uma pasta qualquer no computador que adquiriu os exames (previamente compactadas) e clicar em enviar. Pode-se também adicionar uma legenda para cada imagem ou vídeo enviado. Na última aba (Figura 2 – Informações complementares), o usuário deve fazer uma breve descrição da história clínica do paciente e informar quais os medicamentos estão em uso pelo paciente. Estas informações são essenciais para

que o médico especialista emita seu laudo com precisão. Somente então, o sistema permite cadastrar o exame para o paciente selecionado.

Figura 2: Interface de cadastro de exames de EEG.

A segunda etapa para o desenvolvimento do sistema foi implementar uma interface que, ao mesmo tempo, possibilita ao médico especialista visualizar as imagens e emitir o laudo. Desta forma, a interface de emissão de laudos agiliza muito as atividades do médico especialista. A Figura 3 apresenta um exemplo de emissão de um laudo para um determinado exame, feito pelo médico especialista. O usuário pode visualizar a imagem do exame ao lado esquerdo e prover o laudo ao lado direito da tela. São utilizados descritores em Ciências da Saúde (DeCS) definidos pela BIREME como linguagem de indexação de laudos e o CID-10, que facilitam e agilizam a digitação do laudo. Com o uso dos descritores, é possível criar uma base de conhecimento e gerar estatísticas de achados médicos ou determinados padrões de doenças ou tratamentos em pesquisas futuras. Como o objetivo deste artigo não é tratar este tema, não serão apresentados os métodos de criação da base de conhecimento, nem os métodos estatísticos que podem ser estudados.

A última interface criada no STT foi a de visualização e impressão de imagens e laudos de EEG. Na Figura 5 pode-se visualizar a interface de impressão de exames, contendo os dados do paciente, instituição e médico solicitante, dados do exame, laudo e as imagens ao final. De posse do link e dados para acesso, como protocolo de atendimento e uma senha, o paciente pode visualizar seu exame e enviar ao médico que solicitou ou até mesmo a qualquer usuário do sistema catarinense de Telemedicina e Telessaúde.

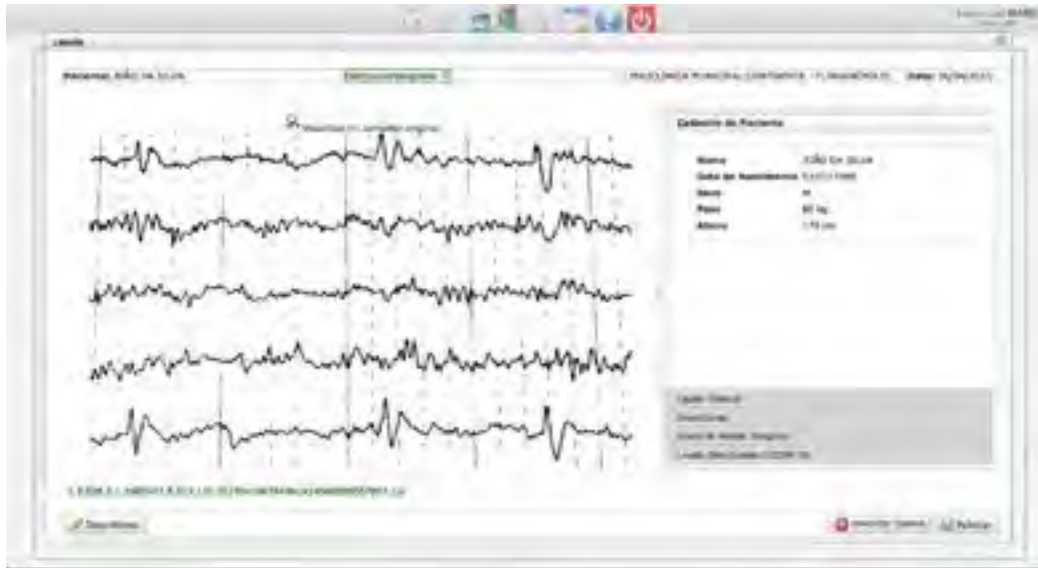


Figura 3: Tela de laudos de exames de EEG.

Caso um médico não esteja cadastrado no sistema e caso o paciente queira enviar seu exame para outra pessoa, o sistema permite que seja enviado um acesso temporário a uma determinada pessoa. Basta que o próprio paciente cadastre o e-mail do usuário temporário que será enviado um e-mail com informações de como proceder o acesso somente a esse estudo (exame e imagens).

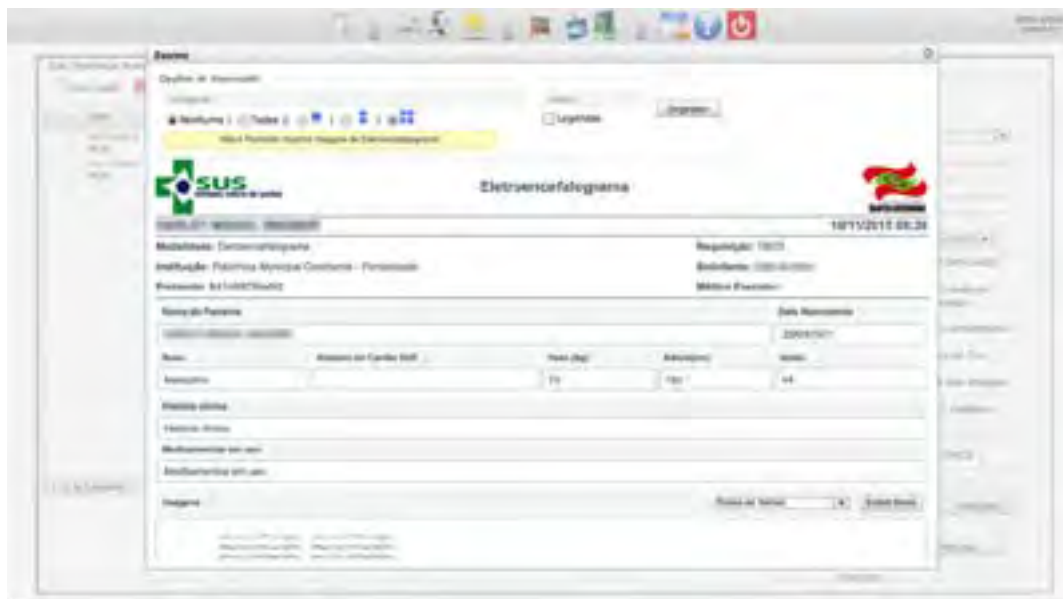


Figura 5: Interface de visualização e impressão de exames de EEG.

Após o desenvolvimento e testes iniciais, passou-se ao processo de implantação do sistema. Tecnicamente é um processo bastante simples: como o sistema foi desenvolvido para a web, basta atualizar o servidor web com o módulo de EEG ativo e o sistema já está disponível para acesso e uso por parte de todos usuários médicos, técnicos e enfermeiros. Com relação ao uso, basta um pequeno treinamento com a equipe técnica da telemedicina, cadastrar a modalidade dos exames de EEG para a instituição geradora dos exames e habilitar os médicos especialistas para emitir os laudos. Ao todo serão várias unidades implantadas no estado de Santa Catarina, mas o processo se dará de forma gradual. Inicialmente somente no município de Florianópolis que os exames serão ofertados

pelo sistema. O sistema está em implantação e será utilizado na rede municipal, em quatro unidades de saúde. Os laudos são emitidos por um médico especialista da própria rede municipal. Os exames serão então enviados à rede de Telemedicina do estado, espera-se que em média 100 exames por mês sejam armazenados no servidor central. Pretende-se utilizar o sistema por alguns meses para que se tenha um retorno dos especialistas, para só então seguir com as implantações em outras unidades do estado, o que deverá ocorrer até o final do ano de 2016.

O principal desafio para a implantação de uma nova modalidade de exames integrada ao Sistema Catarinense de Telemedicina e Telessaúde nem sempre é o desenvolvimento da tecnologia de software ou a introdução de novos equipamentos à tecnologia já existente. O fator mais importante é proporcionar aos novos usuários confiança para utilizar a nova ferramenta e garantir que os exames não serão perdidos ou acessados por pessoas mal-intencionadas. Esse processo leva um certo tempo e demanda várias reuniões com médicos e equipe técnica, para que todas as dúvidas sejam sanadas e a ferramenta possa ser de fato utilizada.

Sob o ponto de vista de desenvolvimento, implantação, utilização e avaliação do sistema, a experiência da equipe de telemedicina de Santa Catarina demonstra que a criação de uma nova modalidade em um sistema de telemedicina é extremamente onerosa e demorada. Durante a implantação, técnicos, médicos e reguladores estão adaptando-se ao uso do novo sistema e poucos exames são enviados para a rede. O modelo desenvolvido por Santa Catarina é focado em várias etapas, a saber: identificação de uma nova modalidade de exame que pode ser realizado a distância, descrição e detalhamento do processo, modelagem das etapas de desenvolvimento, sensibilização das partes envolvidas, preparação e capacitação da gestão de saúde (incluindo reguladores e solicitantes do serviço), e capacitação da equipe executora (médicos solicitantes, técnicos executores, especialistas que emitem laudos e reguladores que autorizam ou não o processo de execução). Somente após todas essas etapas cumpridas, que configura-se os equipamentos e faz-se a capacitação da equipe envolvida para efetivação do serviço e início das atividades. Esta etapa é a última, mas não menos importante. O processo de acompanhamento é a fase de incubação do sistemas e é onde surgem as dúvidas e um novo ciclo de validação do processo é iniciado. São revistos o processo como um todo, melhorado o sistema e adaptado o serviço para melhor utilização por parte da equipe envolvida. Por isso, nesta fase, a quantidade de exames enviados para o servidor central ainda é muito baixa.

Este processo todo pode levar até um ano para que todos os envolvidos tenham conhecimento e possam utilizar a sistema como um todo. A partir da efetivação do serviço que os exames são enviados em larga escala para o sistema de Telemedicina.

A grande vantagem em se armazenar os exames em meio digital está na minimização de exames extraviados/perdidos. Antigamente se um paciente perdia o exame, ou se o exame era muito antigo não sendo legível, havia a necessidade de repetir o exame, fato que gerava desconforto para paciente e aumentava ainda mais a fila para efetuar um exame. Ao se usar o STT como repositório de exames, o médico e o próprio paciente podem ter um histórico de todos os exames feitos na rede pública.

Conclusão e trabalhos futuros

O sistema está em fase de implantação por parte da Secretaria de Estado da Saúde e um piloto com quatro pontos de envio de exames está sendo testado para avaliar o uso da ferramenta na cidade de Florianópolis-SC.

O sistema está em fase de implantação e ainda não foram geradas suas estatísticas de uso. Toda a implantação será realizada numa visão de integração progressiva e extensível dos serviços oferecidos, para o que hoje é um portal na Internet, contendo imagens e laudos de exames de Telemedicina, gradativamente, de forma transparente e gerenciável se transforme em um Registro Eletrônico de Saúde Online do Cidadão para todo o estado de Santa Catarina. O principal resultado desta pesquisa é o

desenvolvimento de uma nova ferramenta, que facilita o dia-a-dia dos médicos especialistas, técnicos em enfermagem e pacientes que não precisam ir até o hospital para retirar seu laudo. O especialista pode de qualquer lugar onde tenha acesso a internet, emitir seu laudo e disponibilizar para o médico requisitante e para o próprio paciente o seu diagnóstico.

Uma das principais vantagens do STT está na utilização de laudos estruturados. Atualmente é possível emitir um laudo de ECG ou de dermatoscopia, sem a necessidade de o médico ter que digitar todo o conteúdo do mesmo. Esta ferramenta foi desenvolvida em total conformidade com o padrão DICOM Structured Report²⁰. Para os exames de EEG, pretende-se como trabalho futuro, adotar este mesmo padrão de laudo estruturado e utilizar os Guidelines for Writing EEG Reports, da American Clinical Neurophysiology Society²¹ e criar um vocabulário controlado especificamente para uso em EEG da Rede de Telemedicina de Santa Catarina.

Agradecimentos

Este trabalho recebeu apoio financeiro do CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) por meio da Chamada MEC/SETEC/CNPq No 94/2013.

Referências

- [1] Bashshur, Rashid L., Telemedicine and Health Care, Telemedicine Journal and E-health., volume 8, Chapter 1, 2002.
- [2] ATA. American Telemedicine Association. Disponível em: www.ata.com. Acessado em 11 de agosto de 2006.
- [3] Keylla Sá Urtiga, Luiz A. C.Louzada, Carmen Lúcia B. Costa. Telemedicina: uma visão geral do estado da arte. IX Congresso Brasileiro de Informática em Saúde CBIS'2004. Disponível em: <http://telemedicina.unifesp.br/pub/SBIS../CBIS2004/trabalhos/arquivos/652.pdf>. Acesso em 25 de janeiro de 2016.
- [4] RUTE - Rede Universitária de Telemedicina. Disponível em <http://rute.rnp.br/> Acesso em 25 de janeiro de 2016.
- [5] Telemedicina USP. Universidade de São Paulo. Disponível em: <http://telemedicina.fm.usp.br/portal/sobre/> Acesso em 25 de janeiro de 2016.
- [6] Rede Universitária de Telemedicina – RUTE. Disponível em: <http://rute.rnp.br/>. Acesso em: 25 de janeiro de 2016.
- [7] Ribeiro Filho, José Luiz, Messina, Luiz Ary, Simões, Nelson, Coury, Wilson. Telemedicina e Telessaúde – A Construção de Redes Colaborativas de Ensino, Pesquisa e Assistência ao Diagnóstico e ao Tratamento em Saúde no Brasil. Informática Pública ano 10 (2): 97-104, 2008. Disponível em: http://www.ip.pbh.gov.br/ANO10_N2_PDF/telemedicina_teleasaude_dossie.pdf. Acesso em 04 de fevereiro de 2016.
- [8] Andrade, r.; Ruby, c. ; Wagner, h. M. ; Wangenheim, A.v. . Telemedicina em Santa Catarina, um projeto sustentável. In: XIII Congresso Brasileiro de Informática em Saúde, 2012, Curitiba. XIII Congresso Brasileiro de Informática em Saúde, 2012.
- [9] Ministério da Saúde Secretaria de Atenção à Saúde. Portaria SAS/MS N°492, de 23 de setembro de 2010. Disponível em: http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/pcdt_epilepsia_.pdf. Acesso em 1 de março de 2016.
- [10] Craig, J.J., McConville, J.P., Patterson, V.H., Wootton, R. Neurological examination is possible using telemedicine. Journal of Telemedicine and Telecare. 1999;5(3):177–181.
- [11] House, A.M. Telemedicine in Canada, Canadian Medical Association Journal. 1977;117: 386–388.

- [12] Loula, P., Rauhala, E., Erkinjuntti, M., Rätty, E., Hirvonenn, K., Häkkinen, V. Distributed clinical neurophysiology, J. Journal of Telemedicine and Telecare. 1997;3:89–95.
- [13] V. Patterson, Teleneurology, Journal of Telemed and Telecare. 2005;11(2):55–59.
- [14] Agarwal, S., Warburton, E.A. Teleneurology: is it really at a distance? Journal of Neurology 2011;258:971–981.
- [15] Breen, P., Murphy, K., Browne, G., Molloy, F., Reid, V., Doherty, C., Delanty, N., Connolly, S., Fitzsimons, M. Formative evaluation of a telemedicine model for delivering clinical neurophysiology services part II: the referring clinician and patient perspective, BMC Medical Informatics and Decision Making. 2010:10:49.
- [16] Laurent Lambert, Imen Dhif, Mohammed Shaaban Ibraheem, Bertrand Granado, Khalil Hachicha, et al.. Smart-EEG: a Tele-medicine System for EEG Exams. JETSAN 2015, May 2015, Compi`egne, France. JETSAN.
- [17] Campos,C., Caudevilla, E., Alesanco, A., Lasierra, N., Martinez, O., Fernández, J., García, J. Setting up a telemedicine service for remote real-time video-EEG consultation in La Rioja (Spain), International Journal of Medical Informatics, Volume 81, Issue 6, June 2012, Pages 404-414.
- [18] WALLAUER, J. ; MACEDO, D. D. J. ; ANDRADE, R. ; VON WANGENHEIM, A. . Creating a Statewide Public Health Record starting from a Telemedicine Network. IT Professional, v. 10, p. 12-17, 2008.
- [19] AMORIM, M. Especial 10 Anos STT do Sistema de Telemedicina e Telessaúde. Disponível em: https://medium.com/@assessoria.telemedicina_95557/sistema-de-telemedicina-e-telessa%C3%BAde-ac9695c845f3#.cwhi8as9f Acesso em: 02 de maio de 2016.
- [20] VON WANGENHEIM, A.; von Wangenheim, Aldo; BARCELLOS, CLOVES LANGENDORF; ANDRADE, R.; DE CARLOS BACK GIULIANO, ISABELA; BORGATTO, ADRIANO FERRETI; DE ANDRADE, DALTON FRANCISCO. Implementing DICOM Structured Reporting in a Large-Scale Telemedicine Network. Telemedicine Journal and e-Health, v. 19, p. 535-541, 2013.
- [21] ACNS. American Clinical Neurophysiology Society. Guidelines for Writing EEG Report. Journal of Clinical Neurophysiology. 2006. Disponível em: <http://www.acns.org/pdf/guidelines/Guideline-7.pdf>. Acesso em: 06 de junho de 2016.

Contato

Aldo von Wangenheim
aldo.vw@ufsc.br

Alexandre Savaris
savaris@telemedicina.ufsc.br

Rafael Andrade
rafael.andrade@ibirama.ifc.edu.br

Roger Walz
rogerwalz@hotmail.com

ÍNDICE REMISSIVO POR AUTOR

Adriano Pérciles Rodrigues (Universidade Federal de Goiás - Brasil)	521	Ana Paula Appel (IBM Research - Brasil - Brasil)	309
Afonso Ueslei da Fonseca (Universidade Federal de Goiás - Brasil)	721	Analia Baum (Ministerio de Salud Ciudad Autónoma de Buenos Aires - Argentina)	787
Alcilene de Sousa (Universidade Federal do Piauí - Brasil)	1061, 1071	Anderson Palácio de Queiroz (Universidade Estadual do Ceará - Brasil)	899
Alcindo Antônio Ferla (UFRGS - Brasil)	509	André Magno Costa de Araújo (Universidade Federal de Pernambuco - UFPE - Brasil)	385
Aldo von Wangenheim (Federal University of Santa Catarina - Brasil)	75, 237, 763, 1041, 1089	André Luis Antoneli Senju (Universidade de São Paulo - Brasil)	879, 939, 955, 973, 1001
Alejandro Gaiera (HIBA - Argentina)	693	Andreza Leite de Alencar (Universidade Federal Rural de Pernambuco - Brasil)	569
Alessandra Alaniz Macedo (Faculdade de Filosofia Ciências e Letras de Ribeirão Preto USP - Brasil)	579	Anselmo Cardoso de Paiva (Universidade Federal do Maranhão - Brasil)	529, 631, 683, 699, 737, 869
Alessandra Vitorino Naghettini (Faculdade de Medicina da Universidade Federal de Goiás - Brasil)	287	Antonio Carlos Sobieranski (Universidade Federal de Santa Catarina - Brasil)	763
Alex Cardoso Alves (Instituto Federal de Alagoas - Brasil)	1011	Antonio Oseas de Carvalho Filho (Universidade Federal do Piauí - UFPI - Brasil)	1061, 1071
Alexandre Alvaro (Federal University of São Carlos (UFSCar) - Sorocaba - Brasil)	907	Aristides Sampaio Cavalcante Neto (IFRR - Brasil)	117
Alexandre Berndt (Universidade Federal de Goiás - Brasil)	361	Aristófanés Corrêa Silva (Universidade Federal do Maranhão - Brasil)	631, 671, 683, 699, 737
Alexandre Savaris (Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC - Brasil)	75, 237, 1089	Artur Assunção Pinheiro (Universidade Federal do Maranhão - Brasil)	869
Aline Dartora (UFPR - Brasil)	257	Audivan Ribeiro Garcês Júnior (Universidade Federal do Maranhão - Brasil)	929
Aline Teixeira Gomes (Universidade do Estado do Rio de Janeiro - Brasil)	159, 181	Aurea Valéria Pereira da Silva (Universidade Federal de Goiás - Brasil)	53
Allan Muniz Alves (Instituto Federal de Alagoas - Brasil)	1011	Beatriz Faria Leão (SBIS - Brasil)	889
Ana Carolina Policarpo Cavalcante (UEPB - Brasil)	963	Beatriz Proto Martins (Universidade Federal de Goiás - Brasil)	53, 61
		Bianca Borges da Silva Leandro (Fundação Oswaldo Cruz - Brasil)	557

Bruno Mendonça Azevedo (AFARP/UNIESP - Brasil)	879	Cristiana Fernandes de Muylder (FUMEC University - Brasil)	195
Bruno Adonis Sá (Universidade Federal da Paraíba - Brasil)	1019	Cristiane Yumi Nakamura (City Hall of Curitiba - Department of Health - Brasil)	171
Bruno Augusto Nassif Travencolo (Universidade Federal de Uberlândia - Brasil)	643	Daniel Rosa Canedo (Instituto Federal de Goiás - Brasil)	41
Cristina Célia de Almeida Pereira Santana (Universidade Federal de Goiás - UFG - Brasil)	287	Daniel Holthausen Nunes (UFSC - Brasil)	75
Camila Murga (Hospital Italiano de Buenos Aires - Argentina)	747	Daniel Luna 481, 539, 591, 607, 613, 693, 731, 747, 773 (Hospital Italiano Bs. As)	
Camilla Melo da Costa (Universidade Federal da Paraíba - Brasil)	499	Daniel Rizzato Lede (Hospital Italiano de Buenos Aires)	607, 747
Carla da Silva Santana (Universidade de São Paulo - Brasil)	1081	Daniel Welfer (Universidade Federal do Pampa - Brasil)	619
Carlos Ilc (Ing.)	787	Daniela Petruzalek (Consultora Independente - Brasil)	601
Carlos André Barros Lopes (Universidade Federal do Pará - Brasil)	439	Danilo Alexandre B. Araújo (Universidade Federal da Paraíba - UFPB - Brasil)	327
Carlos Otero (Hospital Italiano de Buenos Aires - Argentina)	481, 539, 613, 693	Davi Campos Gomes (UFPB - Brasil)	247
Carlos Roberto da Silveira Junior (IFG - Brasil)	41	David Perez (Hospital Italiano de Buenos Aires)	607
Carminda Maria Goersch Fontenele Lamboglia (Mestrado em Saúde Coletiva Universidade de Fortaleza (UNIFOR) - Brasil)	809	Dayana P. B. Spagnuolo (Universidade Federal de Santa Catarina - Brasil)	1041
Cecília N. A. P. Gomes (Universidade Federal da Paraíba - Brasil)	417, 839	Deborah Ribeiro Carvalho (PUC-PR - Brasil)	171
Celyrio Accioly Neto (Secretaria de Estado da Saúde de Alagoas - Brasil)	1011	Denys A. B. Silva (Instituto Federal do Rio Grande do Norte - Brasil)	327
Cezar Cheng (INCA - Brasil)	211	Diego Henrique Ferreira (Universidade de São Paulo - Brasil)	653
Cíbele Ribeiro Melo (Sociedade Beneficente de Senhoras Hospital Sírio Libanês - Brasil)	889	Douglas Battisti (Universidade Federal de Goiás - Brasil)	849, 859
Cíntia O. Monticelli (Universidade Feevale - Brasil)	147	Douglas Teodoro (Philips Research - Brasil)	753
Claudia Barsottini (Universidade Federal de São Paulo - Brasil)	95	Eduardo Simões de Albuquerque (UFG - Brasil)	361
Claúdia Maria Cabral Moro (Pontifícia Universidade Católica do Paraná - Brasil)	219, 277, 373, 1031	Eduardo Beckhauser (Federal University of Santa Catarina - Brasil)	237
Clairton Siebra (Universidade Federal da Paraíba - Brasil)	1019	Eduardo Bertogna (Federal University of Technology - Paraná - Brasil)	819
Cleiton Paiva Aquino (Universidade Federal de Goiás - Brasil)	915	Eduardo Alexandre Gula (FEARP - Brasil)	939, 955
		Eduardo Henrique Silva (Universidade Federal de Uberlândia - Brasil)	643

Eduardo G. Velho (Universidade Feevale - Brasil)	147	Flavio Barbosa (CIAware)	107
Eliseu Germano da Silva (Universidade Federal de Goiás - Brasil)	849, 859	Francisco Dimitre Rodrigo Pereira Santos (Universidade Federal do Maranhão-UFMA - Brasil)	139
Eluízio H. S. Barretto (Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT - Brasil)	395	Francisco Eguinaldo de Albuquerque Félix Júnior (Universidade Federal do Pará - Brasil)	353
Emmanuel Tenório Cavalcante Pires (INCA - Brasil)	211	Francisco Müller Machado (Technological University of Parana - Brasil)	819
Enilza Maria Mendonça de Paiva (Federal University of Goias - Brasil)	549	Gabriel Herman Bernardim Andrade (PUCPR - Brasil)	1031
Erika Bezerra Parente (Sociedade Beneficente de Senhoras Hospital Sírio Libanês - Brasil)	889	Gabriel do Nascimento Ribeiro (Instituto de Pesquisa Tecnológica - Brasil)	405
Erika Leite da Silva Cardoso (Universidade Federal da Paraíba - Brasil)	499	Gabriel Costa Osanan (Faculdade de Medicina da UFMG-MG - Brasil)	713
Eros Comunello (LAPIX - Laboratório de Processamento de Imagens e Computação Gráfica - Grupo Cyclops - Brasil)	763	Gabriel Miranda Rubio (USP - Brasil)	579
Esau Alencar Tavares (UFPB - Brasil)	839	Gabriela Garcia (Hospital Italiano de Buenos Aires)	731
Ester Evelyn Domingues dos Santos (USP - Brasil)	579	Gabrielle Vieira da Silva Brasil (Universidade Federal do Maranhão - Brasil)	929
Evandro Eduardo Seron Ruiz (Universidade de São Paulo - Brasil)	653	Gabrielle dos Santos Leandro (Pontifícia Universidade Católica do Paraná - Brasil)	277
Evyllâne Matias Veloso Ferreira (Universidade Federal da Paraíba - Brasil)	499	Geraldo Braz Junior (Universidade Federal do Maranhão - Brasil)	265, 869
Fabio Nogueira de Lucena (UFG - Brasil)	53, 61, 319, 549	Gerson Alves Pereira Junior (Universidade de São Paulo - Brasil)	879, 939, 955, 973, 1001
Fabrizio Alphonsus Alves de Melo Nunes Soares (Universidade Federal de Goiás - UFG - Brasil)	721	Giliate Coelho Neto (Ministério da Saúde - Brasil)	509
Fatima de Lourdes dos Santos Nunes (EACH-USP - Brasil)	799	Gilvan Machado Morais (USP - Brasil)	579
Felipe Azevedo Moretti (Universidade Federal de São Paulo - Brasil)	95	Gleicy Elaine de Oliveira (Sociedade Beneficente de Senhoras Hospital Sírio Libanês - Brasil)	889
Fernán Gonzalez Bernaldo de Quirós (Hospital Italiano Bs. As)	539, 693, 747, 787	Guilherme Melo e Maranhão (Universidade Federal de Goiás - Brasil)	127
Fernando Campos (Hospital Italiano)	539	Gustavo Campos (Universidade Estadual do Ceará - Brasil)	899
Fernando Plazzotta (Hospital Italiano de Buenos Aires - Argentina)	591, 773, 787	Gustavo H. M. B. Motta (UFPB - Brasil)	327
Fernando Hadad Zaidan (FUMEC - Brasil)	195	Harley Miguel Wagner (INCoD - UFSC - Brasil)	75
Filipe Andrade Bernardi (Universidade de São Paulo - Brasil)	879, 939, 973	Heitor Hermes de Carvalho Rodrigues (IFRR- PPGE/UTFPR - Brasil)	117, 469

Herson H. Barreto Damasceno (UFPB - Brasil)	327	Jorge A. M. Teixeira (Universidade Federal do Maranhão - Brasil)	671
Hugo A. Ribeiro (Universidade Federal de Goiás - Brasil)	849, 859	Josafá Barreto (Federal University of Pará - Brasil)	353
Hugo Souza (Centro de Estudos Superiores de Maceió - Brasil)	1011	José Antão Beltrão Moura (Universidade Federal de Campina Grande - Brasil)	963
Ieda Maria Barbosa Aleluia (Escola Bahiana de Medicina e Saúde Pública - Brasil)	947	José Aquino Júnior (Universidade Federal do Maranhão - Brasil)	929
Jacinta de Fátima Senna da Silva (Ministério da Saúde - Brasil)	509	José Carlos Bueno de Moraes (Universidade de São Paulo - Brasil)	973
Jamisson Freitas (Genomika Diagnostics - Brasil)	569	José Carlos Serufo Filho (Universidade Federal de Minas Gerais - Brasil)	19
Janimere Soares da Silva (IFRR - Brasil)	117	Jose Augusto de Oliveira Neto (Univesidade Estadual da Paraíba - Brasil)	981, 1051
Janine Sommer (Hospital Italiano de Buenos Aires - Argentina)	591, 773	José Eurico de Vasconcelos Filho (University of Fortaleza - UNIFOR - Brasil)	809
Jean E. Martina (Universidade Federal de Santa Catarina - Brasil)	1041	Jose Federico Rodriguez (Hospital Italiano de Buenos Aires - Argentina)	539, 591, 607, 613, 773
Jeane Franco de Araújo (Universidade Católica do Salvador - Brasil)	947	Jose Ferreira de Souza Filho (UFG - Brasil)	429
Jeferson Gonçalves de Oliveira (FUMEC University - Brasil)	195	José Orete do Nascimento (INCA - Brasil)	211
Jefferson Felipe Silva de Lima (Universidade Estadual da Paraíba - Brasil)	981	Jose Nelio Januario (Universidade Federal De Minas Gerais - Brasil)	195
Jefferson Rodrigo de Sousa (Universidade Federal do Maranhão - Brasil)	643	José Raniery Ferreira Junior (Universidade de São Paulo - Brasil)	85
Jefferson Alves de Souza (Federal University of Uberlândia (UFU) - Brasil)	737	José Carlos Couto Souza Júnior (Universidade Salvador - Brasil)	227
Jéssica Augusti Bonini (Universidade Federal de Santa Maria - Brasil)	341	Júlia Carmona Almeida Chaves (University of Sao Paulo - Brasil)	107
Jéssica da Costa Valdrighi (University of Sao Paulo - Brasil)	1081	Juliana Moraes Carrilho (Faculdade de Medicina da Universidade Federal de Minas Gerais - Brasil)	713
Joanacelle Caldas de Melo (Univesidade Federal da Paraiba - Brasil)	1019	Juliana Silva Gomes (Universidade Federal de Goiás - Brasil)	549
João Dallyson Sousa de Almeida (Universidade Federal do Maranhão - Brasil)	671, 737	Juliana Souza-Zinader (Universidade Federal de Goiás - Brasil)	429
João Marcus Alves (Universidade Federal de Santa Catarina - Brasil)	237	Juliano de Souza Gaspar (Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG - Brasil)	187
João Carlos Silva (Universidade Federal de Goiás - Brasil)	53	Julio Moreira Soares Neto (Universidade federal do pará - Brasil)	439
João O. B. Diniz (Universidade Federal do Maranhão - Brasil)	529, 683	Juracy R. Lucena Neto (Universidade Federal da Paraíba - Brasil)	327
João Victor Marinho Figueiredo (Universidade Federal do Maranhão - Brasil)	869		

Jussara Pereira (University of Sao Paulo - Brasil)	1081	Luis G. Moyano (IBM Research - Brasil)	309
Karina Machado Siqueira (Universidade Federal de Goiás - Brasil)	41	Luiz Teruo Kawamoto Jr. (IFSP / CNPq - Brasil)	29
Karine Nóra Dias (Universidade Federal do Pampa - Brasil)	619	Luiz Alberto Pereira Afonso Ribeiro (INCA - Brasil)	211
Kennedy Edson Silva de Souza (Universidade Federal do Pará - Brasil)	439	Luiz Fernando Sommacal (Hospital universitário Florianópolis - Brasil)	829
Kleber do Espírito Santo Freire (Escola Bahiana de Medicina e Saúde Pública - Brasil)	947	Luiza Costa Ferreira (Universidade Federal do Maranhão - Brasil)	929
Laercio N. Mesquita (Universidade Federal do Piauí - Brasil)	1061	Marcel Caraciolo (Genomika Diagnósticos - Brasil)	569
Lariza Laura de Oliveira (Universidade de São Paulo - Brasil)	107	Marcello Henrique Nogueira-Barbosa (Universidade de São Paulo - Brasil)	85, 453
Leandro Luís Galdino de Oliveira (Universidade Federal de Goiás - Brasil)	721, 915	Marcelo Alexandre Santos (Usp - Universidade de São Paulo - Brasil)	879, 939, 955, 973, 1001
Leonardo Andrade Ribeiro (Federal University of Goiás - Brasil)	75, 763, 1041	Marcelo Barreiro (IFTM - Brasil)	453
Leonor Garbin Savarese (USP - Ribeirão Preto - Brasil)	453	Marcelo Alves Barros (UFMG - Brasil)	963
Lilian Mie Mukai Cintho (Pontifícia Universidade Católica do Paraná)	219	Marcelo Emílio Beletti (Universidade Federal de Uberlândia - Brasil)	643
Lilian Correia (Hospital Samaritano São Paulo - Brasil)	753	Marcelo Almeida Campos (Secretaria de Saúde de BH - Brasil)	459
Liliane S. Machado (Universidade Federal da Paraíba - Brasil)	247	Marcelo Dornbusch Lopes (Universidade do Vale do Itajaí - Brasil)	763
Lorena Carvalho Maia Cazorla (UFMG - Brasil)	187	Marcelo Gattass (PUC-Rio - Brasil)	529, 671, 683, 737
Luan Carlos Silva Casagrande (Universidade Federal de Santa Catarina - Brasil)	299	Márcia Ito (IBM - Brasil)	309, 395, 405
Luana Barreto Domingos (University of Sao Paulo - Brasil)	1081	Márcia Maria Pereira Rendeiro (Universidade do Estado do Rio de Janeiro - Brasil)	159, 181
Lucas de Moura Carvalho (Universidade de Fortaleza - Brasil)	809	Marcilio Ferreira de Souza Junior (Instituto Federal de Alagoas (IFAL) - Brasil)	1011
Lucas Ferrari de Oliveira (Universidade Federal do Paraná - Brasil)	257	Márcio da Silva Camilo (Instituto Nacional do Câncer - Brasil)	211
Lucas Emanuel Silva e Oliveira (Philips Research - USA)	373, 753, 1031	Marco Gutierrez (Heart Institute University of Sao Paulo Medical School - Brasil)	203
Lucas Roberto de Souza Silva (Universidade de São Paulo - Brasil)	955, 1001	Marcos O. Prates (UFMG - Brasil)	459
Luciana Rubin (Hospital Italiano de Buenos Aires - Argentina)	481,	Marcos César da Rocha Seruffo (UFPA - Universidade Federal do Para - Brasil)	439
Luis Fernando de Almeida (Universidade de Taubate - Brasil)	989		

Marcus Urbano da Silva (ITPAC - Algeria)	385	Nivea Trindade de Araújo Tiburtino Neves (Universidade Federal da Paraíba - Brasil)	499
Marcus Fraga Vieira (Universidade Federal de Goiás - Brasil)	521	Oladimeji Farri (Philips Research NA - USA)	373
Marcus Vinícius de Oliveira Regis (Universidade Estadual da Paraíba - Brasil)	1051	Osvaldo S. F. Carvalho (DCC - UFMG - Brasil)	459
Maria Bibiana Schachner (Hospital Italiano de Buenos Aires)	591	Otília de S. Santos (Universidade Federal do Piauí - Brasil)	1061
Maria Julia Frangella (Hospital Italiano de Buenos Aires - Argentina)	747	Otilio Paulo S. Neto (Instituto Federal do Piauí - IFPI - Brasil)	631, 699
María Victoria Giussi Bordoni (Ministerio de Salud de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires - Argentina)	787	Pamela Muratt (Universidade de Taubaté - Brasil)	989
Mariana Merli (Hospital Italiano de Buenos Aires)	731	Panel of Specialists in Health (Professors and staff of Federal University of Goiás School of Physical Education School of Nursin - Brasil)	319
Marília Menezes Gusmao (Escola Bahiana de Medicina e Saúde Pública - Brasil)	947	Paola Bertorelli (Hospital Italiano de Buenos Aires)	731
Marina Soares Bernardes (University of Sao Paulo - Brasil)	1081	Patricia Medyna Lauritzen de Lucena Drumond (Universidade Federal do Piauí - Brasil)	1071
Marta Silva Menezes (Escola Bahiana de Medicina e Saúde Pública - Brasil)	947	Patrícia Tavares Ribeiro (ENSP/FIOCRUZ - Brasil)	557
Matheus Calil Faleiros (Universidade de São Paulo - Brasil)	85	Paula de Brito Gonçalves (Sociedade Beneficente de Senhoras Hospital Sírio Libanês - Brasil)	661
Maura Géssica R. da Rocha (Universidade Federal do Piauí - Brasil)	1071	Paulo Mazzoncini de Azevedo-Marques (University of Sao Paulo - USP - Brasil)	85, 453
Maurício César Pinto Pessoa (Universidade Federal do Maranhão - Brasil)	265	Paulo Roberto Jansen dos Reis (Universidade Federal do Maranhão - Brasil)	869
Maurício Shigueyoshi Hemmi	661	Pedro Bertemes Filho (Universidade do Estado de Santa Catarina - Brasil)	829
Mayara Barbosa Viandelli Mundim (Universidade Federal de Goiás - Brasil)	549	Pedro Igor Oliveira Carvalho (Universidade Federal do Pará - Brasil)	353
Miguel Antônio Sovierzoski (Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Brasil)	117, 469, 819,	Pedro Martins Lima Neto (Universidade Federal do Maranhão - Brasil)	139
Mirna Namie Okamura (mirna.okamura@hsl.org.br - Brasil)	661, 889	Pedro Henrique Bandeira Diniz (UFMA - Brasil)	529, 683
Natasha C. Q. Lino (Universidade Federal da Paraíba - Brasil)	417, 839	Plínio de Sá Leitão-Júnior (Universidade Federal de Goiás - Brasil)	53, 61
Necio Veras (Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Ceará - Brasil)	899	Rafael Andrade (Universidade Federal de Santa Catarina - Brasil)	1089
Newton Shydeo Brandão Miyoshi (University of Sao Paulo - Brasil)	107	Rafael Dall'Alba (Ministério da Saúde - Brasil)	509
Nils Rotgans (Philips Design - The Netherlands)	753	Rafael Menezes Reis (Universidade de São Paulo - Brasil)	453

Ramon A. Moreno (Instituto do Coracao (InCor) - HCFMUSP - Brasil)	203	Rômulo Marconato Stringhini (Universidade Federal de Santa Maria - Brasil)	341
Rangaraj (Raj) Rangayyan (University of Calgary - Canada)	453	Ronaldo do Espirito Santo Rodrigues (Universidade Feevale - Brasil)	147
Raniere Medeiros (Univesidade Federal da Paraiba - Brasil)	1019	Ruan Pierre Oliveira (Universidade Federal de Campina Grande - Brasil)	963
Raphael Simões Alves (Universidade de Taubaté - Brasil)	989	Sadid A. Hasan (Philips Research North America - USA)	373
Raquel da Silva Cabral (Universidade Federal de Minas Gerais - Brasil)	907	Sandra Duran Otero (Secretaria Municipal da Saúde de Curitiba-PR - Brasil)	171
Regina de Oliveira Heidrich (Prof do Centro Universitário Feevale - Brasil)	147	Santiago Nicolás Márquez Fosser (Hospital Italiano de Buenos Aires - Argentina)	613, 773
Rejane Faria Ribeiro-Rotta (Universidade Federal de Goiás - Brasil)	319, 549	Sergio M. Fernandes (UNIFACS - Universidade Salvador - Brasil)	227
Renan Cunha dos Santos (Universidade Federal de Santa Catarina - Brasil)	299	Sérgio Gonçalves Martins (INCA - Brasil)	211
Renata Dutra Braga (Universidade Federal de Goiás - Brasil)	319, 549	Sergio Teixeira de Carvalho (Universidade Federal de Goiás - UFG - Brasil)	361, 429, 849, 859
Renata Mazaro-Costa (Universidade Federal de Goiás - Brasil)	287	Severino Dias Carneiro (Universidade FUMEC - Brasil)	195
Renato Camargos Couto (Faculdade de Medicina da Universidade Federal de Minas Gerais - Brasil)	19	Sidney Patrézio R. Campos (Universidade Federal da Paraíba - Brasil)	417
Renato M. Assuncao (Universidade Federal de Minas Gerais - Brasil)	459	Sonia Benitez (Hospital Italiano de Buenos Aires - Argentina)	481, 607, 613
Renato de Freitas Bulcão Neto (Universidade Federal de Goiás - Brasil)	127, 579	Stelmo M. B. Netto (Universidade Federal do Maranhão - Algeria)	699
Ricardo Alexandre Afonso (Universidade Federal de Alagoas - Brasil)	907	Steve Ataky (Universidade Federal do Maranhão - Brasil)	699
Ricardo João Cruz-Correia (CINTESIS - Faculdade de Medicina da Universidade do Porto - Portugal)	713	Tamela Costa (LabTEVE-UFPB - Brasil)	247
Rita de Cássia dos Santos Nunes Lisboa (Universidade do Estado do Rio de Janeiro - Brasil)	181	Tatiele Razera (Universidade do Estado de Santa Catarina - PPGEEL - Brasil)	829
Rita de Cássio Medeiros (Universidade Federal do Pará - Brasil)	439	Thais Helena de Paula Jesus (Universidade de São Paulo - Brasil)	1001
Roderval Marcelino (Universidade Federal de Santa Catarina-UFSC - Brasil)	299	Thaís B. Idalino (UFSC - Brasil)	1041
Rodrigo Rafael Villarreal Goulart (Universidade Feevale - Brasil)	147	Thales L. A. Valente (Universidade Federal do Maranhão - Brasil)	671
Roger Walz (UFSC - Brasil)	1089	Thayane de O. Simões (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIUAI - Brasil)	1061
Romina Rapisarda (Hospital Italiano de Buenos Aires)	731	Thelma Maydana (Hospital Italiano de Buenos Aires - Argentina)	693

Thiago Santana Lemes (Universidade Federal de Goiás - Brasil)	521
Tiago Bonini Borchardt (Federal Fluminense University - Brasil)	265
Vagner Mendonça Gonçalves (Universidade de São Paulo - Brasil)	799
Vagner Figueredo Santana (IBM Research - Brasil)	309
Valéria Cesáreo Times (UFPE - Universidade Federal de Pernambuco - Brasil)	385
Valter Silva (Universidade Federal de São Paulo - Brasil)	95
Vanilson Burégio (Federal Rural University of Pernambuco - Brasil)	569
Vicente Machado Neto (UTFPR - Brasil)	117, 469
Vilson Gruber (Universidade Federal de Santa Catarina - Brasil)	299
Vinicius Cardoso Garcia (Universidade Federal de Pernambuco - Brasil)	569, 907
Vinicius Andreóli Petrolini (Federal University of Santa Catarina - Brasil)	237
Vinicius Tohoru Yoshiura (University of Sao Paulo - Brasil)	107
Vitor Faeda Dalto (Universidade de São Paulo - Brasil)	85
Wagner Marcelo Sanchez (FIAP - Brasil)	29
Welisson Wilson Oliveira (Universidade de Taubaté - Brasil)	989
Willyams M. Saraiva (Universidade Federal do Piauí - UFPI PICOS - Brasil)	1071
Yana Balduino de Araújo (Universidade Federal da Paraíba - Brasil)	499
Yanna Leidy K. F. Cruz (Universidade Federal do Maranhão - Brasil)	631
Yuri Crotti (Universidade Federal de Santa Catarina - Brasil)	299
Zilma Silveira Nogueira Reis (Faculdade de Medicina UFMG - Brasil)	187, 731
Zulimar Márita Ribeiro Rodrigues (USP - Brasil)	929



ARTIGOS COMPLETOS



Projeto gráfico, editoração e capas:
Dimitri Santos | Weiss Code & Design
dimitribsn@gmail.com - +55 (31) 994 056 510
www.facebook.com/WeissCodeDesign



ARTIGOS COMPLETOS



www.facebook.com/WeissCodeDesign