



## Uma avaliação heurística sobre um Sistema de Captura de Movimentos em Realidade Aumentada

An heuristic evaluation of Augmented Reality Motion Capture System

Una Evaluación Heurística de un Sistema de Captura de Movimiento En Realidad Aumentada

Eduardo Filgueiras Damasceno<sup>1</sup>, Edgard Afonso Lamounier Junior<sup>2</sup>, Alexandre Cardoso<sup>3</sup>

### RESUMO

**Descritores:** Sistemas de Computação; Movimento (Física); Serviços de Reabilitação.

Este trabalho mostra uma avaliação heurística da interface do Sistema de Captura de Movimentos (MoCap) realizado por profissionais de saúde (fisioterapeutas) no intuito de promover a melhoria contínua do software bem como elucidar como as técnicas de rastreamento de movimentos com a tecnologia de Realidade Aumentada pode trazer uma vantagem estratégica para pequenas clínicas. Também são levantadas as deficiências desta tecnologia e proposto algumas práticas que podem mitigá-las.

### ABSTRACT

**Keywords:** Computer Systems; Movement (Physics); Rehabilitation Services

This paper shows a heuristic interface evaluation of Motion Capture System (MoCap) conducted by physiotherapists in order to promote continuous improvement of the software as well as elucidate the techniques of tracking movements with the Augmented Reality technology can provide a strategic advantage to small clinics. Also raised are the shortcomings of this technology and proposed some practices that can mitigate them.

### RESUMEN

**Descriptores:** Sistemas Computacionales; Movimiento (Física); Servicios de Rehabilitación

En este trabajo se muestra una evaluación heurística de la interfaz del sistema de captura de movimiento (Mocap) llevada a cabo por profesionales de la salud (fisioterapeutas) con el fin de promover la mejora continua de los programas, así como dilucidar las técnicas de rastreo de movimientos con la tecnología de Realidad Aumentada puede proporcionar una ventaja estratégica para pequeñas clínicas. También se planteó son las deficiencias de esta tecnología y propuso algunas prácticas que pueden mitigarlos.

<sup>1</sup> Doutorando em Engenharia Elétrica, Instituto Federal Goiano, Goiânia (GO), Brasil.

<sup>2</sup> PhD em Computação, Universidade Federal de Uberlândia - UFU, Uberlândia (MG), Brasil.

<sup>3</sup> Doutor em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Uberlândia - UFU, Uberlândia (MG), Brasil.

## INTRODUÇÃO

A área da saúde vem constantemente recebendo diversas contribuições da tecnologia da informação para apoiar seus processos. E uma das contribuições mais latentes para a subárea de reabilitação têm sido as pesquisas e inovações em sistemas de captura de movimento (MoCap).

A MoCap é um conjunto de artifícios usado para mapear deslocamentos em objetos ou seres vivos e representa-los em um ambiente computacional.

Estes artifícios incluem desde as câmeras de alta definição, softwares, roupas e aparatos para que seja possível o registro desta informação de movimento, todavia estes tornam muito oneroso para pequenos centros de pesquisa.

Diversas abordagens têm sido apresentadas para se atenuar o custo operacional desta tecnologia, um das mais promissoras é o uso de múltiplas câmeras convencionais (webcams) e algumas técnicas de processamento de imagem como o registro de características de imagem<sup>1</sup>, análise de silhueta<sup>(1-2)</sup>, registro de fundo<sup>2</sup> e o rastreamento em Realidade Aumentada (RA)<sup>(3)</sup>.

A partir do uso de marcadores fiduciais passivos como característica da imagem é possível identificar, mais rapidamente, a posição relativa do objeto no espaço além de sua orientação e possível previsão de trajetória<sup>(4)</sup>.

A RA também pode ser obtida a partir da análise de imagens sem marcadores fiduciais, apropriando-se das técnicas mencionadas acima, e recentemente pelo advento do dispositivo sensor de movimento MS-Kinect<sup>(5)</sup>, que vem facilitando o desenvolvimento de ferramentas aplicadas, principalmente, a reabilitação motora.

Mas, mesmo com diversas vantagens computacionais, estas abordagens possuem certas limitações que devem ser analisadas sob o prisma científico multidisciplinar, envolvendo aspectos tanto computacionais e da área de saúde.

Portanto é salutar que quando um método ou sistema é desenvolvido, passe por uma análise de especialistas (*expertise*), e no caso de um software voltado para a área da saúde, por um grupo multidisciplinar.

Este trabalho apresenta uma avaliação heurística sobre o uso de um sistema de captura de movimentos com marcadores fiduciais no intuito de evidenciar suas potencialidades na aplicação como técnica de MoCap de baixo custo e identificar as fragilidades da tecnologia para que em trabalhos futuros possam ser minimizadas.

## FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### O Movimento Humano e sua Reabilitação

O corpo humano pode ser definido fisicamente como um complexo sistema de segmentos articulados em equilíbrio estático ou dinâmico, onde o movimento é causado por forças internas atuando fora do eixo articular, provocando deslocamentos angulares dos segmentos, e também por forças externas ao corpo<sup>(6)</sup>.

Quando um destes segmentos possui uma má função ou sofre de alguma patologia, provoca uma reorganização de toda estrutura para suportar o novo estado, muitas das vezes provocando maior dano pela sobrecarga de peso

nos demais segmentos.

Desta forma, a reabilitação motora está posta para corrigir ou readaptar o indivíduo a sua nova realidade corporal, seja temporária ou permanente, de forma que o equilíbrio do corpo seja obtido.

As práticas reabilitadoras são baseadas na estrutura do movimento biomecânico e o reflexo desta atuação, na qual são observados os ângulos de amplitude máxima e mínima das juntas e articulações do corpo<sup>(7)</sup>.

Quando um indivíduo, ao realizar um exercício, não consegue apresentar uma mobilidade articular ou uma flexibilidade de suas articulações, muito provavelmente possui uma desordem que compromete todo o corpo.

Para atenuar esta desordem é necessária a avaliação constante desta mobilidade e flexibilidade para um perfeito restabelecimento de funções.

Para se auferir a amplitude de movimento, flexibilidade e mobilidade articular, é realizado um processo de medições angulares.

Este processo analisa os segmentos do corpo, suas juntas e articulações de maneira a observar as formações angulares correspondentes a linha da gravidade.

Esta análise pode ser realizada por aparelhos convencionais como o goniômetro manual ou por análise de imagens digitais.

Todavia é um processo que demanda tempo de análise que em muitos casos não é compreendido no decorrer das sessões de reabilitação. Indicado apenas no início e no final do tratamento para se comprovar a eficácia da terapia.

### Tecnologia De Captura De Movimentos

Diversas tecnologias têm sido usadas para desenvolver sistemas de MoCap tais como: sonora, eletromagnética, eletromecânica, óptica (passiva e ativa) e híbrida (que combina mais de uma tecnologia).

Esta tecnologia, muito aplicada para o entretenimento, passa a ter maior difusão na área da saúde principalmente para as avaliações de movimento, servindo de base para tomadas de decisões em processos de reabilitação.

A tecnologia de MoCap por sensores óticos como câmeras de vídeo deve sua maior difusão no últimos anos<sup>6</sup>. Principalmente pela inserção desta tecnologia em sistema de console de jogos digitais como Nintendo Wii, Xbox e Playstation EyeToy, que a utiliza para envolver seus usuários no mundo dos games, transportando seus movimentos para dentro do jogo.

Basicamente o fluxo de processo de um sistema de MoCap é analisar os dados de uma imagem capturada por um dispositivo, como uma câmera convencional, a partir de algoritmos de processamento de imagem que realiza a busca de certas características na imagem.

Estas características podem ser um padrão de imagem, como o padrão de marcador fiducial do ARToolkit usado em Realidade Aumentada (RA)<sup>(8)</sup>, ou um objeto de cor predefinida que possa ser identificado como um ponto no espaço.

Há também a busca por características da própria imagem e sua variação em função do tempo.

Atualmente se tem buscado dar para o usuário uma maior liberdade na execução de movimentos e, portanto,

cada vez mais as tecnologias que não utilizam marcadores são incorporadas ao processo. Uma destas tecnologias está disponível nos sensores de movimento do MS Kinect<sup>(5)</sup>.

O uso deste dispositivo assume que o usuário estará sempre frente à câmera e a uma distância média de 1,8 metros e que seus movimentos sejam cabíveis dentro de um campo de visão ortogonal.

Todavia quando se deseja capturar os movimentos de uma pessoa com o intuito de promover a reabilitação da

mesma, é necessário analisar diversas posições em que são realizados estes movimentos, portanto, o dispositivo não oferece uma abrangência de utilização para os exercícios que envolvem os membros inferiores e o torso do usuário.

Tem-se então a vantagem do uso dos marcadores fiduciais em detrimento das técnicas sem marcadores, pois estes marcadores poderão ser fixados em qualquer parte do corpo e, por meio da avaliação trigonométrica de

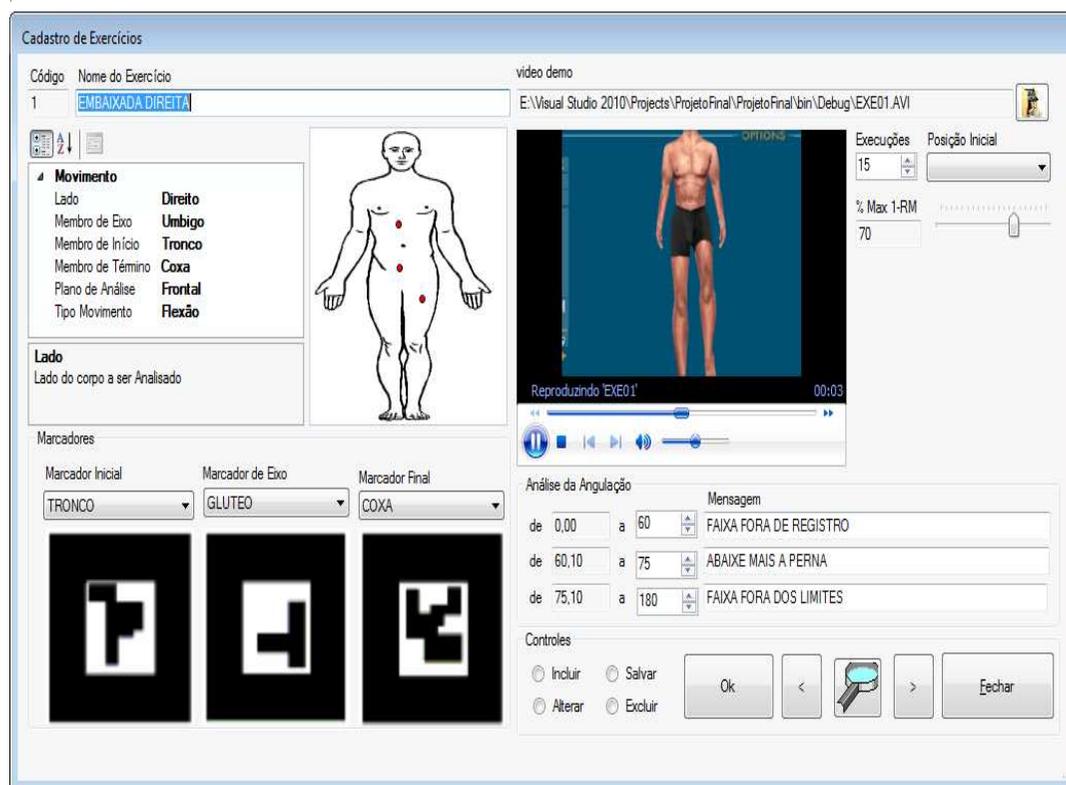


Figura 1 – Tela de cadastro de exercícios

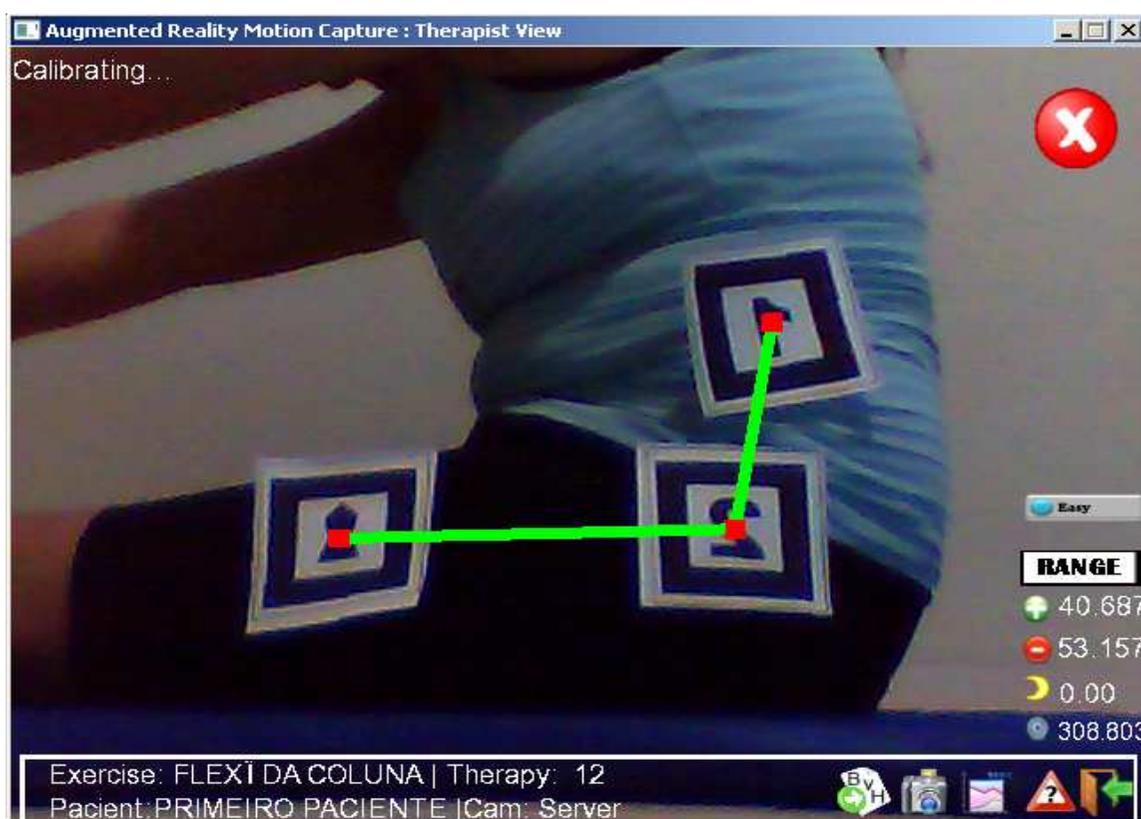


Figura 2 - Usuário em Terapia Virtual Aumentada

suas respectivas posições, estabelecer a amplitude articular do movimento realizado.

**O Software de MoCap com RA**

Para validação do sistema e conseqüentemente análise de sua utilização, um protótipo foi desenvolvido para dar suporte às técnicas de mocap em RA. Este protótipo utiliza as bibliotecas de rastreamento de movimentos do ARToolkit<sup>(3)</sup> e realiza o gerenciamento dos dados armazenados em banco de dados.

Um sistema de informação foi desenvolvido para gerenciar os dados sobre os pacientes, exercícios, e terapias. Um exemplo de interface pode ser vista na tela de cadastro de exercícios apresentada na Figura 1.

E, para interligar as informações sobre a condição física do paciente e a captura de movimento foi realizado a comunicação interprocessos entre o ambiente de RA e o sistema de informação<sup>(9)</sup>.

Foram utilizados marcadores fiduciais de 5x5 cm de diâmetro e câmeras convencionais para realizar a captura dos movimentos. A Figura 2 mostra um modelo em atividade com os marcadores fiduciais e a captura de movimento requerida para um exercício de flexão do quadril em pé.

Os dados do movimento realizado no exercício são armazenados e transferidos para o banco de dados do sistema de informação o qual possui uma interface de avaliação (Figura 3) que mostra momento a momento a

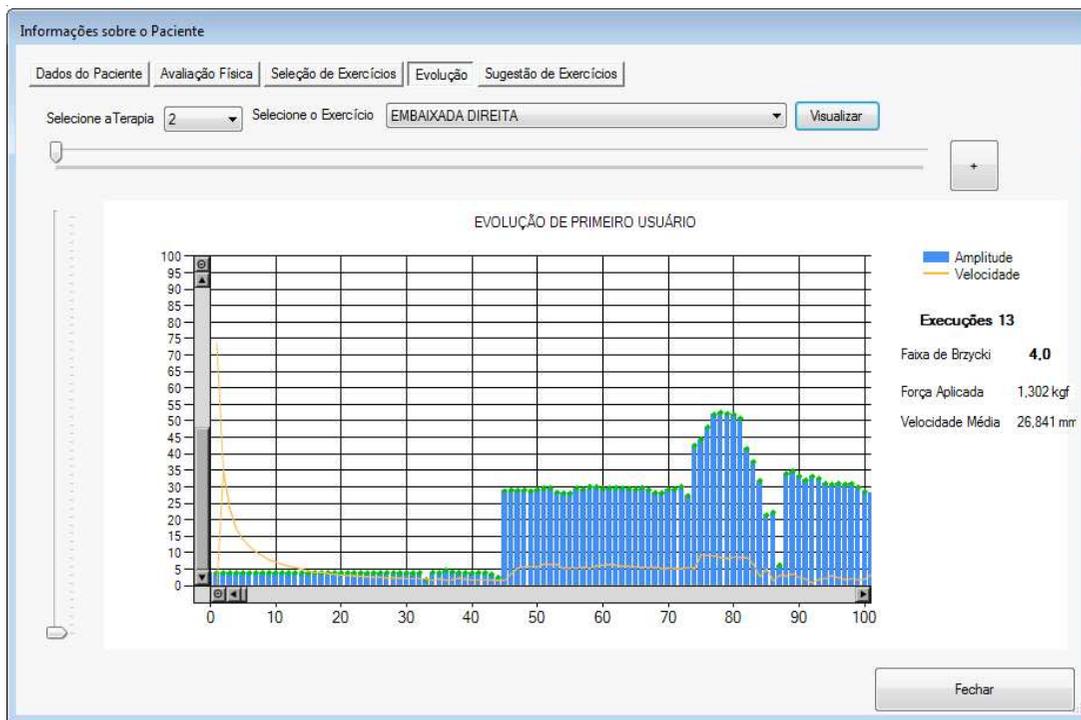


Figura 3 - Análise dos dados do movimento capturado

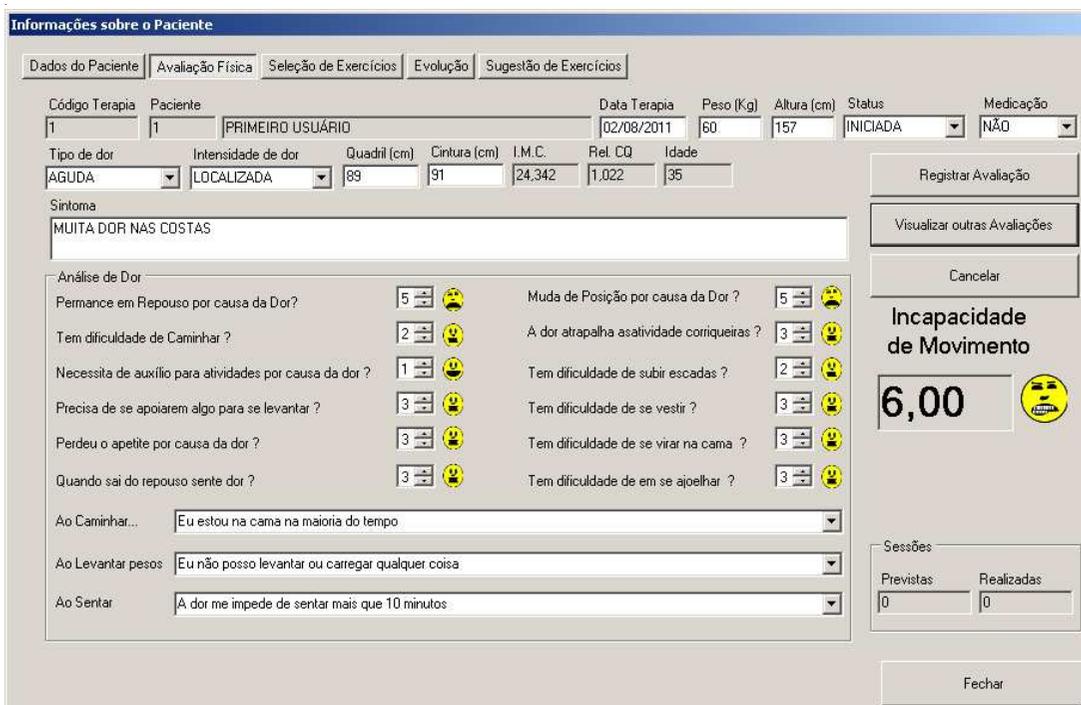


Figura 4 – Avaliação da condição física

amplitude articular do movimento, força estimada empregada no movimento, velocidade e estimativa de fadiga pelo método de Bryzcki<sup>(10)</sup>.

O sistema de informação possui uma interface de avaliação da condição física do paciente (Figura 4) composta de perguntas cujas respostas são medidas de acordo com a escala de dor autopercebida de borg.

Há diversos métodos de classificação e mensuração de dor. O método implementado no sistema estabelece uma escala de dor de 6 variações que combinadas as medidas antropométricas desejáveis para um indivíduo saudável, como por exemplo a largura da cintura e do quadril, peso, altura e idade a as referências do questionário de avaliação de Rolland-Morris<sup>(11)</sup> e a Avaliação Funcional de Oswestry<sup>(12)</sup>, pode-se inferir uma medida quantitativa que foi denominada de Incapacidade de Movimento (InMov).

É possível extrair informações sobre o acompanhamento da terapia a partir da interface de geração de relatórios (Figura 5).

Esta interface faz um agrupamento de dados e apresenta ao usuário na forma de relatório mostrando a variação da Incapacidade de Movimento aferida no início e no final de cada terapia, a força média aplicada no início e no final das seções, bem como a velocidade e o tempo médio de exercício.

#### Avaliação Heurística de Interface

Uma avaliação heurística da interface consiste em um grupo de regras e métodos de pesquisa sobre um domínio, que levam à descoberta e o entendimento de inconsistências que acarretam na rejeição de um software.

Esta avaliação é realizada por meio de questionários que tem por função medir a usabilidade da interface. Normalmente são requeridos especialistas no domínio do software para que seja avaliada em conjunto a sua utilidade e funcionalidade por meio de apontamentos e indicações destes profissionais já habituados com o processo convencional ou manual e bem como outros softwares semelhantes<sup>(13)</sup>.

Todavia, somente a avaliação heurística da interface não é suficiente para se conceituar uma interface de software, e, devido a isto, outro protocolo de avaliação

foi considerado para a medição da usabilidade do sistema.

O *Think Aloud Protocol* (TAP)<sup>(14)</sup> foi o método escolhido para ajudar o entendimento dos apontamentos apresentados pelo questionário da avaliação e, desta forma, apresentar um conceito mais aprimorado sobre a interface.

Os TAPs se baseiam em métodos introspectivos para a coleta de dados. Os TAPs, como o nome já diz, exigem que os avaliadores verbalizem aquilo que estão pensando ou pensaram durante a operação da interface.

As expressões faciais e os gestos que os especialistas executam durante o ato de operação da interface tem grande influência e ajudam os desenvolvedores a criar o conceito de usabilidade da interface.

#### MÉTODOS

De maneira a evidenciar as características funcionais do sistema e seu comportamento, estabilidade e eficiência, frente a uma operação real, foram convidados 9 especialistas em reabilitação que já tiveram contato com a tecnologia de captura de movimentos para aferirem o sistema, sendo aplicado a eles um questionário avaliativo conforme as normas NBR ISO/IEC 9126<sup>(15-16)</sup>.

O intuito deste questionário foi levantar dados sobre a usabilidade e operabilidade da interface e do método de MoCap com RA utilizado no sistema.

Foi oportunizado aos especialistas um treinamento sobre as funcionalidades do sistema evidenciando sua operacionalização. Também foram convidados 3 sujeitos para serem modelos durante o processo de captura de movimentos.

Os procedimentos metodológicos da pesquisa foram analisados pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos do Instituto Federal Goiano (IFGoiano), e estão de acordo com as normas éticas estabelecidas pela Resolução CNS196/96, possuindo registro de autorização da pesquisa 006/2012.

Os testes foram realizados em uma sala fechada e climatizada na qual apenas um avaliador e um modelo estavam presentes e ambos foram filmados por uma câmera digital afixada frente ao especialista e frente ao modelo.

As questões foram elaboradas de forma que a resposta

The screenshot shows a software interface titled "Acompanhamento de Casos Clínicos". At the top, there are fields for patient information: "Paciente" (PRIMEIRO USUÁRIO), "Nascido em" (25/10/1976), "Gênero" (MAS), and "Etnia" (BRANCO). There are "Visualizar" and "Fechar" buttons. Below this is a navigation bar with "1 of 1" and icons for back, forward, and search. The main content is a table with two rows of therapy data. The first row is for therapy 2, starting on 02/04/2011, with symptoms of back pain and localized intensity. The second row is for therapy 3, ending on 15/08/2011, with symptoms of improvement in the lumbar region and no pain. Both rows show physical measurements (waist, hip, weight, height) and functional indices (C/Q, I.M.C., and I.I.M.).

Terapia	Terapia	Paciente: PRIMEIRO USUÁRIO	Expectativa de	Melhora	48,28 %
2	INICIADA 02/04/2011	Sintoma: DOR NAS COSTAS Dor: LOCALIZADA Intensidade: LOCALIZADA Previstas 20 Realizadas 12	Cintura: 104,3cm Peso: 89,5 Kg	Quadril: 98,2 cm Altura: 177 cm	C/Q 1,06 I.M.C.: 28,57 I.I.M.: 7,89 Medicado: NÃO
3	TERMINADA 15/08/2011	Sintoma: MELHORA NA DOR NA REGIÃO LOMBAR Dor: SEM DOR Intensidade: SEM DOR Previstas 20 Realizadas 14	Cintura: 97,4cm Peso: 83,1 Kg	Quadril: 97,6 cm Altura: 177 cm	C/Q 1,00 I.M.C.: 26,52 I.I.M.: 4,32 Medicado: NÃO

Obs:  
I.I.M.: Índice de Incapacidade de Movimento, calculo de acordo com questionário ROLLAND & MORRIS (2002)  
I.M.C.: Índice de Massa Corporal  
Expectativa de Melhora significa a provável involução da patologia

Figura 5 - Análise da evolução da patologia

possa ser colocada na escala de Likert.

Esta escala é um tipo de escala de resposta psicométrica usada habitualmente em questionários, e é a escala mais usada em pesquisas de opinião.

Ao responderem a este questionário os especialistas especificam seu nível de concordância com uma afirmação e depois é averiguado na filmagem a sua expressão.

A sala possui iluminação artificial composta de 4 lâmpadas Philips fluorescente compacta de 26 W, que geram um fluxo luminoso de aproximadamente 1482 lm, deixando, assim, o ambiente bem iluminado para facilitar o processo de registro dos marcadores.

Para a captura dos movimentos foram utilizadas quatro câmeras convencionais interligadas a dois microcomputadores portáteis que transferiam os dados de captura por uma rede sem fio (*wireless*).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados desta pesquisa foram agrupados para facilitar a compreensão sobre os conceitos de usabilidade<sup>(17)</sup>: Funcionalidade, Confiabilidade, Amigabilidade e Eficiência.

Estes dados foram obtidos pela percepção do especialista em dois momentos: o primeiro ao configurar o modelo para o processo de captura de movimento e o segundo em operar o sistema.

### Avaliação sobre a Funcionalidade do Sistema

A Funcionalidade de um software pode ser definida como um conjunto de critérios que evidenciam que o software atende os requisitos funcionais básicos que se propõe a fazer, e assim como toda ferramenta deve ser útil e fornecer uma vantagem estratégica para se garantir a eficiência.

Por isso foram escolhidas as interfaces do sistema em que os usuários mais requisitarão, sendo elas: as operações básicas (cadastro de paciente, cadastro de exercícios, cadastro de terapia); o *warm-up* ou afixação dos marcadores no modelo/paciente; a avaliação da condição física (anamnese); o ambiente de RA e o relatório de acompanhamento.

O resultado desta avaliação apresentado na Gráfico

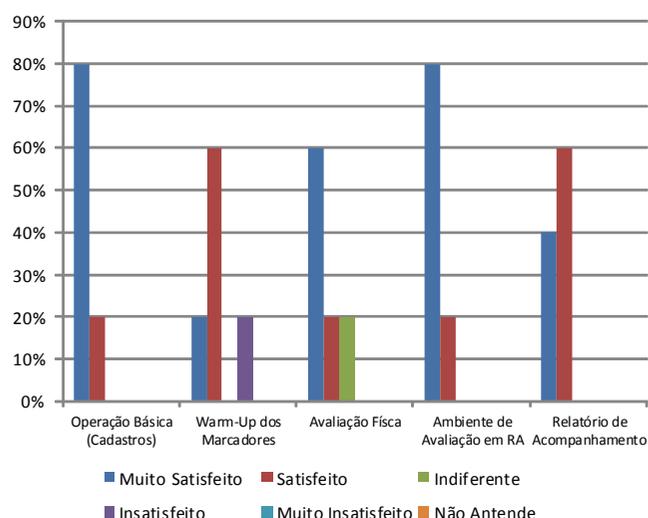


Gráfico 1 - Análise da Funcionalidade do Sistema

1, forneceu um suporte para orientar as atividades de redesenho e prototipação de dois módulos do sistema: a avaliação física e os o módulo de captura de movimentos em RA.

Além das respostas do questionário foram analisadas as gravações em vídeo. Assim foi percebido que durante a avaliação da interface de avaliação física 2 especialistas expressaram-se oralmente como satisfeitos, todavia sua expressão facial não foi condizente a resposta escrita do critério, desta forma, foi desconsiderada a resposta escrita e substituída pela condição que a expressão destes avaliadores realizaram no quesito.

### Avaliação sobre a Confiabilidade do Sistema

Entende-se por confiabilidade do sistema a probabilidade deste operar sem ocorrência de falhas durante um período específico de tempo em um determinado ambiente<sup>(18)</sup>.

Este quesito é um fator de relevância para se atribuir um conceito de qualidade de software, pois reflete diretamente as falhas e as circunstâncias destas falhas na operacionalização do software.

Durante os testes realizados com os 9 especialistas o sistema não apresentou falhas. Todavia as mensagens apresentadas na interface de RA e as considerações apresentadas por 20% dos especialistas que se consideram insatisfeitos são devido à falta de informações sobre os ângulos de referência do movimento e sobre a precisão da aferição dos ângulos oferecida pelo sistema (Gráfico 2).

Esta consideração também é refletida na análise sobre a validação do software, em que os especialistas consultados na pesquisa reforçam o fato de que as técnicas de avaliação de movimento unicamente por análise de imagens não oferece confiabilidade sobre a força e a velocidade do movimento.

Os especialistas consideram pertinente as análises do sistema sobre a Avaliação Física e a computação do InMov.

Segundo os especialistas, a partir deste índice é possível substanciar a argumentação de continuidade da terapia após o paciente relatar que não sente mais dor e ajuda na justificativa de solicitação de liberação de mais sessões

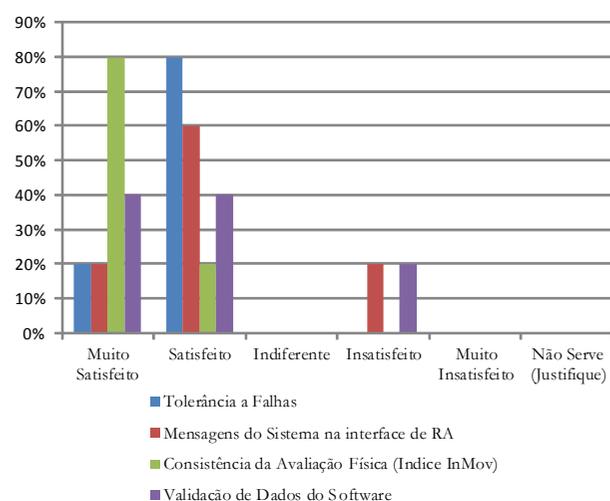


Gráfico 2 - Confiabilidade do Sistema

para os planos de saúde.

### Avaliação sobre a Usabilidade Geral do Sistema

A usabilidade pode ser definida como um conjunto de atributos que evidenciam o esforço necessário para o uso da ferramenta computacional<sup>(18)</sup>, sendo este esforço julgado de forma individual e auferido, neste caso de forma coletiva para se obter uma média substancial.

Há também a perspectiva de que as funcionalidades do produto não devem ser esquecidas e que os erros operacionais sejam de baixo grau, oferecendo assim ao usuário uma maior comodidade em usar a ferramenta.

Na Gráfico 3 veem-se os dados sobre a usabilidade, neste nota-se que mais de 40% dos pesquisados não se sentiram confortáveis ao usarem os marcadores fiduciais. Ao especular sobre este dado, verificou-se que os pesquisados ainda preferem a colocação dos marcadores reflexivos, pois os mesmos não são facilmente desgrudados da roupa.

Devido a ser um sistema em RA, no qual o usuário mantém-se no mundo real tendo informações inseridas na tela, foi obtido um índice elevado de aceitação no aprendizado.

### Sobre a Eficiência do Sistema

Devido ao forte crescimento industrial levando a uma evolução tecnológica e computacional os usuários tem hoje uma forma muito mais abrangente de se avaliar um software, não apenas pela sua interface e funcionalidades, mas principalmente pela elegância em se cumprir a tarefa proposta.

Neste quesito avaliado (Gráfico 4) o fator mais relevante está relacionado quanto à latência do sistema tanto na representação do movimento quanto no uso do ambiente de RA.

Nota-se que sobre a o uso de MoCap com RA Fiducial tem um alto índice de rejeição, principalmente devido as fatores inerentes a tecnologia como problemas de iluminação, desempenho de captura, definição de imagem das câmeras.

Outra informação importante é o tempo de respostas aos comandos do usuário que 15% dos entrevistados

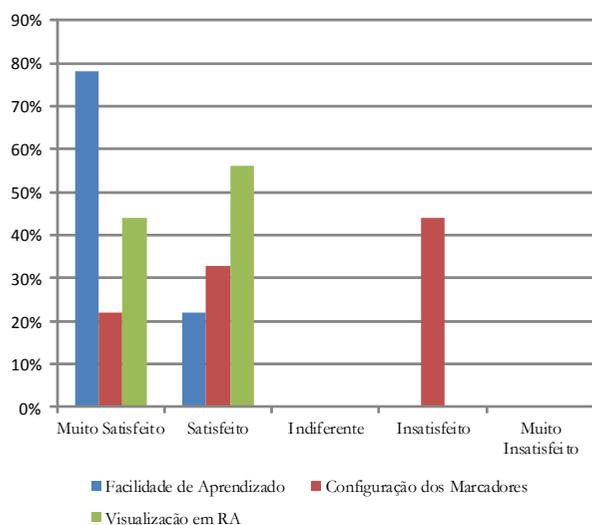


Gráfico 3- Usabilidade do Sistema

reclamaram sobre as respostas no ambiente de RA.

Há fatores humanos que relacionados aos efeitos no ser humano do uso prolongado de sistemas de RA como, por exemplo, a Latência ou atraso na atualização das imagens ou informações no ambiente. Esta latência pode causar a perda da imersão, na qual quando acontece pode provocar desconforto e até mal estar para o usuário.

Assim como a latência existe também a percepção da profundidade, que quando atenuada pode causar problemas, como foco, conflitos entre convergência e acomodação da visão; outro aspecto, a correta oclusão de objetos, é essencial para a percepção de profundidade<sup>(19)</sup>.

A atividade de percepção do campo visual refere-se à capacidade do usuário-paciente realizar a identificação e a interpretação entre as operações realizadas no mundo real e efetua-las com dispositivos de interação e perceber as reações no ambiente virtual<sup>(13)</sup>.

### Vantagens e Desvantagens da Abordagem de MoCap com RA Fiducial na Avaliação Terapêutica

A abordagem de MoCap em RA com marcadores fiduciais apresentada neste trabalho tem suas vantagens centradas atividade do terapeuta, sendo esta apoiada por uma técnica de avaliação de movimento articular.

Anteriormente esta avaliação era realizada manualmente ou por meio de abordagens tecnológicas que não estavam disponíveis em tempo real ou requeriam um aparato tecnológico que inviabiliza sua aquisição para pequenas clínicas terapêuticas.

Os usos de marcadores fiduciais promoveram uma rápida configuração (*warm-up*) do processo como um todo, todavia, devido ao fácil desprendimento das folhas de papel do corpo do modelo/paciente o processo foi mal avaliado. Espera-se que quando os marcadores forem impressos em uma placa afixada por fitas ou elásticos, este quesito possa ser mais bem avaliado.

Outra vantagem é o fato do sistema se basear em uma aplicação de RA, o que promove uma integração maior do terapeuta e o modelo/paciente que consegue

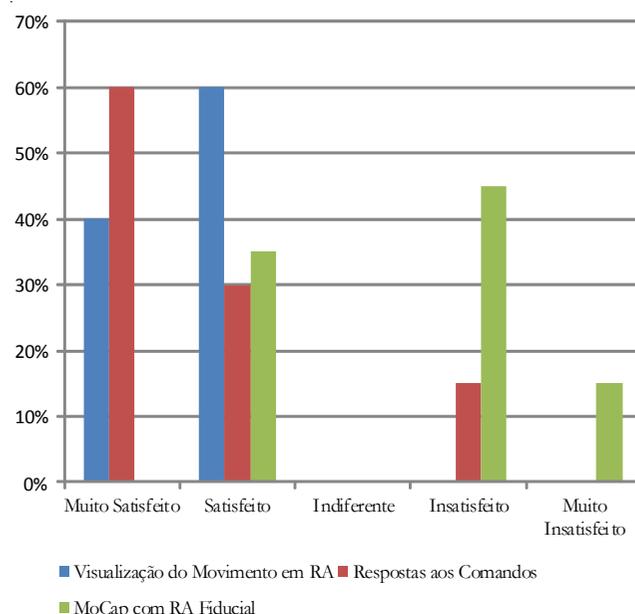


Gráfico 4 - Eficiência do Sistema

visualizar, por meio de projetores, suas ações em tempo real sendo acrescentadas das informações sobre a amplitude do movimento.

Todavia, ainda por se considerar o uso de câmeras convencionais para promover uma redução de custo, o desempenho do sistema sofreu uma baixa de qualidade. Tal atitude comprometeu as avaliações e foi fator negativo diretamente na avaliação de eficiência.

Acredita-se que, quando as câmeras convencionais forem substituídas por câmeras profissionais de captura, o sistema apresentará um melhor desempenho.

## CONCLUSÕES

Visto que a usabilidade é de fundamental importância para um software, pode-se concluir que os sistemas com

tecnologia de mocap para ser usado em reabilitação física e motora devem atender os atributos descritos pelas heurísticas.

Em outras palavras, a usabilidade da interface no sistema deve atender as “necessidades” do usuário no caso, o paciente que está interagindo com a interface de RA.

Com o manuseio adequado da interface de RA sendo este facilitado para o paciente os dados capturados bem como a análise dos movimentos do paciente fornece uma interpretação mais fidedigna ao processo de avaliação da amplitude e acurácia do movimento humano.

E com a finalidade de melhorar os aspectos descritos pelas heurísticas devem-se suscitar novos atributos que possam contribuir para que a interação, ou seja, usabilidade possa estar de acordo com as necessidades do usuário e a do paciente.

## REFERÊNCIAS

1. Silva FWSV. Motion capture: introdução à tecnologia. 2002. Disponível em: <http://w3.impa.br/~nando/publ/lcg-02.pdf>
2. Dias Jr JB, Sementille AC, Brega JRF, Nunes FLS, Rodello IA. Um sistema de captura de movimentos baseado em marcadores passivos utilizando múltiplas câmeras. In: Anais do VII Symposium on Virtual Reality; 2004 Out 19, São Paulo, SP.
3. Damasceno EF, Cardoso A, Lamounier Jr EA, Augmented Biophotogrammetry. In: Proceedings of XIII Symposium on Virtual Reality; 2011 Maio 23-6, Uberlândia, MG.
4. Campagna JP, Brega JRF. Utilização da realidade aumentada no suporte à correção de movimentos em exercícios físicos que envolvem joelho. In: Proceedings of Workshop de Realidade Virtual e Aumentada; 2009, Santos, SP.
5. Suma EA, Lange B, Rizzo AA, Krum, DM, Bolas M, FAAST: The Flexible Action and Articulated Skeleton Toolkit. In: Proceedings of Virtual Reality Conference IEEE; 2011 March 19-23, Singapore.
6. Wann J, Rushton S, Smyth M, Jones D. Rehabilitative environments for attention and movement disorders. *Commun ACM*. 1997;40(8):49-52.
7. Hooker D, Prentice WE. Reabilitação das lesões de coluna. In: Prentice WE. Técnicas de reabilitação em medicina esportiva. 3a. ed. Barueri: Manole; 2002. p. 557-91.
8. Consularo LA, Coelho RC, Calonego Jr N. Rastreamento Óptico para Sistemas de Realidade virtual e aumentada. In: Kirner C, Siscoutto R. Realidade virtual e aumentada: conceitos, projetos e aplicações. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação; 2007.
9. Murray N, Goulermas Y, Fernando T. Visual tracking for a virtual environment. In: HCI International; 2003 Jun 22-3, Crete, Greece.
10. Cury DP, Tumelero S. Análise de confiabilidade da equação sugerida por Brzycki para determinar o valor de 1-RM. *Rev Digital*. 2010;1(12):15-23.
11. Roland M, Fairbank J. The Roland-Morris disability questionnaire and the Oswestry Disability Questionnaire. *Spine*. 2000;25(24).
12. Fritz JM, Irrgang JJ. A comparison of a modified oswestry low back pain disability questionnaire and the Quebec Back Pain Disability Scale. *Physical Therapy*. 2001;81(2):776-88.
13. Bastien C, Scapin D. Ergonomic criteria for the evaluation of human-computer interfaces. Racquencourt, France: INRIA; 1993.
14. Norgaard M, Hornbæk H. What do usability evaluators do in practice? Explorative study of Think-Aloud testing. In: Proceedinf of the 6 th Conference on Designing Interactive Systems; 2006 Jun 23-8, University Park, EUA.
15. NBR ISO/IEC 9126. Tecnologia de informação - Avaliação de produto de software - Características de qualidade e diretrizes para o seu uso. [Acesso em 2011 Nov 20]. Disponível em: <http://www.abnt.org.br/normas/iso9126>
16. Draft International Standard ISO/DIS 14915. Software ergonomics for multimedia user interfaces. [Acesso em 2011 Nov 20]. Disponível em: <http://www.cettico.fi.upm.es/aenor/14915.pdf>
17. Orth AI. Interface Homem-máquina. Porto Alegre: Ed AIO; 2005.
18. Nielsen J, Loranger H. Usabilidade na web. Rio de Janeiro: Elsevier; 2007.
19. Tori R. Desafios para o design de informação em ambientes de realidade aumentada. *InfoDesign*. 2009; 6(1)46 -57.