

# Uma Arquitetura para Integração de Sistemas Hápticos e *Engines* de Jogos

Herbet Ferreira Rodrigues e Liliane dos Santos Machado  
*Laboratório de Tecnologias para o Ensino Virtual e Estatística - LabTEVE*  
*Universidade Federal da Paraíba – UFPB*  
*Cidade Universitária s/n – 58051-900 – João Pessoa – PB – Brasil*  
*{herbet, liliane}@di.ufpb.br*

## Resumo

*O sentido do tato e a interação física estão entre os aspectos fundamentais em que o ser humano precisa para compreender o mundo e provocar mudanças nele. Para os jogos, os sistemas hápticos podem oferecer um conceito de interação de forma avançada, ampliando o nível de realismo e oferecendo uma maior imersão no ambiente virtual. Este artigo apresenta um estudo, um planejamento e o desenvolvimento de uma arquitetura para integrar uma engine de jogos com sistemas hápticos.*

## Abstract

*The sense of touch and physical interaction are among the fundamental aspects that human being needs to understand the world and cause changes to it. For games, haptic systems can offer a concept of interaction in a sophisticated way, increasing the level of realism and offering greater immersion in the virtual environment. This paper presents a study, a planning and development of an architecture to integrate a game engine with haptic systems.*

## 1. Introdução

Os *serious games* vêm sendo utilizados para identificar jogos com um propósito específico, ou seja, que extrapolam a ideia de entretenimento e oferecem outros tipos de experiências, como às voltadas ao aprendizado e treinamento [13]. Estes jogos permitem aos jogadores experimentarem tarefas e atividades que poderiam ser difíceis de realizar repetidas vezes sejam pelo seu alto custo, tempo, logística ou por razões de segurança [5]. De acordo com Rankin e Sampayo [17] estes jogos estão sendo aplicados em diversas áreas do conhecimento, tais como militar, empresarial, governamental, política, religião e artes. Entretanto, um dos setores que tem mais se beneficiado do uso dos

*serious games*, principalmente com a combinação de treinamento e ensino, é o da saúde [12]. Para os *serious games* com este foco, os mesmos devem fornecer um excelente grau de realismo a fim de que o jogador possa interagir com o ambiente do mesmo modo que o faz em situações reais. Além de um sistema de visualização eficiente, é importante incluir um sistema de interação que permita que o jogador possa sentir os objetos virtuais no ambiente. Este tipo de interação é chamado de interação háptica e ocorre através de um dispositivo que reflete força, permitindo que um jogador toque, sinta e manipule os objetos 3D da cena.

Aliado à Realidade Virtual (RV), o desenvolvimento dos *serious games* em ambientes imersivos com a inclusão de dispositivos hápticos, podem contribuir para a motivação e aprendizado do jogador. A incorporação de um dispositivo háptico possibilitaria ampliar o nível de realismo e oferecer uma forma mais eficiente de envolvimento, trazendo melhores resultados na realização das atividades de natureza tátil inseridas nos jogos. Diversos projetos de RV têm comprovado que a utilização de dispositivos hápticos em aplicações na saúde, para a educação e treinamento, melhora o nível de percepção e aprendizado efetivo ampliando a sensação de imersão sentida pelo usuário [10]. Entretanto, poucos são os incentivos da aplicação destes dispositivos em *serious games*.

A partir da proposta de Rodrigues *et al.* [18] cujo objetivo é o desenvolvimento de um *serious game* relacionado ao treinamento e educação para a higiene bucal de adultos utilizando um dispositivo háptico como forma de interação, este artigo traz como contribuição o estudo e as etapas de planejamento, integração e desenvolvimento dos módulos gráfico, físico e háptico do jogo proposto. Os demais elementos que fazem parte do desenvolvimento do *serious game* como roteiro, conceituação artística, jogabilidade, inteligência, *interface*, entre outros, não serão abordados neste artigo.

## 2. Sistemas Hápticos

A computação tem fornecido informações para os sentidos humanos da visão e da audição, como também, sistemas de áudio e vídeo têm sido aperfeiçoados por muitas décadas. Mas recentemente, o aumento na capacidade do computador e o desejo de criar melhores formas de interagir com mundos virtuais gerados por computador têm levado ao desenvolvimento de sistemas que permitam a inclusão do sentido do tato [11].

A percepção do toque está relacionada a duas componentes: tato e cinestesia. O tato permite identificar sensações como temperatura, pressão ou vibrações e depende da sensibilidade cutânea. Esta sensibilidade varia de acordo com a região utilizada para realizar o contato. A cinestesia, por sua vez, refere-se à percepção das tensões aplicadas aos músculos e juntas. Esta percepção é também chamada de propriocepção ou *force-feedback* (retorno de força) [3] e permite identificar a rigidez de objetos.

Em sistemas computacionais, a identificação do tato e de retorno de força depende de duas partes igualmente importantes que formam os sistemas hápticos: os dispositivos, responsáveis por receber ações do usuário e apresentar-lhe as propriedades relacionadas ao toque, e as rotinas de controle, responsáveis por calcular e enviar as propriedades do toque ao dispositivo.

Atualmente os dispositivos hápticos disponíveis variam em sofisticação e fidelidade. Em um extremo estão os *gamepads* com vibração e os *joysticks* com retorno de força que oferecem interatividade limitada [11]. No outro extremo se encontram os dispositivos hápticos mais sofisticados como o *PHANToM Omni* (Figura 1) da *SensAble Technologies Inc.* [19] e o *Falcon* da *Novint Technologies Inc.* [21] que oferecem um maior nível de interatividade, pois permitem até 6 graus de liberdade em movimentos de posição/rotação e 3 graus de liberdade em retorno de força para o usuário.



Figura 1. Dispositivo Háptico *PHANToM Omni* da *SensAble Technologies Inc.*

## 3. Sistemas Hápticos em Jogos

De acordo com Chang *et al.* [6], tecnologias hápticas passarão a fazer parte integrante do processo de design de jogos, exigindo um planejamento criativo a fim de aproveitar ao máximo esta tecnologia. Os hábitos dos jogadores também poderão mudar a fim de incorporar o sentido do tato, o que lhes darão uma interação mais complexa com o ambiente do jogo, ampliando a imersão e tornando o processo de entendimento de tomada de decisão mais completo. Jones [11] afirma que o aumento dos jogos com sistemas hápticos, em que os alunos se tornam participantes ativos no ambiente, representa uma das mais interessantes inovações na concepção de ensino e aprendizagem baseados por computador dos últimos anos.

Como exemplo de jogos que utilizam um dispositivo háptico como forma de interação, pode-se destacar o *HapticCast* [1], um jogo 3D multiplayer que coloca os jogadores em um ambiente de primeira pessoa. Ele é projetado para proporcionar ação e um alto nível de interatividade utilizando o dispositivo háptico *PHANToM Omni*. No *HapticCast*, o jogador se torna um bruxo e tem disponível alguns tipos de varinhas mágicas. Quando o jogador usa uma varinha, é lançado um feitiço que exibe um efeito háptico, o qual oferece uma maneira diferente de interagir com o ambiente. O jogo também simula a sensação de arrastar objetos pesados, gravidade e forças de impulso provocado por colisões entre objetos.

Outro exemplo de jogo encontrado na literatura é o *Haptic Battle Pong* [14], uma versão do jogo *Pong* com suporte a dispositivo háptico. Nele, o retorno de força proporcionado pelo dispositivo é utilizado para mostrar o contato entre a bola e a raquete do jogador. No entanto, os efeitos hápticos apresentados são limitados, não utilizando todo potencial que um dispositivo háptico pode oferecer.

O *HapticCycle* [7], é um jogo 3D que consiste em uma bicicleta inserida no contexto de um jogo de triciclos e integrada a um dispositivo de interação háptico. O retorno háptico fornecido pela aplicação ocorre pela simulação de resistência de acordo com o relevo de um terreno, percebida no ato de pedalar a bicicleta. Através dos resultados da avaliação feita pelos desenvolvedores do *HapticCycle*, foi concluído que a inclusão de uma resposta háptica na aplicação 3D de corrida de triciclos contribuiu de forma significativa para um aumento no nível de atratividade e diversão do jogador, ampliando sua imersão na aplicação.

De acordo com as pesquisas realizadas e os trabalhos mencionados acima, observa-se que ainda são

poucas as iniciativas voltadas para o uso de *serious games* com foco em treinamento e ensino com a utilização de sistemas hápticos. Dessa forma, torna-se relevante o estudo e investigação em relação à aplicabilidade dos sistemas hápticos como forma de interação em *serious games*.

#### 4. Integração de Dispositivos Hápticos em Jogos

Farias *et al.* [7] analisa que para a construção de um jogo deve-se adotar um modelo de desenvolvimento rápido e eficiente, devido à crescente rapidez com a qual novos jogos e tecnologias chegam no mercado. E para alcançar este objetivo, foram criados os motores de jogos ou *game engines*.

As *game engines* de jogos tem sido constantemente utilizadas por oferecerem gerenciamento do cenário, animação de personagens, iluminação, fluxo do código e suporte a diferentes plataformas [12]. Entretanto, Farias *et al.* [7] e Machado *et al.* [12] explicam que um problema existente na utilização destas *engines* é que o desenvolvedor limita-se às mesmas formas de interação convencionais como *joysticks*, não havendo um suporte genérico a dispositivos com características diferentes como os dispositivos hápticos, por exemplo.

Neste ponto, observa-se que para que ocorra a comunicação entre uma *engine* e dispositivos hápticos é necessário o uso de programas específicos ou APIs (*Application Programming Interface*). Geralmente, cada dispositivo possui um programa ou API própria para sua programação.

Há alguns trabalhos sobre a integração de sistemas hápticos em motores de jogos. Nilsson e Aamisepp [16] explicam da importância de incorporar o háptico em um motor 3D e um *plug-in* para a *engine Crystal Space* foi desenvolvido para demonstrar esta integração. No entanto, os processos e detalhes sobre a integração não foram bem exploradas por este projeto.

Existem outros esforços [4] para combinar renderização gráfica e sistemas hápticos, mas estes não contêm características que são desejáveis para o desenvolvimento de jogos, como mecanismos de inteligência artificial e controles de estados, por exemplo.

Outro componente importante no desenvolvimento de jogos com sistemas hápticos é o motor de física ou *physics engine*, que simula a física para todos os objetos no ambiente virtual do jogo. Variáveis tais como massa, velocidade, inércia, fricção e forças externas, contribuem para o realismo do jogo. Este componente fornece detecção de colisões e resposta entre objetos, permitindo que os jogadores percebam

uma dinâmica física, bem como o acesso à informação utilizada pelos algoritmos de renderização de forças para os dispositivos hápticos.

#### 5. Proposta de Integração

A partir do estudo realizado e da necessidade de desenvolver um *serious game* com interação háptica para saúde com foco em treinamento e ensino é proposto um conjunto de módulos e classes para a integração entre sistemas hápticos e uma *engine* de jogos.

Um jogo com retorno háptico deve considerar quatro fatores para a sua implementação [2]. Esses fatores são: a posição e orientação do jogador no mundo virtual, a detecção de colisão do jogador com o objeto virtual e a reação da colisão, que é transmitida ao usuário através de dispositivos hápticos. A Figura 2 mostra como funciona a interação de um jogador com o ambiente virtual do jogo.

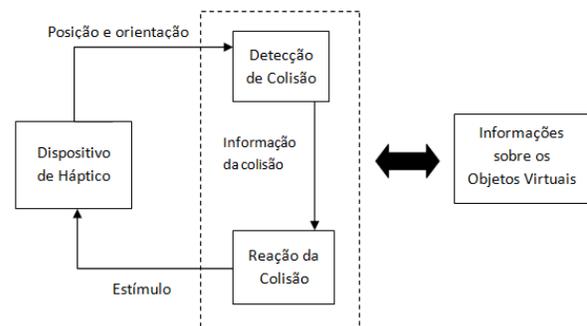


Figura 2. Esquema de interação de um jogo com dispositivo háptico.

Portanto para o desenvolvimento de rotinas para incorporação do toque em jogos é necessária a criação de classes para a interação háptica, para as colisões físicas e para a visualização de todos os comportamentos resultantes destas colisões na cena gráfica.

##### 5.1 O Módulo Gráfico

O módulo gráfico é responsável pela renderização da cena 3D visual e exibição da interface gráfica para o usuário.

A *engine* gráfica escolhida para o projeto foi a *Irrlicht* [9], uma *engine* 3D rápida, multiplataforma e que inclui recursos como sombreadimento, *z-buffering*, iluminação dinâmica, carregadores de malha, sistemas de partículas, texturização, entre outros. Esta *engine* é

responsável por exibir os objetos 3D na tela, bem como a interface gráfica do usuário.

## 5.2 O Módulo Físico

A *engine* de física escolhida para o jogo é a *Newton Game Dynamics* [15], que é uma *engine* de física simples com desenvolvimento em C/C++. Cada objeto do mundo do jogo tem uma representação física e, portanto, é capaz de exibir um comportamento físico realista em tempo-real.

Este módulo será responsável pela identificação das colisões ocorridas no ambiente. Estas colisões devem ocorrer não apenas entre objetos gráficos, mas também entre eles e objetos hápticos. Deste modo, o módulo fornecerá as variáveis relacionadas ao ponto e momento da colisão.

## 5.3 O Módulo Háptico

Neste projeto está sendo utilizado a dispositivo háptico *PHANToM Omni* da *SensAble Technologies*. Este dispositivo foi selecionado por possuir as características adequadas para simulações e jogos de destreza manual. Para a utilização do *PHANToM Omni*, existe o pacote chamado *OpenHaptics Toolkit* [20] que oferece suporte ao dispositivo.

O *OpenHaptics Toolkit* é desenvolvida nos mesmos moldes da *API OpenGL*, sendo familiar aos programadores gráficos e facilita a integração com as aplicações *OpenGL* e *engines* existentes. A *OpenHaptics* é composta de duas camadas: a *API* do dispositivo háptico (*HD-API*) e a *API* da biblioteca háptica (*HL-API*). A *HD-API* fornece acesso de baixo nível ao dispositivo háptico. Já a *HL-API* fornece acesso de mais alto nível para a programação do dispositivo, facilitando a atribuição das propriedades hápticas. Ela permite significativo reuso de código existente no *OpenGL* e simplifica a sincronização dos processos hápticos e gráficos. [20]. Embora a técnica de renderização de força na cena gráfica pela *HL-API* é amplamente utilizada, apenas a *HD-API* está sendo usada no jogo devido à sua flexibilidade em produzir vários efeitos de força e a sua independência com as *engines* gráficas.

## 5.4 Arquitetura Proposta

A arquitetura em alto nível do jogo e os módulos principais descritos anteriormente é mostrada na Figura 3. A camada central – chamada de *Framework* – possui os módulos Gráfico, Físico e Háptico, no qual contem todas as classes necessárias para a inicialização da cena

gráfica, inicialização do dispositivo háptico, geração dos objetos e suas características físicas, como também, o controle de posições, colisões e forças que serão utilizados pela camada Lógica do jogo (camada superior).

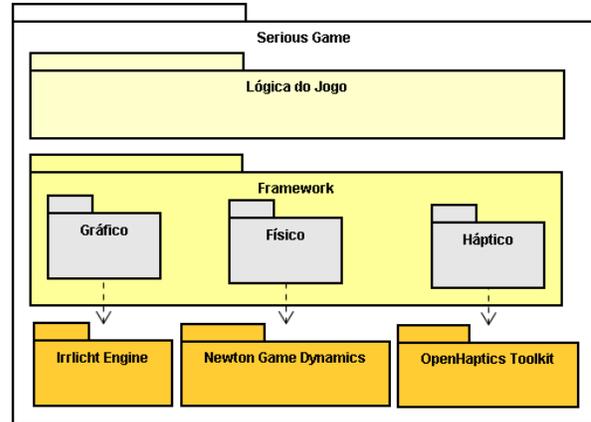


Figura 3. Arquitetura proposta em alto nível.

Para o jogo proposto [18] foi criado um conjunto de classes. A classe *Main* inicializa a *engine* gráfica e possui o *loop* principal do jogo. A classe *GameManager* adiciona todos os objetos que farão parte da cena do jogo, como também suas posições. A classe *Object* define todas as variáveis e métodos necessários para a interação dos objetos na cena. Já as classes *Physics* e *Haptics* representam os módulos Físico e Háptico. A classe *Player*, uma das principais classes do jogo, representa o dispositivo háptico na cena do jogo. A Figura 4 mostra o Diagrama de Classes em alto nível das classes criadas para esta integração.

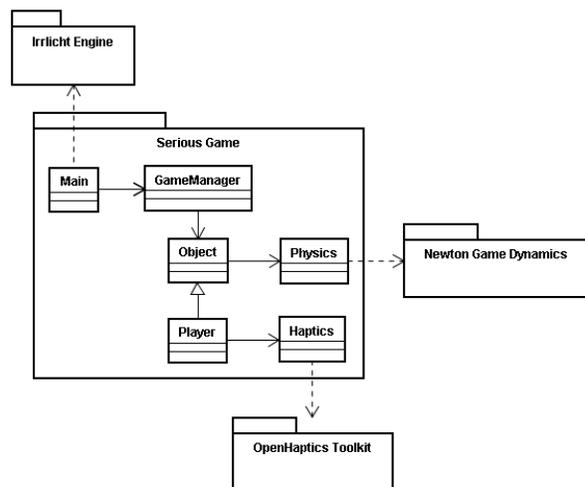


Figura 4. Diagrama de classes do jogo.

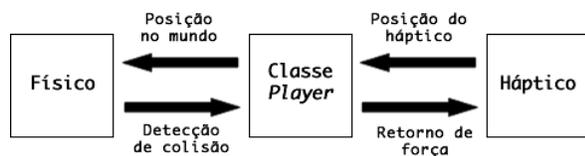
A seguir será descrito com mais detalhes algumas das principais funcionalidades que a classe *Player* fornece para o restante da arquitetura.

## 5.5 A classe *Player*

A HDAPI requer que o desenvolvedor maneje diretamente a renderização da força para o dispositivo háptico [20]. Para prover renderização direta da força são requeridos algoritmos para detecção de colisão e estruturas de dados eficientes devido à alta necessidade de atualização para estabilizar o laço de controle do dispositivo háptico. Um problema de usar uma *engine* física com a HDAPI é que as forças que atuam sobre um objeto, necessárias para calcular a força de retorno sobre os dispositivos hápticos, não são acessíveis diretamente. A classe *Player* foi proposta para evitar estes tipos de problemas, permitindo calcular os retornos de força com os dados geométricos fornecidos pelo Módulo Físico, como também, o envio das forças para o dispositivo háptico via HDAPI.

A classe recebe a posição do dispositivo háptico e transforma esta posição na posição do objeto representado pelo dispositivo na cena gráfica. As colisões detectadas pelo Módulo Físico são passadas para a classe *Player* para calcular a força resultante e enviar para o dispositivo háptico.

A Figura 6 ilustra de forma resumida o fluxo de dados entre a classe *Player* e os Módulos Físico e Háptico. Neste caso particular, a *engine* física funciona em 60Hz enquanto a interface háptica é executado de forma assíncrona em 1000Hz.



**Figura 6. Fluxo de dados entre os Módulos Físico e Háptico pela classe *Player*.**

Pelo módulo Háptico, a posição do dispositivo é atualizada a cada *loop* da HDAPI. A posição do dispositivo pode ser obtida usando a função “*hdGetCurrentPosition*” com um dos seguintes parâmetros: *HD\_CURRENT\_POSITION* ou *HD\_CURRENT\_TRANSFORM*. Novamente pelo módulo Háptico, a força pode ser enviada para o dispositivo usando a função “*hdSetCurrentForce*” com o parâmetro *HD\_CURRENT\_FORCE*.

No Módulo Físico, as colisões são interceptadas usando a função “*NewtonCollisionCollide*”. Sempre que uma colisão é detectada em um objeto, a função irá

retornar algumas informações sobre a colisão, como o ponto de contato, o vetor normal e a distância de penetração de um objeto com o outro, no qual estas informações são utilizadas para calcular o retorno de força resultante.

## 5.6 Renderização das Forças

Há vários modos de se computar as forças que são produzidas pelo dispositivo háptico. Algumas das mais interessantes forças de interação consideram o finalizar do dispositivo (ponta do braço articulado que o usuário segura nas mãos) e seu relacionamento com os objetos no ambiente do jogo.

O vetor força é a unidade de saída do dispositivo háptico. Há vários modos de computar força para gerar uma variedade de sensações. Há três classes principais de forças que podem ser simuladas: dependente do movimento, dependente do tempo, ou uma combinação de ambos [2].

As forças dependentes do movimento são computadas baseadas nos movimentos do dispositivo háptico [2]. Algumas delas são:

- **Elasticidade:** a força de elasticidade é a mais comum. Ela pode ser computada pela lei de *Hooke*:  $F = k * x$ , onde  $k$  é a constante de rigidez e  $x$  é o vetor de deslocamento.
- **Amortecedora:** a principal utilidade da força amortecedora é reduzir as vibrações, opondo-se ao movimento. Ela é proporcional a velocidade do finalizar do dispositivo. A equação padrão para seu cálculo é  $F = - b * v$ , onde  $b$  é a constante de amortecimento e  $v$  é a velocidade do finalizador.

As forças dependentes do tempo, como o próprio nome já diz, são forças computadas com uma função dependente do tempo [2]. Algumas delas são:

- **Constante:** a força constante é uma força com magnitude e direção fixa.
- **Periódica:** a força periódica é um padrão que se repete em um intervalo de tempo, tendo um período e uma amplitude que determina a potência da força.
- **Impulsiva:** é uma força que é instantaneamente aplicada e na prática, com o dispositivo háptico, atua em pequeno intervalo de tempo.

A partir das informações destes dois tipos de classes de forças, podem-se criar os algoritmos que resultarão

na sensação que o jogador irá sentir no dispositivo háptico durante o jogo.

## 6. Considerações Finais

Toque e interação física estão entre os aspectos fundamentais em que o ser humano precisa para compreender o mundo e provocar mudanças nele [8]. Os sistemas hápticos permitem oferecer um conceito de interação avançada para jogos, ampliando o grau de realismo da aplicação.

Neste artigo foi apresentado um estudo, o planejamento e a definição de uma arquitetura para integrar sistemas hápticos e *engines* de jogos com o objetivo de permitir o desenvolvimento de um *serious game* voltado ao ensino e treinamento em saúde.

Atualmente o projeto se encontra na fase de implementação dos algoritmos de renderização de retorno de forças para o dispositivo háptico. A integração do dispositivo à *engine* já foi realizada de modo a permitir visualizar os movimentos do mesmo no ambiente do jogo.

## 7. Agradecimentos

Este projeto é financiado pelo CNPq através do processo 133693/2009-0.

## 8. Referências

- [1] Andrews, S., “HaptiCast: A Physically Based 3D Game with Haptic Feedback”, *Emerging Input/Output in Games*, Futureplay, Canada, 2006.
- [2] Basdogan, C., Srinivasan, M.A., “Haptic Rendering In Virtual Environments”, *Virtual Environments Handbook*, Ed: K.M. Stanney, Publisher: Lawrence Erlbaum Associates, 2001, pp. 117-134.
- [3] Burdea, G., Coiffet, P., “Virtual Reality Technology”, *Wiley-Interscience*, 2003.
- [4] Conti F., Barbagli F., Morris D., Sewell C., “CHAI: An Open-Source Library for the Rapid Development of Haptic Scenes”, Demo paper presented at IEEE World Haptics, Pisa, Italy, March 2005.
- [5] Corti, K., “Games-based Learning: A Serious Business Application”. <http://www.pixelearning.com/docs/seriousgamesbusinessapplications.pdf>, 2006. Acesso em agosto de 2010.
- [6] Chang, D., “Haptics: Gaming’s New Sensation”, *Computer*, Volume 35, Issue 8, 2002, pp. 84-86.

- [7] Farias, T., Silva, D., Moura, G., Teixeira, J. M., Costa, L. H., Dias, G. Teichrieb, V., Kelner, J., “Um Estudo de Caso sobre a Construção e a Integração de Dispositivos Hápticos com Aplicações Interativas”, *Anais do Simpósio Brasileiro de Jogos de Computador e Entretenimento Digital (SBGAMES 2006)*, Vol. 2006. Recife – PE, 2006.
- [8] Faust, M.; Yoo, Yong-Ho., “Haptic Feedback in Pervasive Games”, *Pervasive Gaming Workshop at Pervasive*, Ireland, 2006.
- [9] Irrlicht Engine, <http://irrlicht.sourceforge.net/>. Acesso em agosto de 2010.
- [10] Jones, M.G., Bokinsky, A., Tretter, T.; Negishi, A., “A Comparison of Learning with Haptic and Visual Modalities”, *Haptics-e 3.6*, 2005.
- [11] Jones, M. G., “Getting a “Feel” for Serious Games”, In L.A. Annetta (Ed.), *Serious educational games*. Rotterdam, The Netherlands: Sense Publishing, 2008, pp. 73-81.
- [12] Machado, L.S.; Moraes, R.M.; Nunes, F., “Serious Games para Saúde e Treinamento Imersivo”, Book Chapter. In: *Abordagens Práticas de Realidade Virtual e Aumentada*. Porto Alegre: SBC, 2009, pp. 31-60.
- [13] Michael, D., Chen, S., “Serious Games: Games That Educate”, *Train and Inform. Course Technology PTR*, 2005.
- [14] Morris, D., Neel, J., and Salisbury, K., “Haptic Battle Pong: High-Degree-of-Freedom Haptics in a Multiplayer Gaming Environment”, *Experimental Gameplay Workshop*, GDC, 2004.
- [15] Newton Dynamics Game Engine. <http://www.newtondynamics.com/>. Acesso em agosto de 2010.
- [16] Nilsson, D., and Aamissepp, H., “Haptic Hardware Support in a 3D Game Engine”, Master thesis, Department of Computer Science, Lund University, May 2003.
- [17] Rankin, J.R., Sampayo S., “A Review of Serious Games and Other Game Categories for Education”, *SimTect 2008*, Melbourne, Australia, 2008, pp. 305-311.
- [18] Rodrigues, H. F., Machado, L. S., Valença, A. M. G., “Uma Proposta de Serious Game Aplicado à Educação em Saúde Bucal”, In: *anais do Workshop de Realidade Virtual e Aumentada*, Santos, Brazil, CDROM, 2009.
- [19] SensAble Technologies Inc., <http://www.sensable.com/>. Acesso em agosto de 2010.
- [20] SensAble Technologies, *Programmer’s Guide 3D Touch SDK OpenHaptics Toolkit*. Versão 3.0, 2009.
- [21] Novint Technologies Inc., <http://www.novint.com/>. Acesso em agosto de 2010.