

MoVER: Serious Game aplicado à reabilitação motora usando sensor de movimento Kinect

Valdir D. S. Junior¹, Carlos B. M. Monteiro¹, Ricardo Nakamura², Leonardo S. Yojo², Luciano V. Araújo¹, Fátima L. S. Nunes¹.

¹Escola de Artes, Ciências e Humanidades
Universidade de São Paulo (USP) – São Paulo, SP – Brazil

²Escola Politécnica
Universidade de São Paulo (USP) – São Paulo, SP – Brazil

donizetti_sousa@yahoo.com.br, carlosfisi@uol.com.br,
ricardo.nakamura@poli.usp.br, l_yojo@hotmail.com, lvaraujo@usp.br,
fatima.nunes@usp.br

Abstract. *Making physiotherapy sessions funnier can contribute to patients' adhesion and to improve rehabilitation results. In order to do this, several games have been developed. This paper introduces the MoVER (Movement in Virtual Environment for Rehabilitation), a Serious Game that simulates physiotherapeutic movements through challenges to perform virtual tasks using the human body. The most important contribution of this work is the application and evaluation of natural interfaces that allows custom movements during physiotherapy sessions, in real time.*

Resumo. *Tornar as sessões de fisioterapia mais divertidas é um dos fatores que podem contribuir para a adesão do paciente e para a melhoria dos resultados de reabilitação. Nesse sentido, diversos jogos têm sido desenvolvidos para tornar as sessões mais agradáveis. Este artigo apresenta o MoVER (Movement in Virtual Environment for Rehabilitation), um Serious Game que simula movimentos fisioterápicos por meio de desafios para realização de tarefas virtuais com uso do corpo humano. A principal contribuição deste trabalho é o uso e avaliação de Interfaces Naturais que permite a personalização, em tempo real, dos movimentos a serem realizados pelo paciente durante a sessão de fisioterapia.*

1. Introdução

Jogos são atividades que envolvem diversão e interação com objetivo e desafios motivadores. Sua principal característica é a existência de regras pré-estabelecidas. Estes elementos característicos de qualquer jogo propiciam a aprendizagem, criatividade e rapidez das respostas [Araújo and Kirner 1996].

Devido a modernidades advindas de avanços tecnológicos, uma possibilidade atual para propiciar jogos à população é a utilização de jogos virtuais, que podem ser definidos como uma atividade lúdica com as mesmas características dos jogos convencionais, mas praticados em ambiente virtual. Nesses ambientes as regras prevalecem e há interação contínua com o jogador, gerando ações e reações até que o objetivo seja atingido [Huizinga 2003]. Uma categoria que tem chamado a atenção de profissionais de diversas áreas são os *serious games*, cujo objetivo vai além do

entretenimento, visando a transmitir algum conhecimento ao jogador [Machado et al 2011].

Além da utilização de *serious games* no dia a dia de diferentes populações, verifica-se uma procura por profissionais da área de reabilitação na utilização dos avanços tecnológicos em intervenções clínicas. Reabilitação é um processo orientado à recuperação física e psicológica do indivíduo, que previne e trata os distúrbios gerados por alterações genéticas, traumas ou por outras doenças adquiridas ao longo da vida [Coffito 2012]. Muitas vezes a utilização de técnicas tradicionais de reabilitação desestimula o paciente a executar os exercícios dificultando a recuperação sensorio-motora. No processo de reabilitação, a execução de exercícios que estimulem gradativamente determinado movimento é imprescindível para a recuperação do paciente. Tal prática auxilia a aperfeiçoar os aspectos morfológicos, fisiológicos e psicológicos do indivíduo. Entretanto, tais atividades necessitam ser adaptadas à condição de cada indivíduo [Monteiro 2011].

Considerando tais premissas, o emprego de ambientes virtuais e, em especial, jogos virtuais, pode ser uma alternativa viável, motivadora e de baixo custo para tratamentos de reabilitação. Em tais ambientes, o uso de uma interface natural – por meio de reconhecimento dos movimentos do corpo do paciente – permite ao usuário interagir de forma intuitiva com o sistema. Assim, o processo de aprendizagem é rápido, pois pode ser alcançado apenas observando outra pessoa [Tori and Kirner 2006].

Diversas tecnologias atuais facilitam a inclusão da Realidade Virtual (RV) no ambiente de reabilitação, com interação natural entre o paciente e a atividade física realizada. Uma possibilidade de viabilizar a criação de jogos virtuais é utilizar o sensor *Kinect* [Kinect 2012], que é um dispositivo que dentre outros recursos é capaz de reconhecer movimentos, popular por seu uso em jogos eletrônicos. A utilização deste dispositivo é interessante para tornar mais lúdica a experiência na realização das atividades físicas na reabilitação.

O objetivo deste artigo é apresentar o desenvolvimento, a implementação e uma aplicabilidade prática na reabilitação física de um *serious game* para reabilitação motora em ambiente virtual, de maneira a auxiliar profissionais da área de reabilitação a definir e avaliar exercícios para o paciente. Como proposta inicial o jogo denominado *MoVER (Movement in Virtual Environment for Rehabilitation)* oferece apoio para estimular o paciente na execução de exercícios de reabilitação dos membros superiores.

Este trabalho está organizado nas seguintes seções: a seção 2 apresenta os aspectos conceituais de *serious games*, Realidade Virtual, jogos virtuais, reabilitação motora e trabalhos correlatos. A seção 3 apresenta o desenvolvimento do jogo e a sua calibração, a seção 4 apresenta os resultados e discussões e na seção 5 são disponibilizadas as conclusões.

2. *Serious games*, realidade virtual e reabilitação

Serious games são jogos que abordam aspectos que transcendem o objetivo de entretenimento [Zyda 2005]. Tais jogos utilizam as técnicas da indústria de jogos para tornar as experiências dos usuários, principalmente em relação ao aprendizado, mais atraentes e lúdicas. Qualquer jogo considerado sério tem um planejamento pedagógico que gera as diretrizes para o desenvolvimento, define a abordagem técnica e o roteiro do jogo [Machado et al 2011]. Na confecção do jogo é necessária a participação de áreas

multidisciplinares de forma colaborativa focada no objetivo comum [Wong et al 2007]; este relacionamento corrobora para que o trabalho consiga ser eficiente e eficaz.

A RV pode ser um espelho de realidade física, na qual o indivíduo tem a possibilidade de sentir-se imerso em um ambiente tridimensional e obter a capacidade de interagir e de fazer com que suas ações sejam reproduzidas no mundo virtual [Blake and Scanlon 2007]. Em geral, três características são consideradas em aplicações de RV: interação, envolvimento e imersão. A interação está relacionada à capacidade do usuário em modificar o mundo virtual em função das ações efetuadas sobre ele, de modo que o *hardware* utilizado para simulação possa captar os seus comandos no mínimo intervalo de tempo possível. O envolvimento é a motivação que o indivíduo tem em executar uma atividade [Von and Von 1995]. A imersão é a capacidade que o ambiente apresenta de fazer com que o usuário sintá-se dentro dele.

A Reabilitação tem o objetivo de restaurar a independência do paciente ou recuperar a qualidade de vida no menor tempo possível. O paciente é o centro do processo, visto que a sua recuperação determina o sucesso ou fracasso do tratamento. O processo de reabilitação é muito delicado, pois o indivíduo enfermo ou com alguma restrição física e mental necessita de ajuda para manter a qualidade de vida com dignidade, autoestima e independência [Moita 2006]. Por esses motivos, jogos virtuais podem auxiliar no tratamento dos pacientes, oferecendo uma forma lúdica para auxiliar no processo de reabilitação do indivíduo para a sociedade.

2.1. Trabalhos Correlatos

Dentre os trabalhos disponíveis na literatura, alguns deles apresentam desenvolvimento, conceitos, referências teóricas e *frameworks* relacionados a *serious games*.

Morais, Machado and Valença (2010) apresentaram a metodologia e o planejamento utilizado para o desenvolvimento de um *serious game* para treinar mães no contexto de saúde bucal em bebês. O relacionamento das multidisciplinaridades envolvidas para construção do jogo e a comunicação desenvolvida para abordar este tema foram essenciais para conscientização e treinamento das mães, para que as mesmas aprendessem de forma lúdica a cuidar da saúde bucal de seus filhos.

Petrasova et al (2010) desenvolveram um *serious game* para o treinamento das mães com os cuidados de bebês com distúrbios alimentares. Torres et al (2012) apresentaram um jogo para auxiliar no treinamento de exame de biópsia mamária. O aprendiz manipula um instrumento médico usando um dispositivo com retorno háptico executando os procedimentos necessários para treinar o exame de biópsia.

Rocha, Defavari and Brandão (2012) investigaram se o dispositivo *Kinect* pode ser utilizada no tratamento de pacientes com distúrbios neurológicos de maneira segura e coerente. Concluiu-se que o dispositivo torna a rotina do tratamento mais dinâmica e alivia o estresse do procedimento convencional, mas os exercícios precisam ser acompanhados pelo profissional capacitado a fim de que possa ser observada a evolução do procedimento empregado.

Os trabalhos citados confirmaram que a utilização dos jogos digitais ajuda a estimular os usuários a realizarem atividades do mundo real, sendo que o uso de Interfaces Naturais é recente e constitui o foco do presente trabalho.

3. Jogo *MoVER*

O *serious games MoVER* tem como objetivo estimular o paciente a realizar os exercícios voltados à reabilitação motora de membros superiores de forma lúdica, sendo que sua utilização pode ser indicada para enfermidades que demandem fisioterapia para membros superiores, desde que o paciente tenha capacidade cognitiva para compreensão da tarefa. As articulações dos membros superiores foram escolhidas em um primeiro momento, mas o jogo pode ser adaptado para atender as necessidades das articulações dos membros inferiores, pois no desenvolvimento todas as partes do corpo humano foram mapeadas.

As ferramentas utilizadas para o desenvolvimento da aplicação foram a linguagem *C#* [C# 2012], *XNA* [XNA 2012] e *SDK Kinect* [Kinect 2012]. Este conjunto de soluções foi escolhido pelos recursos de integração proporcionados e pelo volume de documentação disponível na Internet.

O desenvolvimento utilizou a metodologia de prototipação e contou com a presença constante de um fisioterapeuta. O roteiro inicial foi definido pelo especialista e aprimorado pela equipe de desenvolvimento. Os protótipos foram iterativamente avaliados por este especialista até obter-se a versão apresentada a seguir.

3.1. Roteiro do jogo

A Figura 1 apresenta as ações implementadas no jogo *MoVER*. De forma geral, são executadas três fases: calibração, definição do exercício e execução do exercício. A calibração, por necessitar de maior detalhamento será descrita na próxima seção.

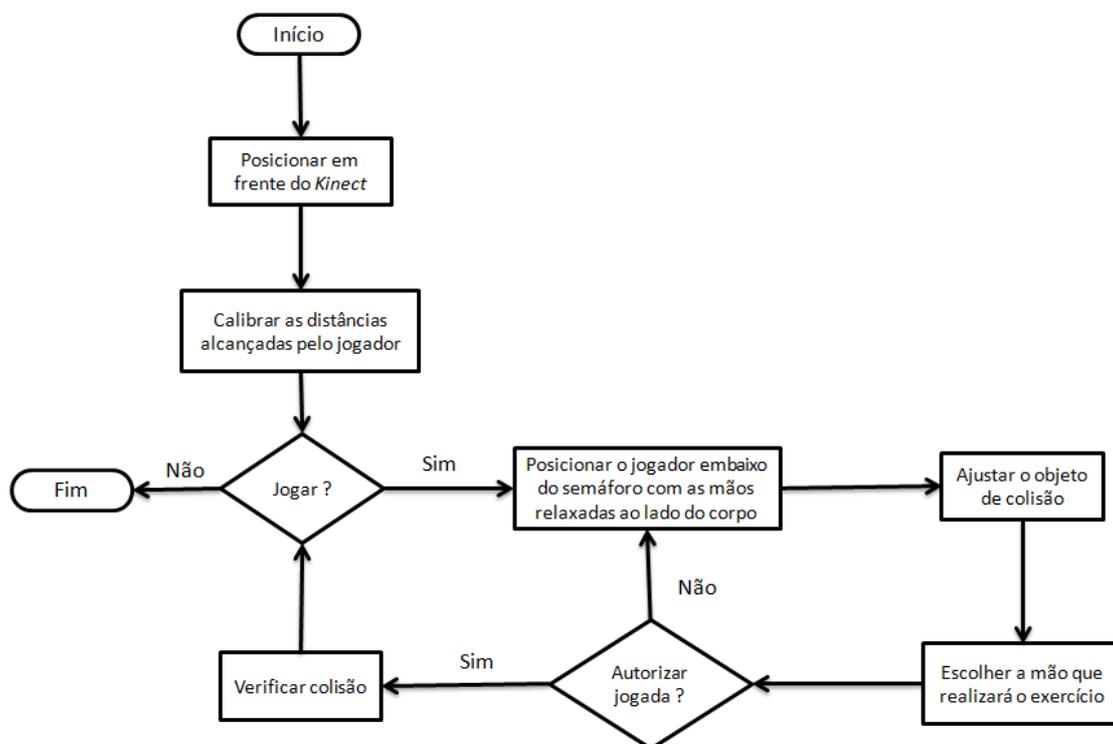


Figura 1. Fluxo do jogo *MoVER*.

O jogo consiste em usar os movimentos das mãos para atingir objetos (bolas) que descrevem trajetórias distintas pela tela. As trajetórias dos objetos e os desafios por elas apresentadas são definidos pelo fisioterapeuta. Esta ação visa a permitir que o fisioterapeuta adapte os exercícios a cada paciente em particular. Dessa maneira, um conjunto de atividades de uma sessão fisioterápica, pode ser simulado por diferentes desafios, estando disponíveis características que propiciam motivação como pontuação, avisos visuais e sonoros.

O paciente deve atingir os objetos disponibilizados com as mãos, depois da autorização do fisioterapeuta. Por meio deste exercício lúdico serão analisados os seus movimentos, com a finalidade de definir exercícios que corrijam as eventuais dificuldades apresentadas. Na atividade do jogo são colhidas informações referentes a: posição do objeto e das mãos do paciente, tempo percorrido para atingir o objetivo e distância entre deslocamento da mão ao objeto.

Com essas informações é possível identificar as dificuldades do paciente e propor metas virtuais que induzam o paciente a realizar movimentos nos variados planos e eixos, conforme as necessidades individuais.

O jogo utiliza a própria imagem do paciente ou um avatar representado por um esqueleto para interagir com os objetos. O objeto a ser atingido é representado por uma bola e o usuário pode acompanhar a imagem de sua mão tentando atingir tal alvo. O movimento executado é analisado pelo fisioterapeuta, que pode corrigir a execução e propor objetivos mais ou mais difíceis na interação seguinte, de acordo com o desempenho observado do paciente (Figura 2).



Figura 2. Avatar (esqueleto) e Imagem real do jogador com o objeto a ser atingido com as mãos.

A fim de localizar o jogador no Ambiente Virtual são usados *HUDs* (*Head Up Display*), que consistem em representações gráficas dos elementos a fim de informar, também de forma lúdica, a atual situação do jogador. Os elementos empregados no desenvolvimento do jogo estão destacados na interface apresentada na Figura 3a.

O elemento *HUD* “mão” está posicionado nos cantos inferiores da tela, informando ao jogador com qual mão (direita ou esquerda) deve atingir o objeto. O placar informa ao jogador como está o seu rendimento. É incrementado quando o paciente consegue alcançar o alvo, com a mão escolhida pelo profissional da saúde para efetuar o exercício. Além do placar com os pontos acumulados, o paciente também recebe avisos sonoros e visualização um ícone animado informando a pontuação de cada tarefa finalizada (Figura 3b).

O semáforo tem a função de corrigir a postura do jogador, evitando que o mesmo se antecipe ao movimento. Assim, a execução do jogo é liberada somente quando o usuário se encontra na postura correta, que é indicada pelo semáforo na cor verde. Esta atividade é realizada durante a fase de calibração, descrita na próxima seção.

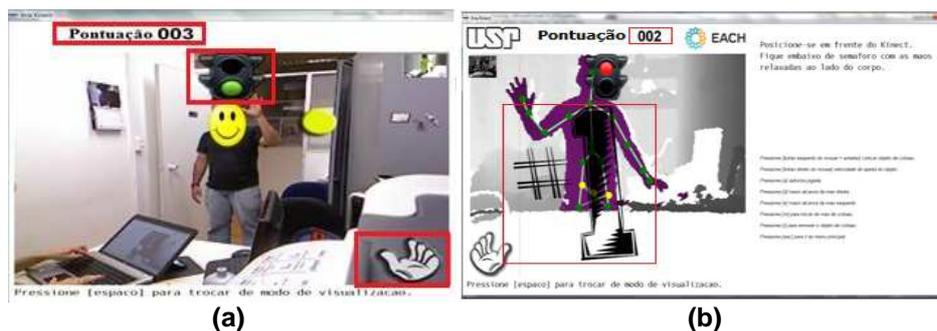


Figure 2: Interfaces do jogo *MoVER* (esquerda): (a) localização dos elementos HUD; (b) recompensa visual.

O recurso de pontuação pode ser incrementado pelos profissionais da saúde para que a premiação por meio de pontos contribua com o planejamento terapêutico. Considerando como exemplo uma terapia que exige do paciente a execução dos movimentos com uma velocidade máxima, o jogo pode ser configurado para que movimentos muito rápidos causem uma bonificação menor daquela proporcionada quando o movimento é executado com a velocidade adequada.

3.2. Calibração do jogo

Uma característica importante do jogo é permitir que o fisioterapeuta defina movimentos específicos para cada paciente. Para tanto, o jogo disponibiliza uma fase de calibração. Nessa etapa o fisioterapeuta solicita ao paciente que se posicione de forma que sua imagem apareça sob a imagem do semáforo com as mãos relaxadas ao lado do corpo. A Figura 3 mostra o posicionamento incorreto e correto do paciente.

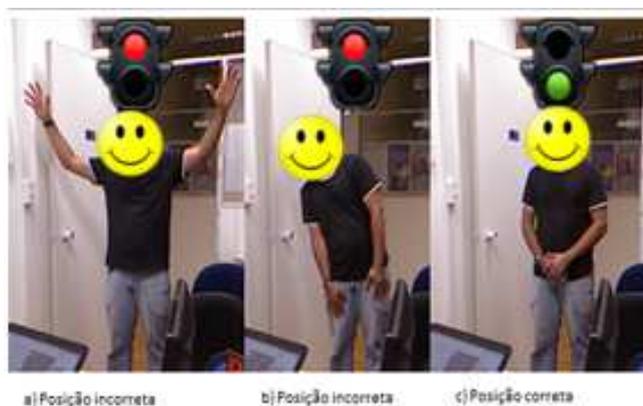


Figura 3: Interface para calibração do posicionamento do jogador.

O próximo passo é a obtenção das medidas de alcance do usuário. Nessa fase, conforme mostra a Figura 4, o sistema insere duas barras verticais paralelas à imagem do corpo do paciente, uma de cada lado do mesmo. Para determinar o alcance máximo em cada direção, o paciente deve realizar movimentos com as mãos que simulem o afastamento das barras. A barra translúcida indica que ainda não foi calibrado o alcance máximo da mão correspondente. A barra na cor vermelha confirma que a calibração já ocorreu.

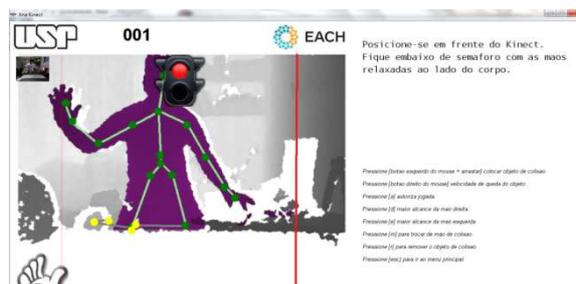


Figura 4: Calibração do alcance máximo do usuário.

Depois de registrado o alcance máximo de cada uma das mãos do paciente, o fisioterapeuta prepara a série de exercícios e posiciona com o mouse o objeto a ser colidido. Neste momento o paciente visualiza o objetivo a alcançar, o fisioterapeuta verifica se o mesmo está no posicionamento correto e autoriza a jogada. O jogo emite o som de uma buzina autorizando o jogador a executar o movimento e o mesmo será cronometrado até que o objetivo seja atingido.

Os procedimentos de posicionar o objeto e validar a jogada devem ser repetidos até que a sessão de exercícios estipulada pelo profissional da saúde seja finalizada.

4. Resultados e Discussões

Para avaliar a funcionalidade do jogo participaram deste estudo três atletas (deficientes físicos) do sexo masculino praticantes de tênis de mesa adaptado, inexperientes na tarefa de jogos virtuais e que realizam os treinos na Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo. Dois pacientes apresentam lesão medular e um paciente tem amputação da perna direita e da escápula direita. A calibração e a condução dos experimentos foram executadas por dois fisioterapeutas experientes em reabilitação de pacientes neurológicos.

Para a realização da tarefa o jogador deveria atingir o alvo (bola) posicionado acima da cabeça três vezes com a mão esquerda e três vezes com a mão direita. O desempenho foi verificado por meio do tempo de execução da tarefa. Os resultados foram avaliados por meio da comparação entre as médias de tempo necessário para execução dos movimentos a fim de verificar o lado mais funcional do indivíduo.

Os resultados a seguir apresentam a caracterização do grupo avaliado (Tabela 1) e os dados do desempenho referentes às médias dos acertos realizados pelos participantes (Figura 5).

Tabela 1. Características dos participantes da pesquisa.

ID	GÊNERO	IDADE	DEFICIÊNCIA
1	Masculino	46	Lesão medular
2	Masculino	41	Lesão medular
3	Masculino	24	Amputação da perna direita e da escápula direita

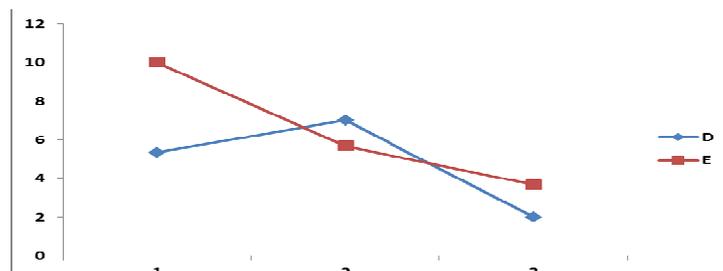


Figura 5. Média do somatório do tempo para realizar as tentativas.

Com os resultados observa-se que na maioria das vezes os atletas avaliados apresentam melhor desempenho com o membro superior direito. Desta forma esses resultados são interessantes para propiciar uma avaliação do desempenho e identificar as necessidades dos pacientes o que viabiliza a organização do treinamento e proposta de intervenção clínica com fundamentos teóricos-conceituais.

O tempo de execução dos movimentos é armazenado, permitindo que o profissional da saúde tenha um histórico da evolução do tratamento. Dessa maneira, é possível avaliar se a intervenção utilizada na reabilitação é efetivas no tratamento.

A disponibilização do jogo *MoVER* permitiu que a pessoa com deficiência receba instrução e encorajamento para executar os exercícios. Constituiu um atrativo para que os pacientes se motivem a participar de programas de reabilitação e receba orientação e estímulo adequados para o desenvolvimento de suas habilidades, potencialidades e, inclusive, para a descoberta e desenvolvimento de suas aptidões e talento esportivo.

O uso de Interfaces Naturais minimizou a fase de aprendizado, visto que os movimentos tornaram-se intuitivos e dispensassem dispositivos de coleta de dados como sensores conectados ao corpo, controles, mouse ou teclado. Aplicada ao contexto da reabilitação, a eliminação desses dispositivos para coleta de dados insere menos ruídos nos processo, visto que tais dispositivos muitas vezes necessitam de higienização e calibração próprias.

Os dados coletados durante jogo – posição do alvo e tempo de execução do movimento – são armazenados em bancos de dados e podem nortear o profissional da saúde na preparação dos exercícios, verificando as possíveis técnicas para eventuais movimentos erroneamente executados pelo paciente. Além disso, o armazenamento contínuo dos dados permite ao fisioterapeuta acompanhar a evolução do tratamento, provendo-lhe informações que permite alterar a conduta em relação à terapia.

É importante enfatizar que o experimento utilizado neste trabalho deve ser expandido, replicado e adaptado a outros trabalhos científicos para possibilitar a prática clínica baseada em evidência científica. A comprovação científica da eficácia na prática do mapeamento corporal do paciente e do controle de variáveis que a realidade virtual permite, é uma ferramenta importante para o fisioterapeuta planejar programa de reabilitação para diferentes dificuldades do paciente definindo estruturas do corpo, trajetórias e necessidades particulares de cada paciente.

5. Conclusão

A principal contribuição deste trabalho foi o desenvolvimento de um *serious game*, baseado em Interfaces Naturais, que permite a realização de sessões de fisioterapia customizadas, em tempo real, para reabilitação de movimentos de membros superiores. Para tanto, o fisioterapeuta conta com medidas que permitem manter a realização de exercícios dentro dos limites de cada paciente, uma interface para a escolha de quanto e como cada movimento deve ser realizado e os estímulos de entretenimento e competição proporcionados pelo jogo.

Além de auxiliar no tratamento, o jogo *MoVER* permite que os pacientes se divirtam, podendo estimular a execução dos movimentos que, em geral, são repetitivos. Essa motivação extra pode acelerar a recuperação e foi alcançada pela utilização das Interfaces Naturais, que fazem com que o corpo se transforme em instrumentos de manipulação do mundo virtual. O sensor de movimento empregado permitiu valorizar o corpo nos processos de interação e introduzir o personagem principal (paciente) diretamente no ambiente virtual.

Os resultados obtidos pelos atletas de tênis de mesa adaptado foram importantes, pois foram mapeados os pontos de colisão (acertos e erros) e o tempo de execução dos movimentos dos jogadores. Os testes iniciais permitiram a validação por parte do profissional da saúde da versão inicial do *MoVER* que será incluída nas rotinas de terapias de pacientes. Esta parceria permitirá acompanhar a adequação das sessões fisioterápicas com o uso do *MoVER* para uso em tratamentos prolongados.

Como futuros trabalhos, pretende-se aprimorar a interface gráfica, utilizando técnicas de animação para tornar a experiência do paciente mais divertida e atraente. Além disso, planeja-se incluir aspectos de inteligência computacional que possam sugerir ao fisioterapeuta trajetórias a serem executadas de acordo com o desempenho de cada paciente.

6. Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) – Processo 559931/2010-7, à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) - Processo 2010/15691-0 e ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia - Medicina Assistida por Computação Científica (INCT-MACC), pelo apoio financeiro.

7. Referências

- Araújo, R. B. and Kirner, C. (1996) "Especificação e Análise de um Sistema Distribuído de Realidade Virtual", XIV Simpósio de Redes de Computadores, Fortaleza - CE.
- Blake, C. and Scanlon, E. (2007) "Reconsidering simulations in science education at a distance: features of effective use", *Journal of Computer Assisted Learning*: Andrade 2011(6), p. 491-502.
- C# - C Sharp Linguagem de Programação (2012) "Learn Visual C#" , <http://msdn.microsoft.com/en-us/vstudio/hh341490.aspx>, Outubro.

- Coffito - Conselho Federal de Fisioterapia e Terapia Ocupacional. (2012) "Definição de Fisioterapia", <http://www.coffito.org.br>, Março.
- Huizinga, J. (2003) O jogo como elemento da cultura, *Perspectiva*: 5(1), p.256.
- Kinect - Develop for the Kinect. (2012) "Learning Resources and Documentation", <http://www.microsoft.com/en-us/kinectforwindows/>, Outubro.
- Machado, L. S., Moraes, R. M., Nunes, F. L. S. and Costa, R. M. E. M. (2011) "Serious games baseados em realidade virtual para educação médica", *Revista Brasileira de Educação Médica*: 35, p. 254–262.
- Moita, F.M. G. S.D. (2006) Games: contexto cultural e curricular juvenil, 181 f. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa - PB.
- Monteiro, C.B.M. (2011) Realidade Virtual na Paralisia Cerebral, Plêiade, São Paulo - SP.
- Morais, A., Machado, L. and Valença, A. (2010) "Definindo a Abordagem de Comunicação no Planejamento de um Serious Games Voltado para Saúde Bucal em Bebês", In: X Workshop de Informática Médica, Belo Horizonte - MG.
- Petrasova, A., Czanner, S., Chalmers, A., Farrer, J. V. and Wolke, D. (2010) "The Playability Evaluation of Virtual Baby Feeding Application", *Games and Virtual Worlds for Serious Applications (VS-GAMES)*, 2010 Second International Conferenceon: p. 95-100, p. 25-26.
- Rocha, P. R., Defavari, A. H. and Brandão, P. S. (2012) Estudo da viabilidade da utilização do Kinect como ferramenta no atendimento fisioterapêutico de pacientes neurológicos In: XI Simpósio Brasileiro de jogos e Entretenimento Digital, Brasília - DF.
- Tori, R and Kirner C. (2006) "Fundamentos e tecnologia de realidade virtual e aumentada", Livro do Pré-Simpósio VIII Symposium on Virtual Reality, Belém – PA.
- Torres, R. S., Biscaro, H. H., Araujo, L. V. and Nunes, F. L. S. (2012) "ViMeTGame: A serious game for virtual medical training of breast biopsy", *SBC Journal on 3D Interactive Systems*: 3, p. 12-19.
- Von, S.L. and Von, S.E. (1995) "Cover story: realidade virtual", *PC Magazine Brasil*, Electronic Publication: 6, p. 50-73.
- Wong, W.L., Shen, C., Nocera L., Carriazo, E., Tang, F. and Bugga, S. (2007) "Serious Video Game Effectiveness", *ACM International Conference Proceeding Series*: 203, p. 49-55.
- XNA - Microsoft Developer Center (2012) "Which Game Development Site is Right For You?" <http://msdn.microsoft.com/en-us/centrum-xna.aspx>, Outubro.
- Zyda, M. (2005) "From visual simulation to virtual reality to games", In: *Computer*, IEEE Computer Society: 38(9), p. 25-32.