

Realidade Virtual Aplicada ao Ensino de Medicina: Taxonomia, Desafios e Resultados

Alysson Diniz dos Santos e Liliane dos Santos Machado
Laboratório de Tecnologias para o Ensino Virtual e Estatística
Universidade Federal da Paraíba - CCEN
alyssondiniz@yahoo.com.br, liliane@di.ufpb.br

Resumo

O objetivo deste trabalho é organizar e discutir os conceitos e passos necessários para o desenvolvimento de ambientes de Realidade Virtual para a simulação e treinamento de procedimentos médicos. Assim, buscou-se organizar sistemas encontrados na literatura de acordo com suas características principais, distinguindo as dificuldades encontradas na criação de tais simuladores, verificando os resultados obtidos e apontando tendências futuras na simulação e treinamento virtual para medicina.

Palavras-Chave – simulação, treinamento, medicina

Abstract

The objective of this research is to present a discussion about concepts and steps necessary to develop Virtual Reality environments for simulation and training of medical procedures. Thus, were related the main features of systems found in scientific literature in order to distinguish difficulties in creating virtual simulators, verify results achieved and point out future trends in simulation and virtual training for medicine.

Keywords – simulation, training, medicine

1. Introdução

Os últimos anos trouxeram mudanças drásticas no nível de conhecimento dos pacientes e de aceitação de efeitos adversos nos tratamentos de saúde. A combinação desse processo com um aumento no foco na saúde do paciente colocou à prova os paradigmas tradicionais de ensino na área médica [1].

Tradicionalmente, os procedimentos médicos práticos que envolvem interação e exame das

estruturas físicas do paciente são ensinados através da prática repetida em pacientes, com níveis variados de supervisão. A assertiva de que esse tipo de aproximação gera o nível adequado de perícia está sendo cada vez mais contestada, e há evidências cada vez mais convincentes que muitos médicos formados são inadequadamente treinados para realizarem tais procedimentos [2].

O conceito de “aprender na prática” tem se tornado cada vez menos aceitável, particularmente quando os procedimentos a serem realizados são invasivos ou de alto-risco. De acordo com [3], erros médicos são os culpados de 44000 a 99000 mortes ao ano nos Estados Unidos. Apesar desse fato, a maior parte do treinamento médico permanece ocorrendo da maneira tradicional, na qual os estudantes são expostos a procedimentos guiados por um professor mais experiente.

A contestação do método atual de treinamento e ensino de Medicina tem levado a comunidade médica a buscar métodos alternativos para o ensino de conhecimento médico e para a aquisição de experiência na realização dos procedimentos médicos. [4].

Nos últimos trinta anos, a Realidade Virtual (RV) tem provado sua validade como ferramenta de ensino em vários campos, tais quais a aviação, gestão empresarial, indústria petrolífera, nuclear e militar [5]. A indústria de aviação credita a educação baseada em RV uma contribuição próxima a 50% na redução da taxa de erros humanos nos acidentes aéreos desde 1970 [6]. Tal sucesso em outras áreas do conhecimento, associado ao crescente entusiasmo pela tecnologia, sugerem que a RV oferece potencialmente muitos benefícios para a área médica [4].

De acordo com [7] temos o desenvolvimento de aplicações computacionais voltadas para o ensino de Medicina como uma oportunidade à prevenção e redução de erros. Segundo [8] o acesso por parte dos estudantes de Medicina à simuladores virtuais, permitem à eles um melhor uso da experiência clínica

e melhoram a qualidade dos diagnósticos fornecidos por eles.

Uma característica interessante provida pela simulação virtual é que o treinamento pode ser realizado na maioria das vezes não só por uma duração fixa ou para um determinado número de casos, mas sim ser controlada por níveis de competência de acordo com aspectos-chaves de conhecimento, perícia e comportamento [9].

De acordo com [10] outras vantagens dos simuladores virtuais são: a inexistência de riscos para os pacientes e estudantes, a criação de tarefas e cenários por demanda, a possibilidade de repetição no treinamento das perícias, o aumento na retenção e na precisão do aluno, a facilitação da transferência de experiência e a possibilidade de individualização dos casos.

O objetivo geral deste trabalho foi de organizar e analisar os conceitos e passos necessários para o desenvolvimento de ambientes de RV para a simulação e treinamento de procedimentos médicos. Esse trabalho relaciona-se com pesquisas de simulações de procedimentos médicos fornecidas por ambientes virtuais, buscando organizá-los de acordo com suas características principais, distinguindo as dificuldades encontradas na criação de tais ambientes e apontando tendências futuras na simulação e treinamento virtual de medicina.

2. Classificação dos simuladores virtuais

Dada a extensa quantidade de simuladores e classificações existentes, analisamos [10], [11], [12] e [13] e propusemos uma taxonomia baseada em adaptações dos modelos encontrados nesses trabalhos. Nossa classificação, que pode ser observada na Figura 1, divide a simulação em três tipos: simulação baseada em modelo físico, simulação baseada em computador e simulação híbrida. Nas Seções 2.1, 2.2 e 2.3 detalhamos cada item da taxonomia proposta.

2.1 Simulação baseada em modelo físico

A simulação baseada em modelo físico foi o primeiro tipo de simulação pensada para a área médica e intenta propor treinamento em um modelo físico de um paciente ou de uma situação real. Tal treinamento é realizado sem nenhum auxílio do computador e o retorno ao usuário pode ser dado por sinais ou sons emitidos pelo modelo que guiem o treinamento.

Avanços nas tecnologias de materiais levaram à melhoras no realismo da simulação provida pelos simuladores físicos. Agora, vários tecidos humanos podem ser recriados com um bom grau de aproximação. Procedimentos ensinados por esses

sistemas incluem cateterização urinária, punção venal, infusão intravenosa, e fechamento de cortes. Tais modelos ainda são úteis para prática de procedimentos cirúrgicos simples, tais como as remoções de cistos [11].

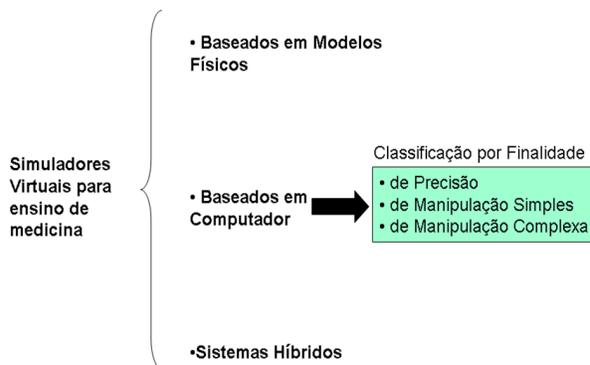


Figura 1 – Classificação proposta para os simuladores baseados em RV para o ensino de medicina.

A principal limitação da simulação baseada em modelo fixo é que esta apenas simula partes isoladas do corpo, então, a ilusão de uma realidade completa é inviável. Ademais, modelos inanimados são incapazes de dar o retorno necessário, ou de prover medidas objetivas de desempenho. Dessa forma esse tipo de aprendizado requer extenso suporte dos tutores responsáveis pelo treinamento [11].

2.2 Simulação baseada em computador

Esse tipo de simulação utiliza-se de um ambiente virtual gerado por computador para recriar uma situação ou procedimento real. Nele é possível a interação com o computador de diversas formas e utilizando vários sentidos, de forma a prover ao usuário um ambiente que se aproxime do procedimento real e possa transmitir-lhe o conhecimento desejado.

Dada a grande quantidade de simuladores baseados em computador, subdividimos esse grupo de acordo com a taxonomia proposta em [12] que considera como parâmetro a utilidade do simulador, ou seja, para qual finalidade ele é designado. Ela divide os simuladores como sendo de: precisão, manipulação simples e manipulação completa.

Os simuladores de precisão permitem ao usuário a prática de perícias de manipulação e de posicionamento preciso. A tarefa, geralmente é inserir um instrumento ou agulha ao longo de uma linha reta, como no caso da punção venosa, lombar ou anestesia na coluna. O visual desses simuladores é quase sempre estático e ainda assim pode oferecer um alto grau de realismo, mesmo com computadores mais modestos [11]. Como exemplos de simulador de

precisão, temos o simulador de coleta de medula óssea pediátrica, visto em [14], o simulador procedimento de punção anestésica proposto por [15] e o sistema para simulação de biópsias de pele, proposto por [16]. Imagens desses sistemas podem ser observadas na Figura 2.

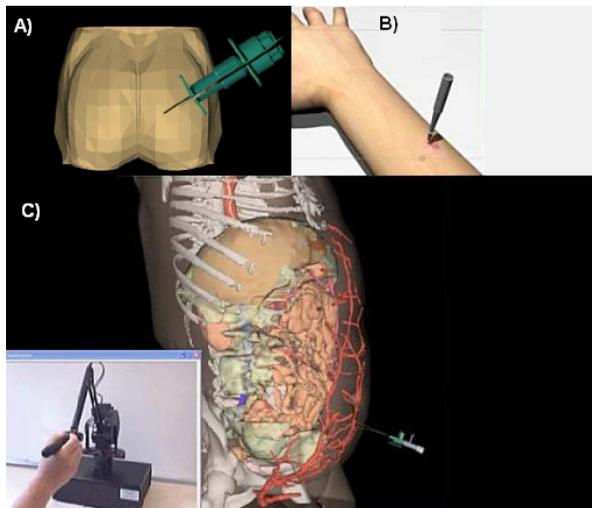


Figura 2 – Exemplos de simuladores de precisão. a) Sistema de coleta de medula [14], b) Sistema de biópsias de pele [15], c) Simulador de punção anestésica [16].

Os simuladores de manipulação simples permitem ao usuário praticar a manipulação de um instrumento em resposta a um dispositivo de vídeo. Procedimentos que incluem endoscopia e diagnóstico por ultra-som utilizam-se de uma interface real, em conjunção com um ambiente virtual gerado por computador que simula a visualização obtida durante o procedimento médico. A principal vantagem da manipulação simples é sua capacidade de rastrear o movimento da interface real ou mesmo da mão do usuário e integrar essa informação com a informação visual. Com esta união os simuladores podem oferecer retorno imediato para aprendizado e avaliação do aluno [11]. Exemplos desse tipo de simulador são o *Minimally Invasive Surgical Trainer* (MIST), visto em [17], utilizado para treinar habilidades manuais em procedimentos de cirurgias com incisões mínimas como, por exemplo, as laparoscopias ginecológicas e o simulador de patologias da garganta proposto em [18]. Imagens desses sistemas podem ser observadas na Figura 3.

Os simuladores de manipulação complexa são utilizados na recriação de procedimentos complexos, quase sempre cirúrgicos. O realismo e a abrangência desses sistemas são limitados pelos seus altos custos computacionais. Apesar da criação de um ambiente virtual completamente realista com manipulação completa ainda não ter sido atingida, esse tipo de

simulação se mostra bastante eficaz em abordar componentes isolados de uma determinada técnica.

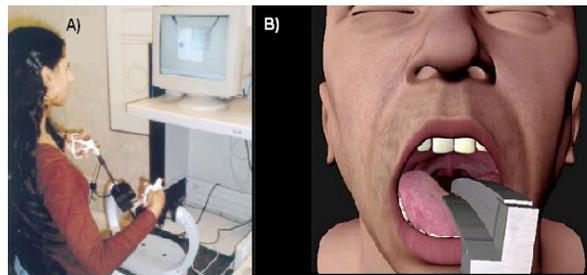


Figura 3 – Simuladores de manipulação simples. a) Utilização do MIST [17], b) Simulador de patologias da garganta [18].

2.3. Simulação híbrida

Os simuladores híbridos combinam modelos físicos com computadores, geralmente usando uma interface real, tal como instrumentos cirúrgicos, para fazer a interface entre o manequim e o computador.

Tal método evita algumas das dificuldades técnicas associadas à reprodução do toque dos instrumentos e dos tecidos humanos, enquanto ainda permite o acesso às vantagens obtidas pela simulação via computador, tal qual a avaliação das ações do usuário. Tais ambientes híbridos estão se tornando cada vez mais importantes para que tecnologias complexas, como robôs-cirurgiões, possam ser integradas de forma efetiva no ambiente real [11]. O exemplo mais conhecido de simulador híbrido foi o ARCM, utilizado para a simulação de processos anestésicos [19]. Além dele temos mais recentemente o simulador de administração de drogas a pacientes em Unidades de Tratamento Intensivos (ICU Simulator) [20] e o simulador de exames pélvicos de toque (Pelvic ExamSim) [21]. Podemos observar imagens desses simuladores na Figura 4.

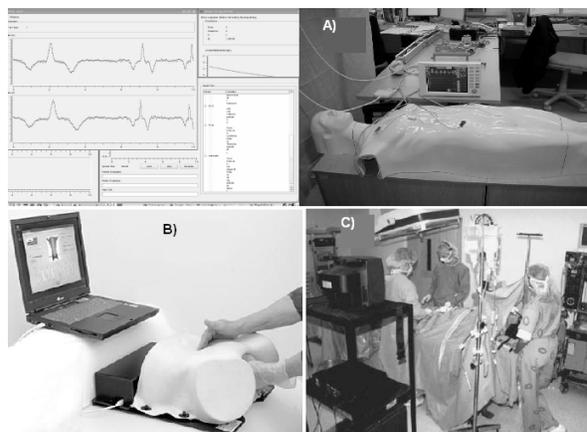


Figura 4 – Simuladores Híbridos. a) ICU Simulator [20], b) Pelvic ExamSim [21], c) ARCM [19].

3. Desafios na criação de simuladores virtuais para o ensino de Medicina

Diversas dificuldades são encontradas no processo de criação de um ambiente virtual para prover treinamento em medicina. Nas seções 3.1 e 3.2 abordaremos estratégias adotadas para minimizar as dificuldades encontradas na criação de tais sistemas, tais quais a definição de todos os aspectos técnicos necessários à construção de um ambiente virtual, a falta de interoperabilidade entre os sistemas e a baixa aceitação dos jogos educacionais pelos estudantes.

3.1 Frameworks utilizados para a construção de Ambientes Virtuais

Um dos problemas fundamentais do desenvolvimento de aplicações para o auxílio no ensino de Medicina é o aspecto multidisciplinar dessas aplicações, que requer integração de áreas diversas em um único ambiente. Essa característica torna desafiador o trabalho dos pesquisadores em conseguirem progressos em áreas específicas e, por muitas vezes, leva à duplicação de esforços [22].

Além disso, com o passar dos anos, as tecnologias para as aplicações de RV tornaram-se cada vez mais disponíveis e com mais funcionalidades, fazendo com que vários sistemas e ferramentas fossem criados para dar suporte ao desenvolvimento de aplicações usando essas tecnologias. Tal fator gerou uma alta granularidade de sistemas, desenvolvidos das mais diversas formas, utilizando várias tecnologias diferentes, sendo difícil encontrar um padrão para eles e praticamente impossível torná-los interoperáveis.

Para superar essas dificuldades relacionadas à duplicação de esforços e alta granularidade de sistemas e tecnologias foi proposta a utilização de *frameworks*. Um *framework* pode ser definido como um projeto e implementação abstratos, utilizados no desenvolvimento de aplicações em um domínio de problema pré-definido, permitindo o reuso de componentes [23].

Nesse sentido, vimos algumas tentativas de criação de *frameworks* e conjuntos de bibliotecas voltados para simulação médica, como GiPSi, SPRING, SOFA, SSVE, ViMeT, Chai3D e CyberMed [24], [25]. Essas diferentes soluções miram no mesmo objetivo: prover uma resposta aos vários desafios da simulação médica, tanto na área de pesquisa, como na de desenvolvimento. Apesar disso, diferem no modo de solução abordado, fazendo com que cada um tenha suas características próprias. Na Tabela 1 expomos algumas das características de cada sistema analisado e os classificamos de acordo com o tipo de licença, o suporte háptico e a avaliação do usuário.

Tabela 1 – Comparativo entre os *frameworks* analisados

Framework	Código Aberto	Licença Livre	Suporte Háptico	Avaliação do usuário
GiPSi	Sim	Sim	Sim	Não
SSVE	Não	Não	Não	Não
Spring	Sim	Não	Sim	Não
SOFA	Sim	Sim	Não	Não
CHAI3D	Sim	Sim	Sim	Não
ViMeT	Sim	Sim	Sim	Não
CyberMed	Sim	Sim	Sim	Sim

O estado atual do campo da simulação médica é caracterizado por projetos de pesquisa espalhados, utilizando uma variedade de modelos, processos e ferramentas, que não são nem interoperáveis nem modelos independentemente verificáveis.

Concluimos ainda que não há um *framework* estabelecido como padrão, nem mesmo que seja amplamente utilizado. A analogia com outras áreas da ciência da computação nos mostra que essa padronização, ainda que relativa, é possível e proporcionaria uma interoperabilidade interessante entre sistemas e aplicações. Conseguir tal resultado seria muito importante para o desenvolvimento e a validação da simulação virtual como ferramenta de auxílio à medicina.

3.2 Associação com a indústria de Jogos

Durante a década de 90, com os avanços e o barateamento das tecnologias de *hardware*, tanto a RV voltada para a medicina quanto a indústria de jogos viram avanços e possibilidades quase inesgotáveis. A separação entre essas duas vertentes nos levou ao panorama atual no qual a indústria de jogos é vista apenas para fins de entretenimento e a RV voltada pra medicina ainda discute tecnologias, já utilizadas largamente pelos jogos.

Projetos atuais demonstram que *software* voltados para jogos, de baixo-custo e muitas vezes disponíveis livremente, podem ser explorados para a utilização de simulações interativas. Com isso há possibilidade da exploração de conteúdo educativo com o engajamento quase imediato do usuário como uma cortesia da interface dos jogos de computador contemporâneos [26].

Como a área de RV associada à medicina já é um campo estabelecido de pesquisa há alguns anos, a integração dessa área com a área de jogos é facilitada, sendo apenas necessário o oferecimento de um enfoque diferente na implementação e nos equipamentos a serem utilizados [27].

Como exemplo de um jogo sério para ensino da medicina, temos o JDoc que intenta melhorar a eficiência do treinamento proporcionado à alunos de medicina. O propósito desse jogo é familiarizar os

médicos em treinamento com a rotina diária de um hospital, imergindo-os em um ambiente que simula um hospital para tratamento de tuberculosos [28].

No contexto atual, pudemos perceber uma lenta aproximação entre a indústria de RV e a de jogos. A indústria de jogos é um mercado de sucesso comprovado, com padronização de *hardware* e *software*, mercado, investidores e público reconhecido, porém busca novas formas de interação e novas formas de chamar a atenção do usuário para que ela possa se expandir. Enquanto isso, a RV tem anos de pesquisa fundamentada sobre conceitos pedagógicos, mas ainda não consegue encontrar espaço entre os jogos, nem se utilizar de todo o potencial de *hardware* que nos é oferecido atualmente.

4. Conclusões

Alguns benefícios proporcionados pelos simuladores virtuais podem ser diretos, como os avanços imediatamente discerníveis no desempenho individual e de equipes, fato que leva à redução de erros nos procedimentos médicos reais. No entanto, a maioria dos benefícios – ao contrário dos custos associados a criação/utilização dos simuladores virtuais – não são diretos, nem de fácil medição.

Contudo, é importante ressaltar que o sistema atual de educação, treinamento e manutenção de proficiência em conhecimentos médicos também nunca foi testado rigorosamente para determinar quando ele atinge ou não os resultados esperados. Pelo contrário, a revisão de alto nível encontrada em [3] sugere que o método tradicional é responsável por grande parte dos erros cometidos por médicos formados.

De acordo com [4], os simuladores virtuais precisam ser avaliados e torna-se necessária a definição de protocolos padronizados para definir tais critérios de avaliação. Além da avaliação específica de cada aplicação, ainda são necessários estudos para determinar quando a RV pode substituir os métodos tradicionais de ensino. Tal substituição reduziria a dependência de animais ou cadáveres em laboratório e minimizaria a prática assistida realizada em pacientes vivos.

Nesse sentido, é importante ressaltar que, quando se trata de medicina, a simulação por RV provavelmente nunca irá substituir o treinamento básico de aprendizagem com o trabalho supervisionado em pacientes reais. A realização de um procedimento em um paciente é intrinsecamente mais complexa no sentido de requerer maior empatia e conexão humana do que em outras atividades de risco que são simuladas por ambiente de RV. Encontrar a divisão correta entre o treinamento tradicional, treinamento por simulação e prática

assistida em pacientes reais é um importante desafio e tema de estudos científicos.

Educação e prática em procedimentos médicos podem ser melhoradas se as sociedades e a comunidade médica tornarem-se mais envolvidas no *design*, na implementação e na avaliação das tecnologias de RV. Esse aumento no envolvimento contribuiria não só para o desenvolvimento de aplicações de RV avançadas, mas também para a concepção de componentes tecnológicos, tais como dispositivos de visualização, sensores hápticos e de retorno de força, que podem potencializar os efeitos dos simuladores no ensino de medicina.

5. Referências

- [1] M. Harders, “*Surgical Scene Generation for Virtual Reality-Based Training in Medicine*”, Ed. Springer, Londres, 2008.
- [2] R.A. Fox, C.L.C. Ingham, A.D. Scotland, J.E. Dacre, “A study of pre-registration house officers’ clinical skills.” *Medical Education*, 2000; vol 34, pp 1007–12.
- [3] L. Kohn, J. Corrigan, M. Donaldson, “*To err is human: building a safer health system*.” National Academy Press, Washington, DC: 1999.
- [4] J. Vozenilek, J.S. Huff, M. Reznick, J.A. Gordon, “See One, Do One, Teach One: Advanced Technology in Medical Education” em *Academic Emergency Medicine*, John Wiley & Sons, 2004, Vol 11, No 11.
- [5] T.M. Krummel, “Surgical simulation and virtual reality: the coming revolution.” *Annals of Surgery*, 1998; 228:635-7.
- [6] A. Levin, “Fewer crashes caused by pilots.” *USA Today*, 2004; Março, pp 2.
- [7] D. Kopec et al, “Human Errors in Medical Practice: Systematic Classification and Reduction With Automated Information Systems”, em *Journal of Medical Systems*, Vol 27, No 4, Agosto 2003.
- [8] R.L. Kneebone et al., “Simulation and clinical practice: strengthening the relationship”, *Medical Education*, Volume 38 (10), 2004, p 1095 – 1102.
- [9] R.M. Satava, A.G. Gallagher, C.A. Pellegrini, “Surgical competence and surgical proficiency: definitions, taxonomy, and metrics.” *Journal of the American College of Surgeons*, 2003; 196:933-7;
- [10] N.J. Maran, R.J. Glavin, “Low- to high-fidelity simulation – a continuum of medical education?”, em *Medical Education* 2003; 37: 22-28.
- [11] R. Kneebone, “Simulation in surgical training: educational issues and practical implications”, *Medical Education*, Volume 37 (3), 2003, p 267 – 277.

- [12] R.M. Satava “Surgical education and surgical simulation”. *World Journal of Surgery* 2001;25:1484–9.
- [13] C.G. Burdea, P. Coiffet, “*Virtual Reality Technology*” 2nd. Edition, John Wiley & Sons, Inc., New York, 2003.
- [14] L.S. Machado, M.K. Zuffo, “Development and Evaluation of a Simulator of Invasive Procedures in Pediatric Bone Marrow Transplant” *Studies in Health Technology and Informatics*, Amsterdam, v. 94, p. 193-195, 2003.
- [15] M. Farber, T. Dahmke, C.A. Bohn, H. Handels, “Needle Bending in a VR-Puncture Training System Using a 6DOF Haptic Device” em *Medicine Meets Virtual Reality 17*, IOS Press, 2009, p 91
- [16] D. Sessana, D. Stredney, B. Hittle, D. Lambert, “Simulation of Punch Biopsies: A Case Study” em: *Medicine Meets Virtual Reality 16*, IOS Press, 2008, p 451.
- [17] R. McCloy; R. Stone; “Science, medicine, and the future: Virtual Reality in surgery” em *British Medical Journal*, Vol 323; pp 912-915; 2001.
- [18] G.S. Ruthenbeck, H. Owen, K.J. Reynolds, “A Virtual Reality Throat Examination Simulation” em: *Medicine Meets Virtual Reality 16*, IOS Press, 2008, p 433.
- [19] D.M. Gaba et al., “Simulation-based training in anesthesia crisis resource management (ACRM): A decade of experience” em *Simulation & Gaming*, Vol.32, No 2, Junho 2001, pp 175-193.
- [20] C. Abkai, J. Hesser, “Virtual Intensive Care Unit (ICU): Real-Time Simulation Environment Applying Hybrid Approach Using Dynamic Bayesian Networks and ODEs” em *Medicine Meets Virtual Reality 17*, IOS Press, 2009, p 7.
- [21] K. Siwe, C. Bertero, C. Pugh, B. Wijma, “Use of Clinical Simulations for Patient Education: Targetting an Untapped Audience” em *Medicine Meets Virtual Reality 17*, IOS Press, 2009, p 325
- [22] J Allard et. al., “SOFA - an Open Source Framework for Medical Simulation”, em *Medicine Meets Virtual Reality 15*, IOS Press, 2007, p 13.
- [23] M.E Fayad, R.E. Johnson, D.C. Schmidt, “*Framework Problems and Experiences, In Building Application Frameworks: Object-Oriented Foundations of Framework Design*”, John Willey and Sons, New York, 1999,p 55-82.
- [24] L.S. Machado et al, “A Framework for Development of Virtual Reality-Based Training Simulators” em *Medicine Meets Virtual Reality 17*, IOS Press, 2009, p 174
- [25] C.G. Correa, F. L. S. Nunes, A. Bezerra, “Evaluation of VR Medical Training Applications under the Focus of Professionals of the Health Area”. Em *Proceedings of ACM-SAC Symposium on Applied Computer*, 2009, Honolulu, 2009, p 821.
- [26] R Stone, “Serious Games: virtual reality’s second coming?” em *Virtual Reality* (2009) 13:1–2
- [27] M Encarnação, “From Cells to Cell Processors: The Integration of Health and Video Games”, em *IEEE Computer Graphics and Applications*. Novembro 2008. pp 83-85.
- [28] A. Sliney, D. Murphy, “JDoc: A serious Game for Medical Learning” em *Proceedings of Advances in Computer-Human Interaction*, 2008; pp 131-136.