

# Oftalmologia e realidade virtual: Atualização sobre ensino, terapia e treinamento

## Virtual reality and ophthalmology: Update on education, therapy and training

**Autor:** Jânio Araruna Carvalho

**Orientadora:** Jana Luiza Toscano Mendes de Oliveira

Universidade Federal da Paraíba - UFPB – João Pessoa (PB), Brasil. Fevereiro 2013

### RESUMO

**Introdução** O uso de realidade virtual na medicina é um grande aliado para enfrentar antigos desafios da medicina. Seja no ensino ou na prática cirúrgica, a simulação traz benefícios enormes em algumas áreas da medicina, mas em outras o problema não se resolve apenas com a realidade virtual. Na oftalmologia, o progresso dessa técnica tem sido publicado em algumas revistas de saúde. **Objetivo:** identificar como os simuladores estão sendo usados para ensino, treinamento, terapia e exames na medicina, com destaque para oftalmologia. **Métodos:** Revisão sistemática de artigos das principais revistas sobre o assunto entre 1995 e 2013, além de livros sobre o assunto. **Resultados:** Após revisão de mais 200 artigos localizados sobre o tema educação médica e realidade virtual publicados em revistas nacionais e internacionais entre os anos de 1995 e fevereiro de 2013 percebemos as diferenças entre as áreas da medicina no que se refere ao uso da realidade virtual (RV). Apenas 5 artigos explicitam com aprofundamento os simuladores oftalmológicos, os demais 196 artigos tratam da educação e ensino da oftalmologia usando a nova ferramenta. A nossa pesquisa anterior tinha sido feita até 2010, assim este artigo é uma atualização até fevereiro de 2013. **Conclusão:** O dramático progresso na disseminação de informação e nas tecnologias de comunicação através da Internet e das redes de computadores afetará consideravelmente o ensino médico nos próximos anos. A RV tem surgido junto aos serious games, ensino e treinamento de oftalmologia, além de terapia de fobias. A cirurgia oftalmológica é a área com mais simuladores na oftalmologia.

**Descritores:** Simulação por computador; Educação médica/métodos; Modelos educacionais; Interface usuário, computador; Educação baseada em competências.

### ABSTRACT

**Introduction** The use of virtual reality in medicine is a major ally to face old challenges of medicine. Be in teaching or practice surgical simulation brings huge benefits in some areas of medicine, but in others the problem can not be solved only with virtual reality. In ophthalmology, the progress of this technique has been published in some health magazines. **Objective:** To identify how the simulators are being used for education, training, examination and therapy in medicine, especially ophthalmology. **Methods:** A systematic review of articles from leading journals on the subject between 1995 and 2013, as well as books on the subject. **Results:** After a review of over 200 articles on the subject located and virtual reality medical education published in national and international journals between 1995 and February 2013 we noticed the differences between the areas of medicine with regard to the use of virtual reality (RV). 5 articles only with explicit deepening simulators eye, the other 196 articles dealing with education and teaching of ophthalmology using the new tool. Our previous research had been done by 2010, so this article is an update until February 2013. **Conclusion:** The dramatic progress in the dissemination of information and communication technologies through the Internet and computer networks will greatly affect medical education in the coming years. The RV has emerged along with serious games, education and training of eye care, and therapy phobias. The eye surgery is the area with most simulators in ophthalmology.

**Keywords:** Computer, simultaion; Education, medical/methods; Models, educational; User-computer interface; Competency-based education/methods

## INTRODUÇÃO

A discussão da utilização da Informática na educação e treinamento deve considerar muitos fatores, sob pena de falsas soluções serem apontadas como efetivas. A simples utilização de uma tecnologia não é a solução para os problemas, logo, informatizar o material tradicional (anteriormente aplicado em educação/treinamento presencial), sem uma adequada alteração das técnicas de ensino, não é solução por si só. O risco declarado consiste em confundir a entrega de informação com aprendizado, alijando elementos essenciais, tais como resolução de problemas, criatividade e imaginação dos instrutores e dos alunos. Neste contexto, tecnologias como a Realidade Virtual (RV) vêm apresentando diferenciais importantes<sup>(1)</sup>.

O uso de realidade virtual na medicina é um grande aliado para enfrentar antigos desafios da medicina. Seja no ensino ou na prática cirúrgica, a simulação traz benefícios enormes em algumas áreas da medicina, mas em outras o problema não se resolve apenas com a realidade virtual.

O principal objetivo da RV é fazer com que o participante desfrute de uma sensação de presença no mundo virtual. Para propiciar esta sensação de presença o sistema de RV integra sofisticados dispositivos. Estes dispositivos podem ser luvas de dados, óculos, capacetes, etc<sup>(2)</sup>.

A Realidade Virtual (RV) é uma tecnologia que consiste em uma combinação de programas computacionais, computadores de alto desempenho e periféricos especializados, que permitem criar um ambiente gráfico de aparência realística, no qual o usuário pode se locomover em três dimensões, onde objetos gráficos podem ser sentidos e manipulados.

Os livros de papel precisam de um ano para serem produzidos, as revistas científicas com "peer review" seis meses. O "site" dos principais jornais brasileiros é atualizado a cada meia hora. Assim, além da necessidade de saber buscar, encontrar e selecionar a informação correta, o desenvolvimento das capacidades cognitivas deve ser sempre o grande objetivo do ensino. Neste contexto se apresenta uma realidade a ser analisada. O

universo digital contém as informações, e pode organizá-las de modo coerente<sup>(3)</sup>.

Este trabalho buscou saber como diversas áreas médicas tem utilizado a Realidade Virtual (RV) em seu dia a dia. Seja usando essa ferramenta para o ensino da medicina, o treinamento dos médicos, a terapia e reabilitação dos pacientes e chamado exame virtual. Revisamos a literatura publicada dos últimos quinze anos através de referências como de várias revisas, a exemplo Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), The New England Journal of Medicine, Medical Education e American Journal of Obstetrics and Gynecology de 1990 a 2013 e pesquisa em livros como Medicine Meets Virtual Reality (MMVR), teses de mestrado resultando em mais 200 artigos lidos integralmente.

Mais recentemente, Suebnukarn (2009) afirma que o uso da simulação com RV tem sido proposto como o próximo grande passo na evolução educação na saúde , mas precisamos vencer as barreiras , as quais citamos algumas neste texto. Muitas destas barreiras se relacionam a interdisciplinaridade necessária à criação destas novas ferramentas de ensino<sup>(4)</sup>.

A realidade virtual vem aparecendo nos artigos científicos de oftalmologia cada vez mais<sup>(5)</sup>.

A maioria das áreas da medicina vão se beneficiar com a RV. Isso permitirá uma medicina mais eficiente , médicos mais treinados e deixando de lado até o uso de manequins , além de poupar o paciente das mãos inexperientes dos alunos e diminuir o uso dos cadáveres para aulas de medicina<sup>(6)</sup>.

A RV permite a criação de uma interface homem-máquina mais natural e poderosa,possibilitando ao usuário interação, navegação e imersão num ambiente tridimensional sintético,gerado pelo computador através de canais multi sensoriais de visão, audição, tato, olfato ou paladar.

O uso do computador pode substituir algumas etapas na formação

profissional. Mais recentemente, se afirma que o uso da simulação virtual tem sido proposto como o próximo grande passo na evolução educação na saúde, mas precisamos vencer as barreiras, as quais citamos algumas neste texto<sup>(7)</sup>.

Em 2004, a Sociedade Americana de Emergência expressamente recomendou que a simulação fosse implementada em diversas atividades envolvendo o treinamento de médicos residentes. Isso mostra o potencial da medicina juntamente com a computação sendo reconhecido<sup>(6)</sup>.

A simulação avançou muito também com uso de robôs. A cirurgia robótica assistida é uma experiência onde o médico a quilômetros de distancia envia comandos e o robô opera, permitindo que o cirurgião possa realizar o procedimento minimamente invasivo, com maior precisão e com potenciais benefícios para os pacientes<sup>(8)</sup>.

Será uma medicina muito útil principalmente para neurocirurgia, devido a precisão necessária nessa especialidade da Medicina.

No Brasil a realidade virtual , apesar de cara, vem crescendo. Os hápticos inovadores como dispositivos de interface, treinamento baseado em computador iria permitir que tanto os médicos inexperientes para a prática de novos procedimentos como os médicos com experiência pudessem aprender técnicas modernas<sup>(9)</sup>.

A medicina virtual exige uma tecnologia sofisticada e uma colaboração entre profissionais de diferentes áreas , sabendo-se que a medicina é complexa e a tecnologia é limitada<sup>(10)</sup>.

A atual Realidade virtual tem aplicação em qualquer circunstância em que ensaios repetidos são necessários para a aquisição de habilidades e as circunstâncias clínicas de ensino são infrequentes<sup>(11)</sup>.

A oftalmologia é um campo onde a RV ganha espaço.

Assim como novos softwares usados no pós operatório, na reabilitação e

na psiquiatria com bons resultados<sup>(3)</sup>. O progresso continua, Nunes et al. amplia o seu uso para promoção de saúde e condicionamento físico. Cita também o uso em tratamentos psicológicos, acompanhamento de fobias, medo de altura ou de insetos. Estas aplicações tentam reproduzir situações de forma a habituar o usuário por meio da experimentação<sup>(12)</sup>

A criatividade e o humor é um ponto de destaque para os profissionais que lidam com a RV. A realidade virtual pode ser usada de forma divertida. Com seu uso no entretenimento, com jogos que educam e chamam atenção muito mais que uma aula expositiva. Eles ensinam conteúdos das disciplinas e promovem o desenvolvimento de habilidades importantes para ampliar a capacidade cognitiva e intelectual<sup>(13)</sup>.

Neste mundo "simulado" os usuários podem mover e interagir como se estivessem no mundo real<sup>(14)</sup>.

A capacidade de criar situações clínicas ou situações através de simulações de realidade virtual podem facilitar o cumprimento das metas de um treinamento tradicional<sup>(11)</sup>.

Temos ainda os simuladores de exames. Os exames virtuais da medicina foram criados para dar um suporte a mais na procura por lesões. Juntando as imagens da TC, forma-se uma imagem 3D. São usados com a finalidade de orientação específica para aquele paciente que vai se submeter a um procedimento.

Sabe-se que em relação aos exames virtuais atualmente ainda não existe uma boa integração entre a parte médica e a computação. Os médicos principais agentes no uso destas técnicas, não são conhecedores de todo o potencial das técnicas virtuais. Além disso, são poucos os trabalhos que procuram abordar simultaneamente os aspectos clínicos e os de ciência da computação. Como citamos anteriormente, a interdisciplinaridade é um desafio na formação de novas ferramentas<sup>(15)</sup>.

Nosso texto busca se interar em que áreas a realidade virtual vem se aprofundando e como ela vem se tornando muito mais que uma simples ferramenta auxiliar da medicina. A Realidade Virtual não pode ser tratada apenas como "mais uma ferramenta" para melhorar a aprendizagem e sim, como um poderoso instrumento de aprendizagem onde os métodos tradicionais estão falhando<sup>(16)</sup>. Em algumas áreas a RV tem se sobreposto, mas não em todas.

## **MÉTODOS**

Revisão sistemática de artigos das principais revistas sobre o assunto entre 1995 e 2013, além de livros sobre o assunto. Revisão bibliográfica nos 200 artigos encontrados nas fontes: revistas Medical Education, Journal of the American College of Surgeon, Computers & Graphics, New England Journal of Medicine, Proceedings of the IEEE. A busca foi feita por meio dos descritores "medicine education simulation Virtual reality ophthalmology". A pesquisa foi ampliada ao usar fontes nacionais, como a Revista Brasileira de Oftalmologia.

## **RESULTADOS**

Depois de revermos mais de 200 artigos sobre educação médica e realidade virtual publicados em revistas nacionais e internacionais entre os anos de 1995 e fevereiro de 2013 percebemos as diferenças entre as áreas da medicina no que se refere ao uso da RV. Percebemos o surgimento de alguns simuladores nos últimos 3 anos, voltados exclusivamente para oftalmologia, inclusive no Brasil.

Cirurgia oftalmológica e treinamento médico são os campos mais estudados na oftalmologia em geral.

Buscando sempre o treinamento médico e o uso de técnicas minimamente invasivas.

Os avanços mais promissores são na cirurgia, exames virtuais, Serious games, Ensino da Anatomia e Telemedicina. Uma área promissora é a de simuladores de exame ginecológico. Os menos produzidos são simuladores sigmoidoscópicos, os de ortopedia, oftalmologia e experiências neurocirúrgicas.

A pesquisa de termos científicos (descritores) no banco de dados de duas revistas, citadas abaixo, revelou os seguintes resultados entre 2005 e 2009 a título de exemplo:

	2005	2006	2007	2008	2009
medicine education simulation	3	5	10	15	9
medicine education simulation Virtual reality	4	3	6	6	3
medicine education simulation Virtual reality ophthalmology	1	1	0	0	0
medicine training simulation	16	12	16	18	13
medicine training simulation Virtual reality	3	3	5	4	4
medicine training simulation Virtual reality ophthalmology	1	1	0	0	0

**Tabela 1-** Journal of the American College of Surgeons

Este resultado mostra que a maioria dos artigos fala de medicina e realidade virtual, e poucos de oftalmologia e realidade virtual. Entre 2010 e 2013 verificamos esta situação parecida.

Mais exemplos abaixo:

	2005	2006	2007	2008	2009
medicine education simulation	5	12	7	9	10
medicine education simulation Virtual reality	0	0	0	0	0
medicine education simulation Virtual reality ophthalmology	0	0	0	0	0
medicine training simulation	1	2	4	4	4
medicine training simulation Virtual reality	0	0	0	1	0
medicine training simulation Virtual reality ophthalmology	1	0	0	0	0

**Tabela 2-** Medical Education

	2005	2006	2007	2008	2009
medicine education simulation	2	0	0	0	0
medicine education simulation Virtual reality	0	0	0	0	0
medicine education simulation Virtual reality ophthalmology		0	0	0	0
medicine training simulation	0	2	4	4	4
medicine training simulation Virtual reality	0	1	0	0	0
medicine training simulation Virtual reality ophthalmology		0	0	0	0

**Tabela 3-** the Internet journal of medical simulation

## DISCUSSÃO

Pelos resultados podemos perceber que existem poucos simuladores dedicados a oftalmologia, mas percebemos que a cirurgia oftalmológica é uma das mais promissoras. Devido a necessidade e dos ótimos resultados conseguidos com os treinamentos e simuladores.

A conjunção do rápido aumento dos novos resultados na área biomédica e da constante evolução das tecnologias associadas aos procedimentos clínicos, demanda uma constante atualização por parte dos profissionais da saúde. Para que o conhecimento adquirido não se torne rapidamente obsoleto, é imprescindível expandir e reforçar formas de educação permanente. A realidade virtual permite a atualização dos sistemas computacionais de acordo com a tendência da medicina. Usa várias técnicas, como a simulação.

O treinamento de procedimentos médicos pode ser beneficiado com a construção de ferramentas de Realidade Virtual, que possibilitam a execução de tarefas com características de interação, imersão e engajamento. Para que essas aplicações sejam realistas, a deformação de objetos tridimensionais na cena é um fator muito importante, visto que deve haver reações a ações do usuário com o ambiente.

Todo procedimento cirúrgico gera conseqüências que vão desde os dias de internação indesejados até seqüelas físicas no paciente. Para minimizar as conseqüências indesejadas, grande ênfase tem sido atribuída às técnicas minimamente invasivas (MI), que

consistem em procedimentos cirúrgicos com a mínima invasão no corpo do paciente. Assim, em geral, os orifícios necessários têm tamanho diminuto, na ordem de milímetros ou poucos centímetros. E precisa-se treinar em simuladores virtuais para ganhar experiência rápida e cientificamente comprovável, devido a possibilidade de repetir as mesmas situações.<sup>(17)</sup>

A simulação é uma técnica de ensino que se fundamenta em princípios do ensino baseado em tarefas (EBT) (em inglês, SBME) e se utiliza da reprodução parcial ou total destas tarefas em um modelo artificial, conceituado como simulador. Sua aplicação é relacionada, em geral, à atividades práticas, que envolvam habilidades manuais ou decisões.

É importante lembrar que o conteúdo educacional é adaptado a tecnologia. Quanto maior a potência do computador maior será o nível de realismo<sup>(3)</sup>.

Esta tecnologia pode ser atualizada de acordo com a evolução da medicina. O advento da computação de alto poder real e as representações gráficas do tempo permite a medicina avançar além do método tradicional de ensino e de começar a educar médicos sem colocar pacientes em risco<sup>(5)</sup>.

Algumas faculdades já não usam mais cadáveres no ensino da anatomia humana e usam muitos simuladores para poupar o treinamento desnecessário em pacientes. Mas os cadáveres não vão sumir da medicina tão rápido, pois existe a limitação gráfica e algumas estruturas são melhores estudadas na peça humana real.

Nas categorias de treinamento, exame e ensino quem usa o simulador pode ser um médico, um enfermeiro, ou outro profissional<sup>(14)</sup>. Na terapia o usuário é o paciente em reabilitação.

No ensino e treinamento o uso de técnicas de simulação, permite o estudante de adquirir habilidades variadas, repetindo os procedimentos diagnósticos ou terapêuticos tantas vezes quanto forem

necessárias até atingir o estágio necessário de domínio. A execução da tarefa pode e deve ser observada, de modo que as devidas correções sejam feitas de imediato e o estudante receba os devidos comentários (“feedback”) sobre a sua atuação. É atualizada e realista.

O uso de simuladores na educação tem como objetivo popularizar as oportunidades. A partir do simulador, muitos médicos podem aprender um procedimento específico, algo que não é possível hoje. Se um paciente chega para a cirurgia de vesícula biliar, por exemplo, apenas os residentes que trabalham com o médico do corpo docente podem aprender o procedimento. Com o aprendizado incorporado em um simulador, muitos estudantes podem participar da operação, das complicações e da partilha de informações<sup>(9)</sup>.

Observamos que desde 1995 os artigos falavam em simulação mais para ensino e treinamento. Depois novos artigos surgiram sobre as terapias e jogos educacionais (serious games) e mais recentemente o exame virtual.

O exame virtual permite uma visualização da anatomia interna do órgão, podemos chamá-lo de simulador para planejamento cirúrgico e rastreamento de doenças. Trata-se de um método seguro, não invasivo e bem tolerado pelo paciente, que está sendo usado no rastreamento de diversas doenças, inclusive o câncer.

E por último temos as pesquisas que testam os simuladores já criados em estudos de maior credibilidade, confirmando ou não as vantagens dos simuladores. É essencial para que o simulador possa ter credibilidade no meio científico.

### **Criando uma simulação**

Criando uma simulação médica que é extremamente eficiente e realista na aparência e que não sofre latência inaceitável. Não é um desafio trivial, especialmente quando se consideram as

demandas do movimento e objeto de interação <sup>(10)</sup>.

Tecidos devem mover-se como fariam em um corpo, e as ferramentas devem interagir com os tecidos, e não simplesmente mover sobre os tecidos. As respostas fisiológicas do organismo, como no corte, na sutura, devem ser realistas. Essa interação não deve ocorrer apenas no sentido visual, mas também com háptico adequado para as representações. A cor dos tecidos deve ser realista, os mapas de textura da superfície devem refletir com precisão o órgão simulado. Propriedades elásticas dos diversos órgãos e tecidos devem variar de uma estrutura para outra <sup>(19)</sup>.

Aplicações de Realidade Virtual (RV) e de realidade aumentada (AR) na medicina exige visualização em tempo real e modelagem de grandes conjuntos de dados multidimensionais. Conseqüentemente, esses aplicativos exigem computação poderosa, extensa memória de alta banda, e rápidas vias de comunicação <sup>(10)</sup>.

### **Hápticos**

É possível definir os dispositivos hápticos como sendo interfaces homem-computador que associam gestos ao toque e à sinestesia, com o intuito de prover um meio de comunicação mais natural entre homens e máquinas <sup>(19)</sup>.

Uma característica fundamental desses dispositivos é a programabilidade. Este conceito refere-se à capacidade que os dispositivos hápticos têm de modificar suas propriedades mecânicas e físicas através de comandos provenientes do computador. Com isso, cria-se a possibilidade de uma troca bidirecional de energia (e conseqüentemente de informação) entre o usuário e o sistema <sup>(19)</sup>.

Uma maneira simples de entender melhor essa característica é comparar um mouse convencional com um mouse equipado com tecnologia háptica. Com um mouse típico, o fluxo de informações tem

apenas uma direção, do usuário para o computador. Dessa forma, o usuário praticamente não recebe informações sobre os seus movimentos, embora a inércia e a fricção do dispositivo com a superfície o auxiliem a executar os movimentos necessários. Os seus botões, ao contrário, são consideravelmente mais ricos do ponto de vista da interação, pois apresentam certa resistência e produzem um som característico para indicar que ocorreu uma mudança de estado. De qualquer forma, os botões não são programáveis. <sup>(19)</sup>.

O usuário é conectado ao computador através dos dispositivos multi-sensoriais. Cada modalidade sensorial precisa de uma simulação preparada especialmente para seu caso específico, sendo que há a necessidade de coordenação e sincronização de todas elas, de modo que as informações sejam difundidas pela rede, fazendo com que os usuários percebam a consistência do ambiente simulado distribuído <sup>(20)</sup>.

### **Estereoscopia**

A estereoscopia pode ser entendida como a fusão, feita no cérebro, de duas imagens bidimensionais resultantes da projeção planar de uma cena tridimensional. Então, para a criação de uma cena estereoscópica é necessário um conjunto de técnicas que permitirão gerar um par de imagens, denominado par estéreo, da mesma cena. Em seguida, é necessário o uso de equipamentos especiais para a visualização individual de cada imagem deste par para cada um dos olhos. Alguns dos principais dispositivos para visualização estereoscópica são os óculos com filtros coloridos, óculos com filtros polarizados, os head mounted displays (HMD) e os óculos obturadores (shutter glasses).

Foi desenvolvido no Brasil um sistema baseado em RV para apoiar a educação e a prática médica: o CyberMed. Como principal motivação encontra-se a necessidade de redução de custos de sistemas para simulação em medicina

aliado ao uso de componentes convencionais, tornando essa tecnologia acessível. O CyberMed é um sistema baseado em RV cujo objetivo é apoiar o ensino e treinamento médico através de explorações interativas do corpo humano e da simulação realista de procedimentos médicos em um ambiente virtual imersivo. O sistema CyberMed é desenvolvido sobre a plataforma VirtWall, um muro virtual baseado em ferramentas de domínio público e equipamentos de baixo-custo. (21).

### **Serious games: treinamento, ensino e terapia.**

A oftalmologia também se beneficiará dos jogos com realidade virtual.

Essa brincadeira pode ensinar o paciente sobre como enxergará após a cirurgia, ou como o grau de miopia dele sofrerá alteração após a cirurgia.

Os jogos digitais aparecem nesse contexto como um recurso didático que contém características que podem trazer uma série de benefícios para as práticas de ensino e aprendizagem (13).

Os serious games são classes de jogos que visam treinar profissionais, conscientização e visa simular situações críticas em geral. Resgata-se a realidade virtual e aproxima-a da sociedade. Existem em várias plataformas como um jogo eletrônico, como computadores, consoles (vídeo-games), mini-consoles (hand-helds), e dispositivos móveis (celulares, palms) e podem ser usados em medicina para, por exemplo, aumentar a percepção de pessoas que sofreram AVC (acidente vascular cerebral) (12).

Os serious games têm efeito motivador, facilitador do aprendizado, desenvolvimento de habilidades cognitivas, aprendizado por descoberta, experiência de novas identidades, socialização, coordenação motora e comportamento expert. E usam tecnologias mais simples. Por isso são muito bem

aceitos na Medicina, com muitas utilidades (12).

Como exemplo tem o Re-Mission11, um jogo para jovens com câncer que procura ser tanto divertido como informativo e, em vinte níveis, esclarece para os pacientes os diferentes tipos de tratamento, como eles funcionam, e a importância de realizá-los. O jogador controla um nano-robô que é injetado dentro dos corpos de pacientes e luta contra as infecções celulares do câncer. Além disso, deve monitorar a saúde do paciente virtual e informar seus sintomas para a médica dentro do jogo (13).

### **Simuladores**

Simulador seria uma ferramenta que busca imitar uma situação real, com a finalidade de facilitar o treinamento e a aprendizagem. Existem os simuladores que usam apenas o computador (programas de computador) e os que usam acessórios, como os hápticos e outros hardwares.

No nosso texto buscamos classificar simuladores em quatro grupos: ensino, treinamento e planejamento, terapia e exame.

- Ensino: pode ser “apenas” uma visualização de estruturas anatômicas, por exemplo.
- Treinamento: simuladores mecânicos e computacionais, por exemplo.
- Planejamento: planejamento de uma cirurgia ou de radioterapia.
- Terapia: reabilitação, como os serious games e tratamento de fobias.
- Exame: imagens obtidas exclusivamente para um paciente, como colposcopia virtual, por exemplo.

Diversos estímulos têm fomentado o desenvolvimento da simulação na área médica (6). Por isso vários sistemas educacionais têm sido propostos. Os quais utilizam tecnologias de computação, incluindo técnicas de Multimídia e uso de Ambientes Virtuais Imersivos (19).

## **TERAPIAS**

A RV pode ajudar no tratamento de fobias, pós cirurgias e doenças de difícil adaptação.

Sistema de realidade aumentada para educação de portadores de necessidades especiais é um dos usos da RV.

### **Terapia: Simulador de altura**

Mergulhão cita o uso de RV em hospitais nos Estados Unidos como ferramenta de terapia para reabilitação e avaliação neuro-psíquica de pacientes. As aplicações de terapia virtual mostram elevadas taxas de recuperação dos pacientes, onde o medo existente nas sessões iniciais, praticamente desaparece nas últimas sessões<sup>(20)</sup>.

### **Terapia em oftalmologia: Deficientes visuais**

Rodrigues, cita um simulador sem hápticos para deficientes visuais. O MoBIC Pre-Journey System (MoPS) permitia aos usuários explorar o ambiente em um mundo virtual simulado. A jornada simulada ajudava o usuário a se preparar para a viagem no mundo real<sup>(19)</sup>.

### **Cirurgia minimamente invasiva**

A realidade virtual se adéqua a evolução tecnológica da medicina, que busca a cirurgia minimamente invasiva. É comum encontrarmos alguns artigos citando este tema e realidade virtual, nas cirurgias minimamente invasivas de olho e ouvido. Essa técnica, conhecida como procedimento minimamente invasivo (MI), consiste em métodos com manuseio cirúrgico restrito ao máximo possível à área afetada, preservando as estruturas não envolvidas no procedimento e oferecendo um tempo menor de recuperação para os pacientes, com a conseqüente diminuição da permanência em ambiente hospitalar<sup>(17)</sup>.

A técnica MI é aquela formada por um conjunto de procedimentos necessários para realizar uma intervenção cirúrgica mediante pequenas incisões, graças à introdução de uma câmera ou mediante mecanismos de tração, visualizando o campo por meio de dispositivos de vídeo-endoscopia e instrumental cirúrgico adequado. Afirma-se que os avanços na tecnologia óptica e transmissão da luz aumentaram a precisão dessa técnica, porém, foi a introdução das imagens de vídeo que possibilitou aos cirurgiões realizarem as intervenções cirúrgicas adaptadas aos instrumentos e tecnologias modernas e sofisticadas.<sup>(17)</sup>.

### **Simulador em oftalmologia: cirurgia intra-ocular**

Alguns artigos apresentam outra aplicação interessante que é o *EyeSi*, um simulador de RV para cirurgia intra-ocular, que permite variar as tarefas a serem executadas na simulação da cirurgia. Essas tarefas estão relacionadas a treinamentos como manipulação de instrumentos e cálculo de distâncias estimadas por sombras. O projeto é baseado em uma instalação mecânica modelada para fornecer todas as percepções sensoriais do olho ao cirurgião em treinamento. O olho mecânico tem o mesmo grau de liberdade de rotação do olho humano, sendo que o efeito dos músculos é modelado por um conjunto de molas sobre cada eixo de rotação. Além disso, a visualização realista do cenário de operação inclui efeitos de iluminação e sombras<sup>(17)</sup>.

Na oftalmologia, o uso de simulador com realidade virtual para ensino de cirurgias intraoculares já é real<sup>(22)</sup>.

O uso de simuladores tem sido utilizado no ensino de cirurgia intraocular em diversos centros de referência de ensino do mundo, tendo recentemente chegado ao Brasil. Dentre os simuladores mais conhecidos estão: Eyesi, produzido

por VRmagic, Alemanha, e PhacoVision, produzido por Melerit, Suécia, além de outros protótipos que estão em desenvolvimento por centros de pesquisa, como, por exemplo, “Computerbased training system for cataract surgery”, em pesquisa no Instituto Nacional de Investigación en Informática y Automática de Francia (INRIA) e departamento de Oftalmologia da Universidade de Lille, França. <sup>(22)</sup>

O simulador Eyesi, por exemplo, é utilizado em mais de 50 instituições de ensino na América do Norte e Europa para treinamento de seus residentes em cirurgia de catarata por facoemulsificação, previamente ao início das atividades cirúrgicas em pacientes e olhos reais. Os resultados deste treinamento já estão na literatura, demonstrando, por exemplo, a redução de tempo e potência de faco nas cirurgias realizadas por residentes que realizaram o treinamento, uma curva de aprendizado da técnica cirúrgica mais acelerada e menos complicações <sup>(22)</sup>.

O aparelho consiste de um sistema com microscópio binocular montado em mesa com cabeça e olho artificiais acoplados a computador, pedal do microscópio e do facoemulsificador, reproduzindo muito fielmente o equipamento cirúrgico. A elasticidade e resistência dos tecidos intraoculares na realidade virtual (córnea, íris, cápsula, núcleo, córtex) têm semelhança de comportamento com os tecidos reais suficiente para possibilitar o desenvolvimento e aprimoramento das habilidades necessárias à realização da cirurgia “in vivo”. O equipamento possui critérios de avaliação do desempenho do aluno com *feedback* imediato e sequência de exercícios com graus de dificuldade crescentes. <sup>(22)</sup>

Desde 2003 há artigos na literatura científica descrevendo o seu uso no treinamento e desenvolvimento de técnicas de vitrectomia via *pars plana* e de cirurgia de catarata. Sua aplicação como método de ensino para facoemulsificação inclui as

etapas de capsulorrexe, hidrodissecção e delineação, emulsificação do núcleo e aspiração do córtex e já foi documentado e validado. <sup>(22)</sup>

## ENSINO

A maioria dos simuladores e do uso da RV é para ensino: assim, são muitos os artigos sobre atlas, jogos, anatomia 3D. Baseadas na anatomia. Depois surgiram sistemas mais complexos, que envolvem fisiologia humana, patologia, e tudo para tornar mais real a simulação <sup>(22)</sup>. Nem todas as partes do corpo humano se beneficiam da simulação, em algumas, o estudo em cadáveres ainda é o ideal.

No ensino de anatomia usam-se muito a Realidade Virtual Passiva, onde os estudantes ou profissionais de medicina podem “passear” internamente entre os diversos órgãos do corpo humano, algo como uma endoscopia virtual, sem interferir ou modificar o ambiente. Podemos combinar imagens geradas no mundo virtual com imagens do mundo real por meio de um capacete parcialmente transparente provido de sensores. O objetivo é suplementar um cenário real com informações geradas pelo computador <sup>(20)</sup>.

A RV permite que o aprendiz desenvolva o trabalho no seu próprio ritmo, não restringe o prosseguimento de experiências ao período da aula regular, permite que haja interação, e desta forma estimula a participação ativa do estudante <sup>(16)</sup>.

Alguns autores afirmaram que a RV iria mudar a medicina. Que os pacientes iriam chegar aos hospitais universitários para serem apenas cuidados e não para servir de prática dos alunos. O ensino ocorreria no simulador. Os médicos iriam calibrar os simuladores e os alunos submetidos a treinamento iriam aplicar seus conhecimentos aprendidos na vida real. Também afirmou que no futuro o uso do simulador servirá para a certificação e credenciamento. Poderia servir para

averiguar os conhecimentos dos novos e velhos médicos que querem se atualizar.

É claro que num futuro muito distante isso poderá ocorrer, mas algumas coisas são atuais, como o uso da simulação como certificação.

### **Ensino: Estruturas pequenas como olho e ouvido**

O uso de simuladores vem crescendo para as partes delicadas da anatomia humana, como o ouvido. Partes do corpo muito pequenas a “olho nu”, são reproduzidas e aumentadas pela computação, o que permite uma visualização não conseguida com uso de peças anatômicas (os cadáveres)<sup>(25)</sup>.

As modalidades tradicionais de ensino, tais como a dissecação de cadáveres, revelaram-se ineficazes ferramentas de ensino em algumas situações. A complexidade da orelha média e interna, assim como do olho, com a pequena dimensão das suas estruturas anatômicas, cria muitos obstáculos para anatomia com o ensino tradicional. Como alternativa, alguns educadores usam a medicina virtual ampliada<sup>(24)</sup>.

Existem cirurgias de partes do corpo que são muito perigosas (dentro do olho) ou muito pequenos (orelha interna) para ser acessíveis a instrumentos reais. A principal vantagem do estudo virtual não é apenas para fornecer diagnósticos e informação, mas também para melhorar a qualidade e a eficiência da educação do estudante, porque contribui para uma compreensão da anatomia do órgão.

### **Ensino: Anatomia**

O uso de cadáveres humanos é questionado. A má aderência do tecido cadavérico que limita seu uso. O estudo com de animais vivos, também é problemática por causa das preocupações éticas, dos custos elevados, e da necessidade de instalações especializadas. Em contraste, modelos simuladores são seguros, reprodutíveis, portáteis, de

disponível leitura, e custam geralmente menos que animais ou cadáveres<sup>(26)</sup>.

Na anatomia, facilmente se simula uma estrutura. Quando se busca o ensino de habilidades simples, simuladores de baixa tecnologia podem ser utilizados, como por exemplo modelos anatômicos que permitam a exploração de relações entre órgãos<sup>(6)</sup>.

Existem cirurgias de partes do corpo que são muito perigosas (dentro do olho) ou muito pequenos (orelha interna) para ser acessíveis a instrumentos reais<sup>(5)</sup>.

A principal vantagem do exame virtual não é apenas para fornecer diagnósticos e informação, mas também para melhorar a qualidade e a eficiência da educação do estudante, porque contribui para uma compreensão da anatomia do órgão. O uso de simuladores vem crescendo para as partes delicadas da anatomia humana, como o olho e ouvido. Partes do corpo muito pequenas a “olho nu”, são reproduzidas e aumentadas pela computação, o que permite uma visualização não conseguida com uso de peças anatômicas (os cadáveres)<sup>(25)</sup>.

Currículos que não incluem cadáver nas aulas e medicina baseada em problemas está crescendo principalmente em países de primeiro mundo, como Austrália. Foi feito um estudo em 11 escolas médicas no mundo que não usam cadáveres, 8 eram escolas de medicina na Austrália. As razões citadas para esse declínio incluem os custos crescentes e decrescentes disponibilidade de cadáveres, bem como o advento de novos métodos de ensino, tais como aprendizagem baseada em problemas, que não incluem os laboratórios de dissecação<sup>(24)</sup>.

Já o uso de simuladores para reconhecer a anatomia do corpo como método de ensino gera controvérsias. Parece que para algumas partes do corpo humanos o uso de imagens 3D melhoraria o aprendizado, como ossos do carpo, mas já para ouvido médio e interno, os resultados não foram melhores que os métodos tradicionais. Nesses estudos se

aplicava um questionário após a aula expositiva. Então vemos que ainda existem controvérsias em alguns temas e algumas pesquisas contrapõem-se nos resultados, provavelmente por erro no método ou na amostra<sup>(24)</sup>.

### **Ensino: Telemedicina**

Manssour (1998) já afirmava que a telemedicina era mais uma interação entre a computação e a medicina. A telemedicina é o exercício da medicina nas qual o médico e o paciente está separado<sup>(28)</sup>.

Telecirurgia e telemedicina exige um conjunto de funcionais, rede altamente confiável de telecomunicações, além de ambientes multi-usuários virtuais<sup>(28)</sup>.

Na telemedicina nos cenários de jogos o paciente pode ser virtual ou real, ou uma combinação de ambos. Os jogadores podem estar no local ou à distância, podem ser realmente no espaço cirúrgico ou podem controlar um robô a distancia, ou eles podem ser virtualmente gerada por um computador como um tutor ou assistente para guiar a operação<sup>(28)</sup>.

A telemedicina possibilita a quebra de barreiras geográficas, fornecendo um meio eficiente, prático e econômico na prestação dos serviços de saúde, principalmente em países com territórios de dimensões continentais, a exemplo do Brasil. Entretanto, como a telemedicina utiliza informações multimídia, tais como sinais, exames, laudos médicos e videoconferências, ela demanda uma rede de alta velocidade com qualidade de serviço (QoS) para garantir o tráfego eficiente e íntegro desse grande volume de dados. Além disso, o Conselho Federal de Medicina estipula que o prontuário eletrônico pertence ao paciente e deve ser usado apenas por ele ou pelo médico a fim de assisti-lo<sup>(29)</sup>.

### **Banco de dados para anatomia: Visible Humam (VH)**

Outro fator que deu credibilidade a digitalização de imagens e a realidade

virtual foi este banco de dados, chamado Visible Humam.

Foi criada uma base de imagens bastante detalhada chamada Visible Humam (VH) composta por fotografias tiradas de fatias milimétricas obtidas através do corte de um corpo humano congelado. A partir deste conjunto de imagens de cortes bidimensionais é possível empregar algoritmos de reconstrução de imagens para extrair a anatomia 3D correspondente. Os modelos 3D obtidos a partir do VH passaram a servir como base para várias aplicações, pois permitem a utilização de diversos recursos gráficos como, por exemplo, passear por dentro das estruturas e aplicar efeitos como transparência para possibilitar a visualização de órgãos internos.

O propósito inicial do projeto Visible Human da National Library of Medicine foi criar um conjunto completo de imagens digitais tridimensionais do corpo de um adulto do sexo masculino e de um adulto do sexo feminino. Essas imagens foram obtidas em dois cadáveres, um do sexo feminino e um do sexo masculino. Esses cadáveres foram congelados e posteriormente fatiados. O cadáver masculino foi cortado em fatias de um milímetro de espessura e o cadáver feminino em fatias de 1/3 milímetro de espessura. Essas fatias foram digitalizadas e, através de técnicas de processamento de imagem, reconstruídas tridimensionalmente, formando o mais importante conjunto de imagens tridimensionais do corpo humano até hoje. Através desse conjunto de imagens, foram criadas bibliotecas e essas podem ser utilizadas por pesquisadores para a criação de ferramentas de navegação, exploração, exibição de órgãos e outras.

Para dissecar a mulher de 59 anos (VHF), foram gastos 10 meses, tendo sido concluída em 1996, com um total de 40 GB de informação digital, resultando em um conjunto de dados mais detalhados que os correspondentes do sexo masculino de 15 GB, completado 2 anos antes, em 1994.

Isto é devido ao cadáver feminino ser cortado em intervalos de 0,33 milímetros, três vezes mais fino do que os intervalos de 1,0 milímetros sobre o cadáver do sexo masculino. Um total de 302 itens em 220 estruturas anatômicas, incluindo órgãos e partes de órgãos, vasos sanguíneos, ossos, músculos e ligamentos do abdômen e bacia do conjunto de dados VHF, foram identificados, segmentado, e reconstruída<sup>(30)</sup>.

### **Treinamento x Planejamento**

Os sistemas de planejamento permitem o estudo de um caso específico e geralmente utilizam imagens de ressonância magnética ou tomografia computadorizada do paciente para gerar uma réplica virtual da situação real. Os sistemas de treinamento objetivam a incorporação de habilidades específicas e utilizam ambientes virtuais visando preparar o usuário para realizar um determinado procedimento, podendo simular situações genéricas (desassociadas das peculiaridades de um paciente específico) com alto grau de realismo.

### **Pacientes Virtuais**

Os diagnósticos por imagem na área médica já se estabeleceram há algum tempo com uma variedade de equipamentos para aquisição de imagens como tomografia computadorizada, ressonância magnética e ultrassonografia. Muitas vezes, a simples análise visual da imagem não é suficiente para determinar as características das estruturas em estudo e torna-se necessário obter modelos geométricos que representem essas estruturas e que possibilitem a extração de medidas e a simulação de procedimentos. Com base nessa necessidade, uma linha seguida por diferentes grupos é a construção dos chamados pacientes virtuais que são modelos de representação de humanos virtuais, ainda que apenas parciais, para uso de aplicações de Computação Gráfica e RV na área médica. Pesquisas voltadas à esta área visam a

permitir o melhor entendimento da forma humana bem como suas funções e desenvolvimento.

Através desses sistemas, um estudante poderia participar repetidas vezes de situações raras ou de emergência<sup>(31)</sup>.

Divide-se a construção de “humanos virtuais” em três etapas básicas:

- obtenção das imagens médicas
- reconstrução tridimensional do modelo
- simulação de movimento e deformações

A primeira etapa consiste na aquisição e processamento das imagens médicas para a reconstrução tridimensional das partes que compõem o corpo humano. Nesta etapa são utilizadas técnicas para melhoria das imagens e correção de registro. Na segunda etapa, métodos de modelagem geométrica, segmentação e topologia de elementos básicos como ossos, pele, músculos, tendões, vasos, gordura, etc., fornecem os componentes fundamentais para a construção do corpo 3D. Finalmente, a última etapa é a simulação do movimento e deformação dos tecidos. Para esta etapa são necessários algoritmos que simulam corpos<sup>(31)</sup>.

### **Treinamento**

Classifica-se os simuladores em<sup>(32)</sup>:

- **Simulação baseada em modelo físico.** Com uso de manequim apenas.
- **Simuladores híbridos** combinam modelos físicos com computadores como simulador de exames pélvicos de toque.
- **Simulação baseada em computador.** Este usa um programa de computador para simular e se divide em: **Precisão.** Como exemplo temos uma caso de biópsia de pele e simulador de punção anestésica. **Manipulação simples.** Permite ao usuário praticar a manipulação de um

instrumento em resposta a um dispositivo de vídeo como as laparoscopias ginecológicas e o simulador de patologias da garganta. **Manipulação complexa.** São utilizados na recriação de procedimentos complexos, quase sempre cirúrgicos.

A seguir, algumas características e práticas do ensino baseado em treinamento:

- (a) feedback;
- (b) prática deliberada, podendo repetir o procedimento.
- (c) integração do currículo,
- (d) o resultado da medição;
- (e) fidelidade de simulação,
- (f) aquisição de habilidades e de manutenção;
- (g) o domínio da aprendizagem;
- (h) a transferência para a prática,
- (i) de formação de equipe;
- (j) A formação de instrutor,
- (l) ensino e contexto profissional.

### **Treinamento em oftalmologia: cirurgia de catarata**

Alguns simuladores híbridos que permitem treinar a cirurgia da catarata foram criados. A simulação consiste em inserir outra ferramenta especializada dentro da córnea para quebrar a lente envelhecida e desenhar as suas sobras. Finalmente, a lente artificial é inserida no lugar da antiga<sup>(34)</sup>.

### **Oftalmologia e Futuro da medicina virtual**

Este artigo buscou atualizar alguns pontos sobre realidade virtual, abrangendo os pontos principais, como ensino e destacando a simulação virtual na oftalmologia.

Nos últimos três anos percebemos um maior interesse das revistas científicas brasileiras sobre o tema, trazendo artigos sobre atualização de simuladores oftalmológicos.

Percebemos que a oftalmologia será uma área com grande avanço da realidade virtual, devido a necessidade de treinar o médico, e devido a sua adequação aos sistemas computacionais, que já estão promovendo simuladores de alta complexidade. Também artigos sobre cirurgia minimamente invasiva destacam a simulação virtual na oftalmologia.

Na oftalmologia tem-se buscado mais do que o uso de atlas tridimensionais e não simuladores. Isso se deve a dificuldade de se criar um simulador com semelhança ao olho humano, e continua sendo uma área, como no setor da otoscopia, em que a simulação baseada em ferramentas mecânicas, com hápticos, não melhora o desempenho dos alunos. Como o olho humano é muito delicado, o simulador deverá ser muito delicado, e isto dificulta a criação de um material deste porte. O destaque fica para cirurgia oftalmológica, que é promissora.

Em algumas áreas o uso de simuladores para treinamento não foi comprovado o benefício em relação aos métodos de ensino clássicos.

Alguns autores afirmam que com gráficos, memórias e texturas com maior largura de banda se tornarão disponíveis, o desempenho do sistema irá aumentar ao ponto em que os dados de imagem representando a totalidade corpo humano podem ser armazenados na resolução máxima<sup>(10)</sup>.

A RV tem estado presente em treinamento de cirurgias e exames para ajudar alunos e profissionais da área médica na aquisição de experiência antes de realizar procedimentos de intervenção em pacientes reais.

Os desafios para o futuro são: interação homem máquina em tempo real, qualidade digital de imagem, a transmissão de dados maciços, armazenamento e interfaces para interagir com os dados. Além dos custos do processo.

Mas os benefícios serão maiores que os custos.

## REFERÊNCIAS

1. Kirner C, Tori R. Realidade Virtual Conceitos e Tendências. Livro do Pré-Simpósio VII Symposium on Virtual Reality. São Paulo, 19 de outubro de 2004
2. Machado LS. Conceitos básicos da realidade virtual. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais; 1995.
3. Belfort JR, Rubens; SCHOR, Paulo. Programas inteligentes, inteligência artificial e oftalmologia. **Arq. Bras. Oftalmol.**, São Paulo, v. 63, n. 4, Aug. 2000. Available from [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0004-2749200000400001&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-2749200000400001&lng=en&nrm=iso). access on 04 Mar. 2013. <http://dx.doi.org/10.1590/S0004-2749200000400001>.
4. Suebnukarn S, Phatthanasathiankul N, Sombatweroje S, Rhienmora P, Haddawy P. Process and outcome measures of expert/novice performance on a haptic virtual reality system. *J Dent.* 2009;37(9):658-65.
5. Satava RM, Jones SB. Current and future applications of virtual reality for medicine. *Proc IEEE.* 1998;86(3):484-489.
6. Pazin Filho A, Scarpelini S. Simulação: definição. *Medicina (Ribeirão Preto).* 2007;40 (2):162-6.
7. Hammoud MM, Nuthalapaty F, Goepfert AR, Casey PM, Emmons S, Espey EL, Kaczmarczyk JM, Katz NT, Neutens JJ, Peskin EG; Association of Professors of Gynecology and Obstetrics Undergraduate Medical Education Committee. To the point: medical education review of the role of simulators in surgical training. *Am J Obstet Gynecol.* 2008;199(4):338-43.
8. Suzuki S, Suzuki N, Hattori A, Hayashibe M, Konishi K, Kakeji Y, Hashizume M. Tele-surgery simulation with a patient organ model for robotic surgery training. *Int J Med Robot.* 2005;1(4):80-8.
9. Dawson SL, Kaufman JA. The imperative for medical simulation. *Proc IEEE.* 1998;86(3):479-83.
10. Soferman Z, Blythe D, John NW. Advanced graphics behind medical virtual reality: evolution of algorithms, hardware, and software interfaces. *Proc IEEE.* 1998;86(3):531-54.
11. Letterie GS. How virtual reality may enhance training in obstetrics and gynecology. *Am J Obstet Gynecol.* 2002;187(3 Suppl):S37-40. Review.
12. Nunes FLS, Machado LS, Pinho MS, Kirner C, organizadores. Abordagens práticas de realidade virtual e aumentada. In: XI Symposium on Virtual and Augmented Reality. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação; 2009. p. 31-68.
13. Savi R, Ulbricht VR. Jogos digitais educacionais: benefícios e desafios. *Novas Tecnol Educ.* 2008;6(2).
14. Rosen JM, Soltanian H, Redett RJ, Laub DR. Evolution of virtual reality. *IEEE Eng Med Biol Mag.* 1996;15(2):16-22.
15. Junior Ppmo. Exames Virtuais UTILIZANDO UM ALGORITMO DE RAY CASTING ACELERADO DISSERTAÇÃO DE MESTRADO TeCGraf DEPTO DE INFORMÁTICA PUC-Rio Rio de Janeiro, 7 de Dezembro de 1999. pag.
16. Braga M. Realidade virtual e educação. *Rev Biol Ciênc Terra.* 2001;1(1).
17. Pavarini L. Estudo e implementação do método massa-mola para deformação em ambientes virtuais de treinamento médico usando a api java 3d. Fundação de ensino eurípides soares da rocha. Centro universitário eurípides de marília – univem. Programa de pós-graduação em ciência da computação. Marília, 2006.
18. Steven,; Dawson, S.L.; Kaufman, J.A. The Imperative for Medical Simulation. *IEEE, Boston.* MARCH 1998. VOL. 86, NO. 3.

**19.** Rodrigues CEM. Um dispositivo háptico de auxílio à navegação para deficientes visuais [trabalho de conclusão de curso]. Recife: Centro de Informática da Universidade Federal de Pernambuco; 2006.pag.

**20.** Mergulhão LC, Mokonuma SL, Silva Cruz TA. Ambiente virtual em situações críticas: análise de estudo de caso com base na estrutura e modelagem de sistemas de realidade virtual [trabalho de conclusão de curso]. Belém: Curso de Bacharelado em Ciência da Computação. Centro de Ciências Exatas e Tecnologia da Universidade da Amazônia; 2003. pag.

**21.** Machado LS ; Campos I.L.L.; Cunha S.F e Moraes. R.M. CYBERMED: REALIDADE VIRTUAL PARA ENSINO MÉDICO. IFMBE Proc. III CLAEB João Pessoa 2004; 5(1): 573-576,

**22.** REZENDE, Flavio et al . Simulador cirúrgico e realidade virtual no ensino de cirurgia de catarata. *Rev. bras.oftalmol.*, Rio de Janeiro, v. 71, n. 3, June 2012 . Available from <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-72802012000300001&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-72802012000300001&lng=en&nrm=iso)>. access on 04 Mar. 2013. <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-72802012000300001>.

**23.** Dumay ACM. Beyond medicine. *IEEE Eng Med Biol.* 1996;15(2):34-40.

**24.** Nicholson DT, Chalk C, Funnell WR, Daniel SJ. Can virtual reality improve anatomy education? A randomised controlled study of a computer-generated three-dimensional anatomical ear model. *Med Educ.* 2006;40(11):1081-7.

**25.** Eom K, Kwak H, Kang H, Park S, Lee H, Kang H, et al. Virtual CT otoscopy of of the middle ear and ossicles in dogs. *Vet Radiol Ultrasound.* 2008;49(6):545-50.

**26.** Reznick RK, MacRae H. Teaching Surgical Skills - Changes in the Wind. *N Engl J Med.* 2006;355:2664-9.

**27.** Manssour IH. Visualização colaborativa de dados científicos com ênfase na áreas medica. UFRS. Instituto de informática. Pós graduação. Porto Alegre.1998

**28.** Row Rosen, J.M. Soltanian, H. Redett, R.J. Laub, D.R. Evolution of Virtual reality . *IEEE ENGINEERING IN MEDICINE AND BIOLOGY* 0739-51. March/April 1996. pag 16-23. Lebanon, NH

**29.** Figueiredo , J. F. M.; E. P. Serafim ; W. J. A. Silva ; PIZZOL, D. S. A. ; MOTTA, G. H. M. B. Modelo conceitual de segurança para uma arquitetura multidomínio em telemedicina. In: XI Congresso Brasileiro de Informática em Saúde, 2008, Campos do Jordão. Anais do XI Congresso Brasileiro de Informática em Saúde. São Paulo : Sociedade Brasileira de Informática em Saúde, 2008. 6 p

**30.** Bajka M, Manestar M, Hug J, Székely G, Haller U, Groscurth P. Detailed anatomy of the abdomen and pelvis of the visible human female. *Clin Anat.* 2004;17(3):252-60. Erratum in: *Clin Anat.* 2004;17(5):450.

**31.** Ramos FM. Aplicação de realidade virtual para construção de atlas de anatomia e fisiopatologia do câncer de mama [dissertação]. Marília: Centro Universitário Eurípides de Marília; 2005. 98 f.

**32.** Santos AD , MACHADO LS . Realidade Virtual Aplicada ao Ensino de Medicina: Taxonomia, Desafios e Resultados Laboratório de Tecnologias para o Ensino Virtual e Estatística Universidade Federal da Paraíba – CCEN. pag.

**33.** Shen X, Zhou J, Hamam A, Nourian S, El-Far NR, Malric F, Georganas ND. Haptic-enabled telementoring surgery simulation. *IEEE MultiMedia.*2008, ;15(1):64-76.