



OpenSerum – Um Sistema Aberto de Monitoramento de Soro Hospitalar

OpenSerum - An Open Source System for Hospital Serum Monitoring

OpenSerum - Un Sistema Abierto de Monitoreo de Suero Hospitalaria

Celiano da Silva Silva¹, Victor Travassos Sarinho²

RESUMO

Descritores:

Monitoramento de medicamentos;
Informática médica;
Processamento de sinais assistido por computador;
Bombas de infusão;
Tecnologia biomédica

Objetivo: Este artigo apresenta o sistema de monitoramento de soro hospitalar OpenSerum. Trata-se de uma solução *open source* que faz uso de tecnologias de comunicação móvel para o acompanhamento em tempo real do serviço de infusão intravenosa de soro hospitalar. **Método:** Na primeira etapa, montou-se um circuito elétrico baseado em sensores infravermelhos para a monitoração da queda das gotas. Na segunda etapa, codificou-se um sistema servidor capaz de manter dados de configuração e enviar mensagens de texto informativas de status para dispositivos móveis cadastrados. **Resultados:** O sistema de monitoramento permitiu detectar, por meio de mudanças na faixa de valores analógicos do receptor infravermelho, se o soro estava em atividade ou não. **Conclusão:** O sistema desenvolvido cumpriu com seus objetivos de monitoração, destacando a capacidade de interação com dispositivos móveis quando necessário para informar o status de atividade do soro monitorado.

ABSTRACT

Keywords: Drug Monitoring; Medical informatics; Signal processing computer-assisted; Infusion pumps; Biomedical technology

Objectives: This paper presents the OpenSerum system for serum monitoring. It is an open source solution that uses mobile communication technologies for real-time monitoring of intravenous serum infusion service. **Method:** First, an electrical circuit was assembled based on infrared sensors in order to detect the fall of drops. Next, a server system was programmed in order to maintain circuit configuration data and send textual messages with status information for mobile devices. **Results:** The monitoring system allows the detection, through changes in the range of analog infrared receiver values, whether the serum was active or not. **Conclusion:** The developed system reached its monitoring goals, highlighting the ability to interact with mobile devices when necessary to inform the serum activity status.

RESUMEN

Descriptores: Monitoreo de drogas; Informática médica; Procesamiento de señales asistido por computador; Bombas de infusión; Tecnología biomédica

Objetivo: Ese artículo presenta el sistema de monitoreo de suero OpenSerum, una solución *open source* que hace uso de tecnologías de comunicación móviles para la monitorización en tiempo real de la infusión intravenosa de suero. **Método:** En la primera etapa, se creó un circuito eléctrico basado en sensores de infrarrojos para el seguimiento de la caída de las gotas. En la segunda, un sistema de servidor fue programado con el fin de mantener los datos de configuración de circuitos y enviar mensajes de texto con información de estado para dispositivos móviles. **Resultados:** El sistema de monitoreo permitió detectar por medio de cambios en la escala de valores analógicos del receptor infrarrojo, si el suero era o no en actividad. **Conclusión:** El sistema desarrollado cumplió con sus objetivos de monitoreo, poniendo de relieve la capacidad de interacción con dispositivos móviles cuando necesario para informar el status de actividad del suero.

¹ Pós Graduando em Sistemas Computacionais pelo Departamento de Tecnologia e Ciências da Universidade Estadual de Feira de Santana - Feira de Santana (BA), Brasil.

² Professor Adjunto do Departamento de Exatas - DEXA da Universidade Estadual de Feira de Santana - Feira de Santana (BA), Brasil.

INTRODUÇÃO

O emprego da informática na área de saúde tem crescido rapidamente nos últimos anos⁽¹⁾. Trata-se de um movimento que tem impulsionado o desenvolvimento de sistemas hospitalares distintos para finalidades diversas, auxiliando os profissionais da área de saúde na obtenção de informações em tempo real para o desenvolvimento de suas respectivas atividades⁽¹⁻²⁾.

Dentre as diversas atividades na área de saúde, tem-se na aplicação de terapias intravenosas uma atividade rotineira em hospitais⁽²⁻³⁾. De fato, segundo dados da indústria farmacêutica Helexistar⁽⁴⁾, cerca de 85% dos pacientes internados em hospitais estão ligados a algum tipo de soro ou solução intravenosa para tratamento.

Terapias intravenosas requerem um controle preciso do volume infundido, bem como o seu monitoramento⁽²⁾. Por este motivo, o monitoramento em tempo real de soro hospitalar é um conceito importante a ser trabalhado em ambientes hospitalares.

Algumas soluções de automação hospitalar caras, de código fechado e de baixa interação foram desenvolvidas nos últimos anos para a monitoração e o controle de soro hospitalar, a exemplo das Bombas de Infusão Peristáltica⁽⁵⁾ e de Infusão Universal⁽⁶⁾. Outras soluções de monitoração de soro hospitalar de baixo custo também foram

desenvolvidas nos últimos anos⁽¹⁻²⁾, porém de código fechado e de comunicação restrita a computadores locais e redes internas.



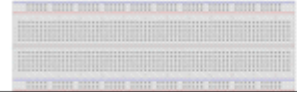







Este artigo apresenta um sistema de monitoramento de soro hospitalar denominado OpenSerum. Trata-se de uma solução *open source*, de baixo custo, que faz uso de tecnologias de comunicação móvel para o acompanhamento em tempo real do serviço de infusão intravenosa de soro hospitalar.

No decorrer deste artigo, serão descritas a metodologia de desenvolvimento em duas fases aplicada neste projeto, os resultados de projeto e custos obtidos, uma breve discussão relacionada a trabalhos existentes, conclusões finais e os trabalhos futuros esperados para este projeto.

METODOLOGIA

O processo de desenvolvimento do OpenSerum ocorreu basicamente em duas etapas. Na primeira etapa, objetivou-se a construção de um circuito elétrico capaz de identificar a queda das gotas de soro e o envio desta informação para o sistema servidor. Já na segunda etapa, o esforço foi concentrado no desenvolvimento de um software capaz de configurar de forma clara os dados recepcionados pelo circuito elétrico, bem como enviá-los em tempo real via computação móvel para os dispositivos móveis cadastrados.

Quadro 1 – Componentes usados no circuito elétrico.

DETALHAMENTO DE COMPONENTES USADOS NO CIRCUITO ELETRÔNICO			
Ilustração	Descrição	Quantidade	Objetivo
	Arduino Mega 2560	1 eletrônico	Gerenciar o circuito, colhendo e enviando dados
	Shield Ethernet	1	Permitir comunicação ethernet entre o arduino e o servidor
	Protoboard	1	Construção do circuito elétrico.
	Emissor Infravermelho	1	Emitir feixe de luz infravermelha na direção do receptor infravermelho
	Receptor Infravermelho	1	Permitir a verificação da intensidade do feixe de luz recebido do emissor infravermelho
	Buzzer	1	Emitir bip sempre que a queda de uma gota for verificada
	Resistor	3	Preserva o buzzer, o receptor e o emissor infravermelho de danos elétricos.
	Fio cor azul	3	Efetuar ligação entre portas GND do arduino e o circuito elétrico.
	Fio cor vermelha	4	Efetuar ligações de 5V no circuito.
	Fio cor verde	1	Efetuar ligação entre o circuito e a porta analógica (AO) do arduino.

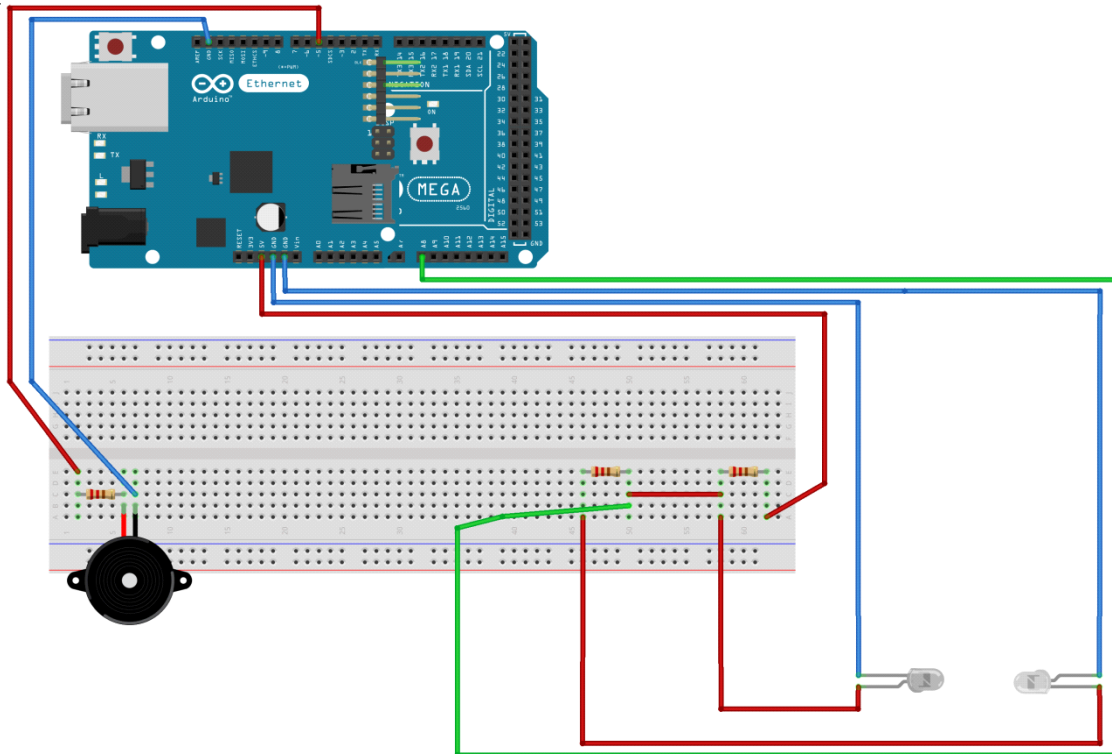


Figura 1 – Esquema do circuito de monitoração do OpenSerum.

```

final | Arduino 1.6.1
Arquivo Editar Sketch Ferramentas Ajuda

final
#include <SPI.h>

//Constante que representa o p
const int buzzer = 5;
int sensor = 0; //Pino an
int valorSensor = 0; //Usada p

/* Variáveis da conexão e const

//Método setup, executado uma
void setup() {
143
142
139
144
148
149
144
144
143
144
142
101

```

Figura 2 – Dados coletados do receptor infravermelho de monitoração.

O circuito elétrico montado na primeira fase é composto por um Arduino com microcontrolador ATmega 2560 que é usado para controlar o circuito e enviar dados ao sistema servidor por meio de uma comunicação Ethernet. Essa comunicação é feita através de uma Shield Ethernet que fica acoplada no Arduino. O Quadro 1 apresenta com mais detalhes os componentes usados no circuito.

O esquema apresentado na Figura 1 demonstra como as ligações foram feitas no circuito, tendo como objetivo principal colher dados de forma analógica do receptor infravermelho.

Para a detecção da queda de gotas do soro, utilizou-se no circuito um emissor de luz infravermelha que incide o seu feixe de luz em um receptor infravermelho. Ao cair, a gota corta parte da luz recebida pelo receptor, aumentando assim sua resistência. A intensidade da resistência é verificada a cada 100 milissegundos por meio de valores analógicos no Arduino (Figura 2).

Em testes realizados, observou-se que sem interferência os valores analógicos coletados do receptor infravermelho ficavam sempre acima de 135. Com o passar da gota pelo feixe de luz, esse valor caía para menos de 125. Assim, estabeleceu-se como parâmetro limiar de detecção o valor 130.

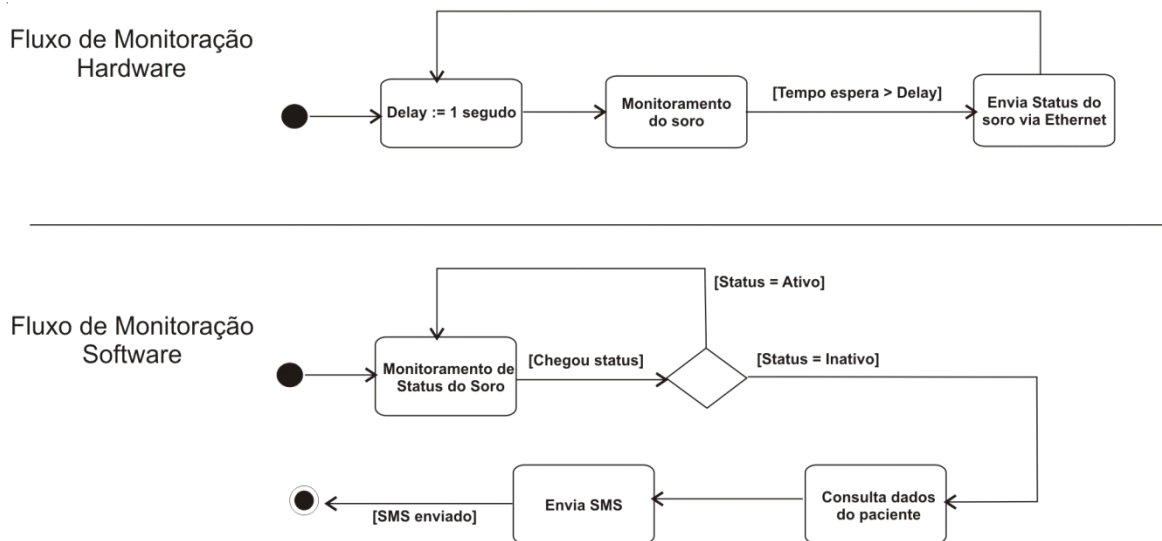


Figura 3 – Diagramas de atividades dos fluxos de monitoração do OpenSerum.

Uma vez estabelecido o parâmetro de detecção, o circuito foi configurado para toda vez que identificar a passagem de uma gota entre o feixe de luz, enviar para o sistema servidor o status de “soro ativo”. Caso os valores analógicos verificados pelo Arduíno sejam maiores que o parâmetro de detecção estabelecido em um espaço de tempo maior do que 120 segundos, o circuito informa para o sistema servidor o status de “soro inativo”.

Com relação ao sistema servidor desenvolvido na segunda etapa, este trabalha recebendo a informação de *status* de soro enviada pelo *hardware* de monitoração. Trata-se de um software de comunicação criado em linguagem de programação PHP⁽⁷⁾ e banco de dados MySQL⁽⁸⁾ capaz de manter e tratar os dados do circuito de monitoração. Dentre os dados mantidos, destacam-se: 1) os parâmetros que definem a detecção de atividade do soro; 2) o nome do paciente; 3) o quarto onde o paciente se encontra; 4) o nome do acompanhante e 5) o número do celular do acompanhante que receberá a informação de “soro inativo”.

Com relação ao tratamento dos dados do circuito de monitoração, caso o *status* recebido seja de “soro inativo”, uma consulta é feita no banco de dados do sistema servidor para saber se uma mensagem de texto foi enviada. Caso a mensagem não tenha sido enviada, uma nova consulta é feita para obter os dados do celular cadastrado. Com estes dados, o sistema servidor envia um Short Message Service (SMS) de aviso e registra seu envio no banco de dados.

Os diagramas de atividades apresentado na Figura 3 ilustram este processo de monitoração do soro e envio de SMS realizados pelo conjunto *hardware* e *software* desenvolvidos.

RESULTADOS

Para fins de comprovação da eficácia e eficiência do conjunto *hardware-software* proposto, foi desenvolvido um protótipo do OpenSerum conforme as etapas de projeto previamente descritas neste trabalho (Figura 4). Neste protótipo, testou-se as lógicas de monitoração definidas e programadas, bem como a capacidade de monitoração

em tempo real do hardware projetado. Como resultado, pode-se confirmar o funcionamento efetivo do conjunto proposto para a monitoração em tempo real desejada de soro hospitalar.



Figura 4 – Protótipo hardware-software desenvolvido para o OpenSerum.

Com relação ao custo de produção do OpenSerum, tem-se a estimativa de um valor inicial de R\$ 265,00, conforme detalhamento descrito na Quadro 2. Seu custo de manutenção também é igualmente barato, uma vez que se trata de uma arquitetura simples, de fácil manutenção e baseada em componentes de baixo custo. Fazendo um comparativo com soluções existentes no mercado, Button⁽⁹⁾ descreve bombas de infusão de uso geral com um custo entre R\$ 2.000,00 e R\$ 9.000,00. O Quadro 3 também apresenta um comparativo entre soluções de monitoramento de soro existentes no mercado e o custo identificado para o OpenSerum proposto. Assim, tem-se a confirmação do OpenSerum como uma solução de baixo custo de produção e manutenção em comparação com as demais soluções de monitoramento e controle de infusão disponíveis no mercado.

Com relação a facilidade de uso do OpenSerum, a Figura 5 ilustra a tela de acompanhamento de atividade

DETALHAMENTO E ESTIMATIVA DE CUSTO DO OPENSERUM	
PEÇA	PREÇO
Placa Lógica OpenSerum	R\$ 160,00
Emissor e Receptor Infravermelho	R\$ 10,00
Carcaça do OpenSerum	R\$ 30,00
Fonte de Alimentação	R\$ 3,00
Embalagem	R\$ 7,00
Custo de produção e testes	R\$ 55,00
TOTAL	265,00

Quadro 2 – Custos do OpenSerum.

TABELA COMPARATIVA	
SOLUÇÕES DE MONITORAMENTO	PREÇOS
Bomba de infusão peristáltica - CELM[5]	R\$ 3.490,00
Bomba de infusão universal - MEDSYSTEM[6]	R\$ 7.229,00
Mediflux - Biotecmed[10]	R\$ 624,00
OpenSerum	R\$ 420,00

Quadro 3 – Comparativo de preços de soluções de monitoramento de soro.

OpenSerum

10:53:42

MONITOR	QUARTO	PACIENTE	TELEFONE	ACOMPANHANTE	IP	STATUS	EDITAR
SORO3	A2	PEDRO COSTA DA SILVA	75982589737	CARLOS COSTA	192.168.1.180	● INATIVO	
SORO2	A1	JULIA MATINS	75992633940	CARLA MARTINS	192.168.1.174	● INATIVO	
SORO1	A1	MARIA CLARA DE JESUS	7582357714	CARLA OLIVEIRA	192.168.1.177	● ATIVO	

Figura 5 – Tela indicativa do status de monitoração do soro.

do soro. Nesta tela, o sistema apresenta o circuito conectado à rede, seus dados de configuração para esta monitoração, o indicativo de atividade/inatividade do soro monitorado, e a opção de edição em tempo real dos dados de monitoração cadastrados.

Ao selecionar a opção de edição dos dados de monitoração, tem-se a visualização da tela de configuração dinâmica dos esquemas de monitoração correntes do OpenSerum (Figura 6). Nesta tela, o campo “IP” solicita o endereço de rede do circuito de monitoração, o qual é utilizado para verificar periodicamente se o circuito está ativo ou não. O campo “Nome do Circuito” serve para facilitar a identificação de qual circuito OpenSerum está sendo acompanhado pelo respectivo Internet Protocol (IP). Já o campo “Paciente” recebe o nome do usuário corrente do OpenSerum, facilitando assim a identificação. Finalmente, o campo “Celular” recebe o número telefônico

do responsável pelo acompanhamento do paciente. Este número receberá a mensagem de texto informando que o respectivo soro monitorado está inativo.

Como resultado, apenas duas telas de poucos campos e com mínima complexidade são necessárias para o uso efetivo do OpenSerum por parte dos profissionais de saúde envolvidos, comprovando assim sua facilidade de uso na monitoração automática e em tempo real de soro hospitalar.

DISCUSSÕES

Diversos trabalhos têm sido desenvolvidos nos últimos anos focados na monitoração de pacientes hospitalares. Leite et al.⁽¹¹⁾ apresenta alguns destes trabalhos voltados para a monitoração e automação hospitalar, seguida de uma proposta de arquitetura middleware para o

Figura 6 – Tela de configuração do OpenSerum.

monitoramento e envio de alertas em um ambiente hospitalar. Contudo, apesar de trabalhar com a transmissão de dados médicos via SMS, trata-se de uma aplicação que apenas repassa as informações médicas coletadas, sem a preocupação de interpretar ou aplicar uma lógica de negócio aos dados obtidos.

Carmona e Vieira⁽²⁾ e Batista et al.⁽¹⁾ desenvolveram soluções similares com foco na monitoração de infusões intravenosas. Nas suas aplicações, os dados resultantes do monitoramento são enviados via comunicação serial para um computador central no qual são devidamente exibidos e armazenados. Ou seja, tratam-se de soluções com propostas de monitoração similares à do OpenSerum, porém restritas a redes internas de comunicação, defasadas tecnologicamente, e de código fechado ao público.

Murakami⁽¹²⁾ também desenvolveu um trabalho interessante denominado vMonGluco para o monitoramento automatizado dos níveis de glicose de pacientes em UTIs (Unidades de Terapia Intensiva). Nele, um PocketPC era conectado a um monitor de glicose comercial disponível e efetuava uma leitura a cada 5 minutos dos dados coletados. Ou seja, além de não ser uma solução hardware/software aberta, o vMonGluco não oferecia garantias de que as informações iriam de fato ser entregues em prazos estabelecidos⁽¹¹⁾.

CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou o OpenSerum, um projeto aberto *hardware-software* de baixo custo para a monitoração de soro hospitalar. Trata-se de uma solução integrada que atende as expectativas de usabilidade exigidas em ambientes de saúde em geral, destacando: sua facilidade

de uso, baixo custo de aquisição e manutenção, e distribuição em tempo real de informações do paciente por meio de dispositivos móveis de comunicação.

Apesar do OpenSerum não ter sido testado em ambiente real com pessoas em tratamento, pode-se inferir que seus objetivos foram devidamente alcançados. De fato, trata-se de uma arquitetura simples e de fácil implantação, cujo protótipo desenvolvido (Figura 4) permitiu a devida validação das lógicas de monitoração definidas, bem como a verificação de desempenho do conjunto hardware-software proposto.

Para fins de replicação dos resultados obtidos e colaboração futura por demais adeptos do desenvolvimento *open source*, os códigos-fonte e diagramas gerais do OpenSerum se encontram disponíveis em <https://bitbucket.org/vsarinho/openserum>.

TRABALHOS FUTUROS

Além da aplicação do OpenSerum em ambiente real de enfermaria, existem alguns trabalhos futuros capazes de serem aplicados no aperfeiçoamento do OpenSerum, tais como:

- Regulação da velocidade de infusão pelo sistema, permitindo assim um ajuste remoto da aplicação do soro por parte dos atendentes;
- Inclusão do recurso de verificação da temperatura corporal do paciente, com o objetivo de fornecer informações extras sobre uma possível reação medicamentosa que o paciente venha sofrer.
- Integração com outros sistemas atuais de mensagens instantâneas e comunicação móvel em substituição ao SMS, tais como Whatsapp⁽¹³⁾, Facebook Messenger⁽¹⁴⁾ e Telegram⁽¹⁵⁾, por exemplo.

REFERÊNCIAS

1. Gontijo LL, Batista JS, Barreiro MS. Sistema para monitoramento de infusão e medição de temperatura. [citado 2014 Dez 13]. Disponível em: <<http://www.sbis.org.br/cbis9/arquivos/159.pdf>>
2. Carmona JVC, Vieira GS. Sistema de monitoramento do fluxo de soro. [citado 2015 Out 22]. Disponível em: <<http://www3.iesam-pa.edu.br/ojs/index.php/computacao/article/view/172>>
3. Hiramã RT, Nishikawa R, Penco MCC, Yokoo R, Ramirez EFF. Método para inspeção de bombas infusoras. 2002. [citado 2015 Out 22]. Disponível em: <<http://www.uel.br/projetos/ec/Producao/bominf.PDF>>
4. HalexIstar. Soro, o medicamento que mais salva vidas. [citado 2015 Mar 31]. Disponível em <[http://](http://www.jhi-sbis.saude.ws)

- www.halexistar.com.br/imprensa/noticias-e-releases/soro-o-medicamento-que-mais-salva-vidas/
5. CELM. MP-20. [citado 2015 Abr 06]. Disponível em: <<http://www.celm.com.br/produtos-interna.asp?Cod=303897>>
 6. MEDSYSTEM. Bomba de infusão FlexPump BSV 700. [citado 2015 Abr 06]. Disponível em: <http://www.medsystemhospitalar.com.br/produto/equipamentos-hospitalares_12/bomba-de-infusao-flexpump-bsv-700-7>
 7. Manual do PHP. Prefácio. [citado 2015 Abr 06]. Disponível em: <http://php.net/manual/pt_BR/preface.php>
 8. Mysql. Chapter 1 General Information. [cited 2015 Abr]. Available from: <<http://dev.mysql.com/doc/refman/5.7/en/introduction.html>>
 9. Button VLSN. Dispositivos de Infusão. [citado 2015 Mar 31]. Disponível em: <<http://www.contattimedical.com.br/wpcontent/uploads/2012/08/Dispositivos-para-Infusao.pdf>>
 10. Biotecmed. Mediflux DL200. [citado 2015 Abr 07]. Disponível em: <<http://biotecmed.com.br/mediflux-dl200.html>>
 11. Leite CRM, Araujo BG, Valentim RAM, Brandão GB, Guerreiro AMG. Novas tecnologias para automação hospitalar. [citado 2015 Fev 15]. Disponível em: <<http://www.ufpi.br/subsiteFiles/ercemapi/arquivos/files/minicurso/mc6.pdf>>
 12. Murakami A, Gutierrez MA, Lage SHG, Rebelo MFSá de, Ramires JAF. A continuous glucose monitoring system in critical. IEEE Comput Cardiol. 2006;32:10-4.
 13. Whatsapp. Mensagens simples pessoais. Em tempo real! [citado 2015 Abr 06]. Disponível em <http://www.whatsapp.com/?l=pt_br>
 14. Facebook messenger. Messenger. [citado 2015 Abr 06]. Disponível em <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.facebook.orca&hl=pt_BR>
 15. Telegram. Telegram messenger. [cited 2015 Abr 06]. Available from: <<https://telegram.org/>>