
GenVirtual: um Jogo Musical, em Realidade Aumentada, para auxílio à Reabilitação Física e Cognitiva de Indivíduos com Necessidades Especiais

Ana Grasielle D. Corrêa¹, Gilda A. Assis¹, Marilena do Nascimento²,
Roseli de Deus Lopes¹

¹Laboratório de Sistemas Integráveis – Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo (USP)
Av. Prof. Luciano Gualberto, travessa 3, nº. 158 - 05508-970 - São Paulo - SP - Brasil

²Associação de Assistência à Crianças Deficientes (AACD)
Av. Prof. Ascendino Reis, 724 Vila Clementino - 04027-000 - São Paulo - SP – Brasil

{anagrasi, gilda, roseli}@lsi.usp.br, musicoreab-marilena@aacd.org.br

Abstract. *The electronic games has been explored in many different contexts, not only for entertainment purpose, but also to develop motor and cognitive abilities. GenVirtual is a musical game based on Augmented Reality that allows, new ways of interaction with computers without the need of assistive technologies. Cognitively, the game stimulates attention, concentration and memorization of colors and sound, emitted from virtual objects projected in the real world. Fisically, the game allows the motor learning, according to the planning made by the therapist. The tests conducted with a therapist that works exclusively with rehabilitation, reveals the importance of GenVirtual as a mean that facilitates and motivates in the learning process, and also collaborating with digital inclusion, which contributes for life quality improvement.*

Resumo. *Os jogos eletrônicos têm sido explorados em diferentes contextos, não somente com fins de entretenimento, mas visando também desenvolver habilidades cognitivas e motoras. O GenVirtual, é um jogo musical, baseado em Realidade Aumentada, que possibilita novas formas de interação com o computador, sem o uso de adaptações ou tecnologias assistivas. Em termos cognitivos, o jogo estimula a atenção, concentração e memorização de cores e sons emitidos a partir de objetos virtuais projetados no mundo real. Em termos físicos, o jogo proporciona o aprendizado motor, que ocorre de acordo com o planejamento da ação motora feito previamente pelo terapeuta. Testes realizados com um especialista na área de reabilitação revelam a importância do GenVirtual como um meio facilitador e motivador no processo de aprendizagem, além de colaborar para a inclusão digital destes indivíduos, contribuindo para a melhoria de sua qualidade de vida.*

1. Introdução

Estudos sobre a utilização dos jogos na educação têm sido foco de pesquisas cada vez mais freqüentes no processo de ensino-aprendizagem [Dainese et al, 2005]. Segundo Rieder et al (2005), os jogos educativos exploram atividades lúdicas que possuem objetivos pedagógicos especializados para o desenvolvimento do raciocínio e do aprendizado. Em geral, os jogos apresentam diferentes tipos de desafios, que ao serem resolvidos estimulam várias funções cognitivas básicas, tais como atenção, concentração e memória [Costa e Carvalho, 2005]. Os jogos trazem consigo uma nova reestruturação do mundo do entretenimento, da informação e da educação. Envolvem, seduzem e divertem, gerando um novo contexto comunicacional, disputando a atenção de crianças, jovens e adultos com outros espaços de lazer e de organização e sistematização do conhecimento, como a escola.

Muitos jogos tradicionais, tais como jogo da memória, siga-sons-e-cores e quebra-cabeças, podem ser explorados para estimular funções cognitivas e motoras de indivíduos com necessidades especiais. Segundo Garbin et al (2006), estes jogos visam desenvolver as potencialidades e diminuir as limitações destas pessoas, buscando estimular habilidades físicas, mentais e sensoriais. Entretanto, usuários com deficiência física e/ou cognitiva, muitas vezes, necessitam de adaptações e tecnologias assistivas para interação com o computador [Dainese, et al 2005].

A Realidade Aumentada é uma tecnologia que permite suprir estas limitações, através de aplicações que possibilitam novas formas de interação e entretenimento que vão além daquelas realizadas em frente a computadores ou consoles de *videogame*, isto é, sem a necessidade de uso ou adaptação a dispositivos convencionais como *joystick*, teclado e *mouse*. Assim, os jogos baseados em Realidade Aumentada permitem que jogadores se desloquem e interajam de diferentes formas no ambiente real, por meio de diferentes dispositivos e tecnologias de comunicação [Zorzal et al, 2006].

O presente trabalho vem contribuir para o desenvolvimento educacional de indivíduos portadores de necessidades especiais, através de um jogo musical, em Realidade Aumentada, denominado GenVirtual. Em termos cognitivos, o objetivo do jogo é estimular a atenção, concentração e memorização de cores e sons emitidos a partir de objetos virtuais projetados no mundo real. Em termos físicos, o objetivo do jogo é proporcionar o aprendizado motor, que ocorre de acordo com o planejamento da ação motora feito previamente pelo terapeuta. A seqüência dos sons pode ser gerada aleatoriamente ou a partir de uma música já conhecida pelo usuário. A interação com o GenVirtual ocorre de forma natural. Através das mãos ou dos pés é possível manipular os objetos virtuais projetados no mundo real, dispensando o uso de adaptações.

O diferencial do GenVirtual está em permitir ao terapeuta realizar o “planejamento motor” de cada indivíduo, dependendo de suas limitações físicas. Isto ocorre através da disposição dos objetos virtuais sobre a mesa, ou sobre o chão, onde ocorrerá a interação. Segundo a musicoterapeuta da Associação de Assistência à Crianças Deficientes (AACD) de São Paulo, é importante ter a referência do movimento para que seja possível controlar a motricidade do indivíduo, caso contrário, não ocorrerá o aprendizado motor.

Avaliações do GenVirtual foram realizadas com o suporte de um profissional qualificado da área da saúde. Segundo Marilena do Nascimento, coordenadora do setor de musicoterapia da AACD, o GenVirtual pode vir a beneficiar as intervenções terapêuticas por possibilitar estimular a concentração, memorização, percepção visual e auditiva e coordenação motora.

2. Realidade Aumentada: Conceitos e Aplicações

O avanço da multimídia e da Realidade Virtual permitiu a integração, em tempo real, de vídeos e ambientes virtuais interativos. A Realidade Aumentada, beneficiou-se desse progresso enriquecendo o ambiente real com objetos virtuais, tornando viáveis aplicações dessa tecnologia, tanto em plataformas sofisticadas quanto em plataformas populares [Tori et al, 2006]. Segundo Azuma (1997), Realidade Aumentada é uma tecnologia que combina a “visão” que o usuário possui do mundo real com objetos virtuais projetados em tempo real. Desta forma, objetos virtuais parecem coexistir no mesmo espaço físico que os objetos reais [Milgram et al, 1994].

A Realidade Aumentada permite uma interação segura e agradável, pelo fato de transportar os elementos virtuais ao mundo real. Pode-se interagir com os elementos virtuais de forma natural, através das mãos, eliminando dispositivos tecnológicos complexos e tornando a interação mais agradável, atrativa e motivadora [Garbin et al, 2006].

Esta característica da Realidade Aumentada traz vantagens às pessoas com necessidades especiais, eliminando muitas vezes a necessidade do uso de adaptações nos equipamentos. Na educação especial, é comum o desenvolvimento de adaptações em sistemas, e até mesmo, em equipamentos. Em alguns casos, o usuário pode necessitar de recursos específicos dificultando o desenvolvimento, e apresentando inclusive, um custo mais elevado para a construção e utilização destes sistemas.

Aplicações em Realidade Aumentada podem fazer uso apenas de um computador e uma *webcam*, tornando-as mais acessíveis e de baixo custo. As imagens do mundo real são capturadas pela *webcam*, e objetos virtuais são sobrepostos ao mundo real. A interação com os objetos virtuais pode ocorrer através de cartões impressos, denominados marcadores fiduciais, contendo símbolos padrões. O sistema, ao reconhecer o marcador, oferece a possibilidade da ação do usuário, movimentação e modificação do ambiente. Para isso, se faz necessário o uso de um *software* que tenha capacidade de analisar os dados do mundo real e extrair informações sobre a localização e orientação dos marcadores. Existem diversas bibliotecas (APIs) para construção de aplicações com esse propósito. A biblioteca selecionada para o desenvolvimento do jogo foi a biblioteca ARtoolKit.

2.1. A Biblioteca ARToolKit

O ARToolKit é uma biblioteca livre, desenvolvida na linguagem C, que permite aos programadores desenvolver, de forma rápida, aplicações de Realidade Aumentada. Utiliza técnicas de visão computacional para calcular a posição e orientação dos marcadores identificados no cenário real. Imagens do mundo real são capturadas pela *webcam*, permitindo sobrepor objetos virtuais nestes marcadores [Geiger et al, 2004].

A Figura 1 mostra o ciclo básico da execução do ARToolKit. Inicialmente a imagem do mundo real é capturada por um dispositivo de entrada de vídeo para dar início à identificação dos marcadores. A imagem real capturada é transformada em imagem binária. Esta imagem é analisada em busca de regiões quadradas. Ao encontrar uma região quadrada, a ferramenta calcula a posição e orientação da câmera em relação a esta região buscando identificar figuras específicas, denominadas marcadores. Os marcadores são símbolos distintos e previamente cadastrados através de um treinamento da rede neural interna do ARToolKit para seu reconhecimento efetivo. Uma vez reconhecido o marcador, a ferramenta calcula o ponto exato que o objeto virtual deve ocupar no mundo real e realiza a sobreposição das imagens retornando ao usuário a combinação visual do mundo real e do objeto virtual.



Figura 1. Ciclo básico da execução do ARToolKit.

Para o desenvolvimento deste trabalho, foi utilizado a biblioteca JARToolkit que é um invólucro escrito na linguagem Java para o ARToolKit [Geiger et al 2004].

3. Realidade Aumentada no Contexto Educacional

A Realidade Aumentada permite a criação de aplicações facilitadoras e motivadoras para o aprendizado do usuário, inclusive aqueles com deficiência motora e que não apresentam habilidades para manipular o *mouse* ou o teclado, mas podem arrastar um objeto com as mãos, com os pés ou com algum dispositivo específico. A interface deve ser planejada para oferecer flexibilidade ao usuário em relação à escolha da ação.

Garbin et al (2006) apresenta alguns experimentos com sistemas de Realidade Aumentada para trabalho com crianças portadoras de necessidades especiais. Conforme pode ser observado na Figura 2, os blocos de madeira (marcadores) contém numerais impressos que, quando são capturados pela câmera, são sobrepostos por objetos virtuais e podem ser visualizados através do monitor. Além da interação, este dispositivo permite que a criança desenvolva atividades de atenção, percepção e memorização.



Figura 2. Experimento com imagens virtuais em atividades de matemática [Garbin et al, 2006].

Outro trabalho relevante e com grande potencial educacional é o Jogo das Palavras [Zorzal et al, 2006]. O objetivo é fazer a junção de letras para formar palavras

e resgatar a imagem através de técnicas de Realidade Aumentada para enriquecer os resultados finais. Conforme pode ser observado na Figura 3, foram desenvolvidos marcadores com letras em seus interiores, e cadastradas combinações de palavras, formando assim marcadores compostos. Quando o usuário forma uma seqüência de letras previamente cadastrada, o ARtoolKit mostra um objeto virtual associado àquela combinação. Essas características fazem desse jogo, além de um ótimo entretenimento, uma fonte de aplicações práticas como alfabetização, aprendizado de idiomas, além de permitir desenvolver habilidades motoras para usuários com deficiências motores.



Figura 3. Quebra-cabeças com palavras [Zorzal et al, 2006], [Kirner et al, 2006].

Zorzal et al (2005) apresenta outro sistema de Realidade Aumentada para aprendizagem musical, demonstrando três formas de aprendizado, cada uma delas enfocando áreas distintas da música. A primeira forma de aprendizado utiliza oclusão de marcadores para executar sons pré-definidos (Figura 4a). Essa execução é guiada pela apresentação de símbolos ao usuário que deverá fazer a oclusão do marcador apropriado, quando o símbolo mostrado atingir um certo ponto fixo do cenário. Assim, uma pequena melodia pode ser executada, capacitando o usuário na percepção rítmica, enquanto utiliza o sistema. A segunda forma enfoca o aprendizado de leitura musical (Figura 4b), baseado em uma notação de pentagrama em branco e um marcador impresso em transparência que é reconhecido diferentemente, de acordo com o posicionamento do marcador na notação em branco. Quando um símbolo é reconhecido, o sistema mostra sua identificação visual e emite o som correspondente, facilitando assim o aprendizado de leitura e escrita desta notação. A última aplicação simula um leitor automático de partitura (Figura 4c), onde os símbolos podem ser criados em forma de apresentação a partir de um *software* de fácil usabilidade, como por exemplo, o PowerPoint.



Figura 4. Sistema de Realidade Aumentada para aprendizagem musical [Zorzal et al, 2006], [Kirner et al, 2006]

O presente trabalho vem contribuir com uma aplicação educacional em Realidade Aumentada através de um jogo musical. Com base nas referências apresentadas e nas pesquisas relacionadas ao uso das novas tecnologias no processo de ensino-aprendizagem [Garbin et al, 2006], acredita-se que este jogo possibilite agregar

funções além das atividades lúdicas propostas pela maioria dos jogos digitais, promovendo o desenvolvimento da percepção espaço-corporal, adequando a coordenação motora ao ritmo e à expressividade.

4. GenVirtual

O GenVirtual é um jogo musical que possibilita seguir uma seqüência de cores e sons emitidos a partir dos objetos virtuais projetados no mundo real. Segundo a musicoterapeuta da AACD, uma possibilidade de uso seria relacioná-lo com a iniciação musical, desde que contenha um número considerável de sons ou notas musicais. Na música grega ou lira, por exemplo, é possível trabalhar com várias músicas utilizando apenas quatro notas musicais. Porém, com apenas estas notas torna-se difícil criar canções populares, as quais são muito utilizadas em sessões de musicoterapia no Brasil. Já com doze notas musicais é possível reproduzir músicas conhecidas. Na iniciação musical, trabalha-se muito com as cores relacionadas aos sons, e esta característica está sendo explorada no GenVirtual.

4.1. Configurações Iniciais do Jogo

Inicialmente é necessário definir o processo de geração da seqüência musical do jogo. Uma seqüência musical é composta por notas musicais (Dó, Ré, Mi, Fá, Sol, Lá, Si), que ao serem arranjadas seqüencialmente, formam uma determinada melodia. Esta seqüência pode ser gerada aleatoriamente ou ser criada por meio de uma melodia conhecida pelo usuário. A Figura 5 mostra o fluxograma inicial do jogo.

De acordo com o fluxograma, na opção “gerar notas musicais” basta apenas informar a quantidade de notas necessárias para criar uma seqüência musical. Isto implica em definir a quantidade de marcadores necessários para a interação. Ao iniciar o jogo, o sistema sorteia as notas musicais, que variam entre a escala de Sol maior (Sol, Sol#, La, La#, Si, Do, Do#, Re, Re#, Mi, Fa, Fa#), gerando uma seqüência musical.

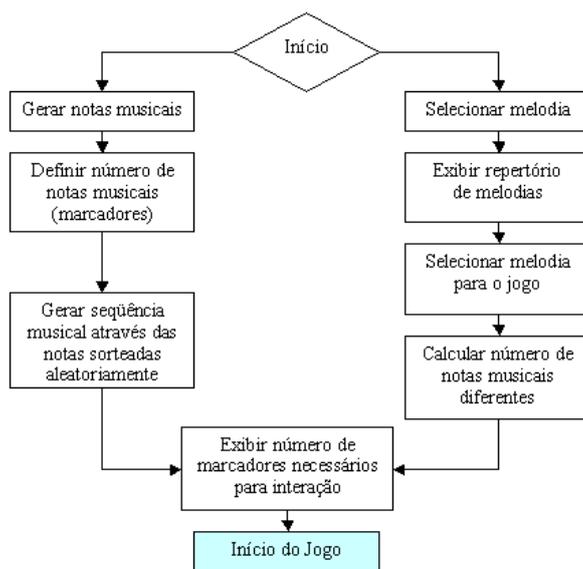


Figura 5. Configurações Iniciais do Jogo

Já na opção “selecionar melodia”, a seqüência musical é gerada por meio de uma melodia (em arquivo MIDI) da “Biblioteca de Melodias” disponíveis no jogo (Figura 6). Neste caso, o sistema indica o total de notas musicais diferentes que foram encontradas no arquivo MIDI escolhido, o total de marcadores necessários para a interação (cada nota musical é atribuída a um determinado marcador) e o tamanho da seqüência musical.



Figura 6. Interface inicial do Genvirtual e Biblioteca de Melodias.

O jogo foi implementado visando a utilização de até 12 marcadores simultaneamente (doze notas musicais, respectivas à escala de Sol maior). Foi necessário relacionar cada nota musical a um marcador específico. Esta abordagem foi sugerida pela musicoterapeuta de forma que o usuário possa manter a referência da afinação, uma vez que a afinação dos instrumentos é fixa. A associação de um determinado marcador a uma nota musical também facilita o planejamento motor feito pelo musicoterapeuta. Também existe a possibilidade de importar arquivos MIDI a partir da interface “Biblioteca de Melodias”.

4.2. Planejamento das atividades motoras.

Após gerar a seqüência musical, é necessário iniciar a Captura de Vídeo para execução do jARToolKit e conseqüentemente, a criação dos objetos virtuais para interação. A Figura 7 mostra a projeção dos cubos coloridos nos marcadores. O terapeuta pode criar vários *layouts* diferenciados e adequá-los a cada tipo de paciente (planejamento motor), dependendo de suas limitações motoras.

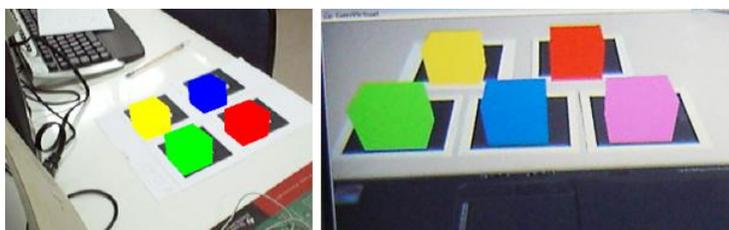


Figura 7. Projeções dos cubos nos marcadores.

De acordo com a Figura 7, a imagem do mundo real foi capturada por uma *webcam*, e analisada a fim de identificar regiões quadradas. Em seguida, foi calculada a posição e orientação da *webcam* em relação aos marcadores encontrados. Uma vez

reconhecidos os marcadores, foi calculado o ponto em que o objeto virtual deveria ser projetado no mundo real e foi realizada a sobreposição das imagens, combinando o mundo real e o objeto virtual. Cada objeto virtual foi relacionado a uma nota musical.

4.3. Interação

Após a definição do processo de geração da sequência musical, é iniciada a interação do usuário. Os cubos virtuais “acendem” de acordo com a sequência musical a ser tocada, e simultaneamente, a nota musical referente àquele cubo virtual é executada. As notas musicais são emitidas uma por vez, e o sistema fica à espera da interação do usuário que deverá obstruir o marcador referente à nota musical emitida. A cada acerto, a sequência ganha um novo item (nota musical), aumentando o desafio de memória e retenção de informação do jogo. A Figura 8 mostra um exemplo de interação com o GenVirtual, utilizando a melodia “atirei o pau no gato”.

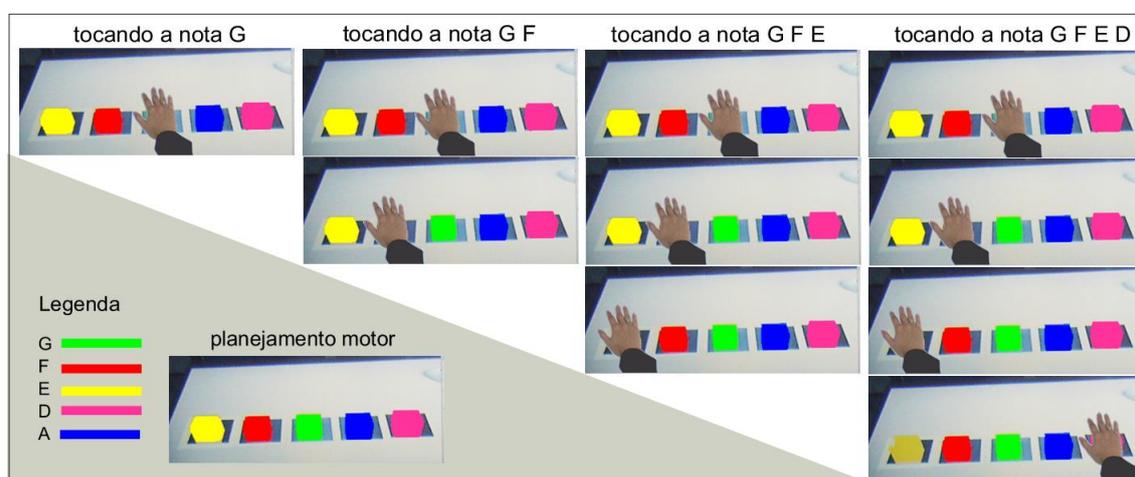


Figura 8. Interação com o GenVirtual

Como pode ser observado na Figura 8, a interação ocorre apenas com a obstrução do marcador através das mãos, dispensando a utilização de qualquer dispositivo para interação, o que facilita a utilização do jogo por indivíduos com deficiência física. Alguns pacientes com doenças neuromusculares por exemplo, possuem dificuldades em realizar atividades musicais, pois o progresso da deterioração e destruição do tecido nervoso e muscular causa fraqueza e atrofia dos músculos, provocando a imobilidade e dependência nas atividades da vida diária. Ao tentar utilizar um teclado musical em sessões de musicoterapia, necessitavam de adaptadores com ponteiros nas mãos, pois estes pacientes não possuíam mais a dissociação dos dedos para interação com os teclados do instrumento. O Genvirtual permite a realização de atividades musicais sem a utilização destes adaptadores.

5. Experimentos com o GenVirtual

Os experimentos com o GenVirtual foram realizados com uma musicoterapeuta da AACD, Marilena do Nascimento. Foi utilizado um conjunto de 5 notas musicais, ou seja, 5 marcadores para reproduzir a IX Sinfonia de Bethoven (Figura 9).



Figura 9. Testes com musicoterapeuta da AACD.

Após os testes, a musicoterapeuta apresentou um planejamento sobre o uso deste sistema em suas atividades diárias com os pacientes: aprendizado de símbolos (através dos marcadores) que acionados por um movimento motor identifiquem uma frequência sonora audível; criação de melodias inéditas ou conhecidas a partir da representação da nota musical por um objeto virtual; treino motor repetitivo e motivado pela resposta sonora identificada como “fazer musical”; a partir de um aprendizado motor e cognitivo ser capaz de reproduzir e elaborar peças musicais mais sofisticadas ampliando as funções cognitivas como atenção, concentração e memória.

Marilena afirma que *“o tempo para o aprendizado é longitudinal, iniciando a partir dos elementos mais simples (movimentação motora mínima) ampliando para as ações mais complexas. A utilização dos marcadores dispensa a digitação e uso de dispositivos assistivos para realizar o movimento solicitado”*. Para digitação no teclado musical, é necessário uma dissociação dos dedos que é considerada uma ação motora complexa de movimentos. A pessoa que possui perda motora, enfrenta logo de início, a perda da dissociação dos dedos, impossibilitando o manuseio de instrumentos musicais e por consequência a possibilidade de experienciar o “fazer musical”. Segundo a musicoterapeuta, a partir do interesse e motivação de cada indivíduo, é possível a utilização do GenVirtual em atividades que possuam objetivos terapêuticos para a manutenção da saúde.

5. Conclusões

O conceito de qualidade de vida mais utilizado é o da Organização Mundial da Saúde (OMS, 2007) que descreve: *“saúde não é só a ausência de doença mas a percepção individual de um completo bem estar físico, mental e social”*. Tem-se várias dimensões envolvidas para conceituar qualidade de vida. Os cinco maiores domínios considerados pelos autores são: estado físico e psicológico, interações sociais e fatores econômicos, estado espiritual ou religioso. Portanto, a qualidade de vida estaria diretamente relacionada ao bem estar e satisfação nestes grandes domínios [Levy, 2003].

Os testes preliminares com a musicoterapeuta mostrou que o GenVirtual pode estar a serviço de suas intervenções terapêuticas por permitir estimular a musicalidade contribuindo para a manutenção motora e cognitiva de seus pacientes auxiliando na melhoria de sua qualidade de vida. Testes futuros com pacientes da AACD serão realizados para constatar as hipóteses aqui apresentadas. A parceria deste projeto com a AACD foi confirmada através de uma carta enviada ao Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da AACD contendo um pedido de apoio ao projeto através da contribuição da musicoterapeuta Marilena do Nascimento para a realização dos testes com os pacientes.

Estima-se que o GenVirtual possa ser explorado em atividades que promovam a saúde dentro e fora do âmbito médico tradicional. Por se tratar de uma tecnologia de baixo custo, o GenVirtual pode estar a serviço das pessoas por tempo indeterminado, permitindo realizar atividades musicais sem sair de casa, uma vez que isto pode ser doloroso, dependendo do estágio da doença e das limitações físicas do indivíduo.

Referências

- Azuma R. T. (1997) *Recent Advances in Augmented Reality*. In: Presence Teleoperators and Virtual Environments 6, 4 (August 1997), 355-385.
- Costa, R. M. E. M; Carvalho, L. A. V. (2005). *O uso de jogos digitais na Reabilitação Cognitiva*. In: Anais do Workshop de Jogos Digitais na Educação, Juiz de Fora – MG, pag 19-21;
- Dainese, C.A.; Garbin, T.R.; Kirner, C.; Santin, R. (2005) *Aplicações Multimídia com Realidade Aumentada*. In: Teixeira, C. A. C.; Barrére, E.; Abrão, I. C. *Web e Multimídia: Desafios e Soluções*. SBC, 1 ed. Poços de Caldas: Puc de Minas Gerais.
- Geiger, C.; Schmidt, T.; Stocklein, J. (2004) *Rapid Development of Expressive AR Applications*. In: International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR), USA.
- Garbin, T. R.; Dainese, C. A.; Kirner, C. (2006). *Sistema de Realidade Aumentada para trabalho com Crianças Portadoras de Necessidades Especiais*. In: Tori R.; Kirner, C.; Siscouto, R. *Fundamentos e Tecnologia de Realidade Virtual e Aumentada*. Livro do Pré-Simpósio VIII Symposium Virtual Reality, Belém-PA, pg 289-296.
- Kirner, C.; Zorzal, E. R.; Kirner, T. G. (2006) *Case Studies on the Development of Games Using Augmented Reality*. In: 2006 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, 2006, Taipei – Taiwan.
- Levy, J. A. (2003) *Reabilitação em doenças neurológicas*. Editora atheneu, São Paulo.
- Milgram, P. et. al. (1994) *Augmented Reality: A Class of Displays on the Reality-Virtuality Continuum*. Telemanipulator and Telepresence Technologies, V. 2351.
- Rieder, R; Zanelatto, E.; Brancher, J. (2005) *Observação e análise da aplicação de jogos educacionais bidimensionais em um ambiente aberto*, INFOCOMP: Journal of Computer Science, vol 4, n. 2, pp.63-71.
- Tori R.; Kirner, C.; Siscouto, R. (2006) *Fundamentos e Tecnologia de Realidade Virtual e Aumentada*. In: VIII Symposium on Virtual Reality, Belém-PA.
- World Health Organization (2007) Accessed in January of 2007. Disponibilized in: <http://www.who.int/en>.
- Zorzal, E. R.; Cardoso, A.; Kirner, C.; Lamounier, E. (2006) *Realidade Aumentada Aplicada em Jogos Educacionais*. In: V Workshop de Educação em Computação e Informática do Estado de Minas Gerais - WEIMIG, 2006, Ouro Preto.
- Zorzal, E. R.; Buccioli, A. A. B; Kirner, C. (2005) *O uso da Realidade Aumentada no Aprendizado Musical*. In: WARV – Workshop de Aplicações de Realidade Virtual, Uberlândia-MG.