UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Faculdade de Odontologia de Bauru

SILEIDE APARECIDA DE OLIVEIRA PACCOLA

**Design Aplicado em Simulação de Anestesia Infiltrativa
Bloqueio do Nervo Alveolar Inferior**

SILEIDE APARECIDA DE OLIVEIRA PACCOLA

**Design aplicado em simulação de anestesia infiltrativa
bloqueio do nervo alveolar inferior**

Tese apresentada à Faculdade de Odontologia de Bauru da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Doutor no Programa de Ciências Odontológicas Aplicadas, na área de concentração Odontopediatria.

Orientador: Profa. Dra. Maria Aparecida de Andrade
Moreira Machado

Versão corrigida

BAURU
2013

P128d Paccola, Sileide Aparecida de Oliveira
Design aplicado em simulação de anestesia
infiltrativa bloqueio do nervo alveolar inferior –
Bauru, 2013.
168 p. : il. ; 31cm.

Tese(Doutorado) – Faculdade de Odontologia de
Bauru. Universidade de São Paulo

Orientador: Profa. Dra. Maria Aparecida de Andrade
Moreira Machado

Nota: A versão original desta dissertação/tese encontra-se disponível no Serviço de Biblioteca e Documentação da Faculdade de Odontologia de Bauru - FOB/USP.

Autorizo, exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta dissertação/tese, por processos fotocopiadores e outros meios eletrônicos.

Assinatura: _____

Data: ____/____/____.

DEDICATÓRIA

DEDICATÓRIA.....*

A DEUS

Sei que o Pai tem um propósito para mim, mas permanecer no caminho sem Seu auxílio é impossível para mim. Seu zelo me capacitou e me fez forte à sombra das dificuldades. Por isso, dedico o fruto do meu trabalho ao Senhor meu Deus, porque com Ele tudo posso e por isso venço. Ao Senhor toda honra e toda glória para sempre! Amém.

ESPOSO

Dedico este trabalho a você, Aloisio, que dedica a mim tanto amor e doçura. Sua admirável capacidade de ponderação e sabedoria, como uma linha guia, me mantém no rumo certo e me impede de cometer erros dos quais posso me arrepender mais tarde. Como parceiro legítimo, confia em mim e me deixa livre para ir onde for necessário para cumprir metas que encara como suas também. Sua confiança é um grande tesouro para mim, e é ela que possibilita a concretização dos meus sonhos que são nossos. Te amo! Deus te conserve sempre com muita vida, saúde e amor por mim!

FILHOS

Enzo e Luiza, filhos amados, sei que este é o resultado de um esforço conjunto, que tem uma grande contribuição de vocês. Em tudo que faço, penso que construo uma história para lhes deixar como exemplo de vida, para que entendam que não existe idade para estudar, e só por meio da educação é que conseguimos ter uma vida sólida e feliz. Sejam felizes, meus filhos! Amo vocês!

AMIGA SUSY

Considero um presente de Deus a oportunidade de trabalhar com você nesses quatro anos, concedido num momento muito especial. Sempre digo em minhas orações que sozinha não sou ninguém e não consigo nada se Deus não me ajudar. Vejo em você o auxílio constante de Deus, que muitas vezes me mostra rumos para os quais eu jamais olharia. Por isso, sua fé e de sua família é sempre uma inspiração para mim e me mostra quão preciosa é sua amizade. Dedico este trabalho a você, o qual tem muito seu e de sua contribuição.

AGRADECIMENTOS

Meu agradecimento mais profundo dedico ao meu marido **Aloisio Paccola** e meus filhos **Enzo e Luiza**. Sou grata a vocês por me apoiarem nessa caminhada, porque sei dos sacrifícios que fizeram para que tudo fosse realizado. O espírito de família falou muito alto, e permaneceram ao meu lado, incondicionalmente, compreendendo, sobretudo, todos os momentos difíceis, a ausência, mostrando amor e muito carinho. Obrigada, FAMÍLIA! Amo vocês!

Minha Mãe Ordália

Obrigada pela inspiração com que sempre me apoia. Sua admiração por esta realização é um dos meus motores propulsores, porque sei que desta forma te faço feliz. Obrigada pelas orações incessantes, sem elas poderia ter fraquejado em muitos momentos. Mas agora é fim de trabalho, Daia! Obrigada pelo seu amor!

Meu sogro Sr. Florindo Paccola e sogra Dna. Maria Ap^a Diomedes Paccola

Sem o apoio de vocês, sinceramente, não conseguiria realizar este trabalho. Cuidar dos meus filhos enquanto estive fora, e foram incontáveis vezes, é motivo de eterna gratidão para mim. Vocês atuam como verdadeiros pais, e não medem esforços mesmo diante das dificuldades físicas que a idade lhes impõe. Daí vem minha grande admiração. Para mim é motivo de orgulho fazer parte desta família. Muito obrigada, e peço a Deus que nunca cesse suas bênçãos a vocês.

Allan Amaral Tori e Kim Tanabe

A realização das modelagens só foi possível porque abraçaram essa causa. Obrigada pela dedicação e empenho.

desse projeto. Ser sua aluna foi uma oportunidade única, além de uma honra, em que adquiri conhecimento primordial para a vida de pesquisadora.

Às Profas. Dras. Thaís Marchini de Oliveira e Salete Moura Bonifácio da Silva, que sempre solícitas, gentis, positivas se colocaram dispostas a me ajudar em todos os momentos. Obrigada pelo carinho. Que Deus lhes abençoe sempre!

Aos demais Professores e funcionários do Departamento de Odontopediatria, por oferecerem as condições necessárias para que eu pudesse realizar minhas atividades discentes e pelas demonstrações gentis de apoio.

À Pró Reitoria de Graduação, que, acreditando na pesquisa aplicada ao ensino na graduação, concedeu os recursos financeiros à realização dessa pesquisa.

À Universidade de São Paulo - Faculdade de Odontologia de Bauru, sob a direção do Prof. Dr. José Carlos Pereira, pelo incentivo, apoio e atenção. Essa Posição foi imprescindível para a concretização dos resultados dessa tese. Dedico-lhe minha admiração e respeito. Que Deus lhe seja farto. Obrigada.

Aos amigos do Grupo de Design, Mariana Hortolani, Allan Tori, Kim Tanabe, Marina Conti, que embora muito jovens assumiram a grande responsabilidade de pesquisadores. Meu carinho e gratidão a vocês são heranças desse tempo que passamos juntos e que seguirão comigo. Muito Obrigada.

Gostaria de agradecer, em especial, à **Valéria e Graciane,** secretárias da diretoria FOB-USP, pelo carinho, apoio e cuidado imensuráveis com que sempre me trataram, não só nos momentos felizes, mas, principalmente, nas dificuldades enfrentadas no transcorrer da minha trajetória como doutoranda desta instituição. Deus lhes abençoe sempre com graças muito além daquelas que necessitarem. Obrigada.

À Profa. Dra. Glória Ferez, FIB-Bauru, pelo desprendimento e eficaz ajuda nas correções do trabalho.

À Sra. Zelma Batista Borges, Assistente Técnico Financeiro FOB-USP, pessoa notável e de capacidade admirável, pela paciência e dedicação no processo de implementação da LaSit. Muito Obrigada.

À Rita da Biblioteca da FOB-USP, e demais funcionários desse setor, que acolheu o grupo de Design em Saúde nas dependências da biblioteca com surpreendente desprendimento e generosidade, ofereceu as condições necessárias para a realização das reuniões e contribuiu de forma decisiva para esta pesquisa. Minha eterna gratidão. Deus lhe permita continuar a ser seu instrumento de amor.

A todos os amigos e colegas do Departamento de Odontopediatria, **Dona Lia, Fátima, Estela, Lilian, Lourisvalda e Alexandre** que de uma forma direta ou indireta, contribuíram, ou auxiliaram na elaboração do presente estudo, assim como pela paciência, atenção e força que prestaram em momentos bons e naqueles não tão fáceis. DEUS abençoe a todos.

Ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), pela bolsa de estudos que possibilitou a operacionalização do estudo.

Enfim, agradeço a todos que de alguma forma se fez presente nessa trajetória como doutoranda. Mesmo não compondo essa relação, minha mente e meu coração o sabem. Foi por este caminho que conheci pessoas de grande valor, que passaram pela minha vida sendo portadoras daquelas graças que Deus foi me concedendo, e não foram poucas, mas que me moldaram e capacitaram para este momento.

Muito Obrigada!

“Eu caminhei uma longa jornada para a liberdade. Mas eu descobri que depois de escalar uma grande montanha, há outras montanhas a serem vencidas. Eu descansei por um instante para apreciar a incrível vista que cercava. Olhei para trás e vi a distância que percorri. Mas só posso descansar por um momento. Porque com a liberdade vem outras responsabilidades. E sequer me atrevo a demorar a continuar. A minha caminhada ainda não terminou.”

Nelson Mandela

RESUMO

Esta pesquisa apresenta a pesquisa e desenvolvimento da interface gráfica – Objetos Virtuais 3D, do Simulador de Bloqueio do Nervo Alveolar Inferior, destinado ao ensino na graduação. O objetivo deste trabalho foi desenvolver os modelos tridimensionais reais - 3DR, por meio de modelagem das camadas de tecidos da cabeça, equivalente a apresentada pelo público infantil na faixa etária dos 07 aos 12 anos, considerando as características físicas e reais inerentes de cada tecido (tecidos moles, músculos, nervos e ossos), para demonstrar de forma realística a anatomia da face e da boca, com a visualização das camadas de tecidos presentes nessa região, a fim de proporcionar ao aluno um ambiente virtual 3D rico para imersão, envolvimento e interação. O projeto previu o desenvolvimento dos objetos virtuais 3D, integrando as etapas de pesquisa teórica, modelagem tridimensional das camadas de tecidos da cabeça e modelagem das texturas realísticas para construção do ambiente virtual realístico. Em virtude de envolver conhecimento de múltiplas áreas – Design, Odontologia e Sistemas Digitais, esta pesquisa teve caráter multidisciplinar. A revisão sistemática foi realizada a fim de verificar a relevância da tecnologia de realidade aumentada (RA) no ensino da odontologia. Seus resultados mostraram que há uma evolução rápida e importante quanto ao uso de tecnologias de RA e RV no ensino na área da saúde de forma geral, e em particular na odontologia, principalmente para simulação de procedimentos cirúrgicos. O processo de trabalho se dividiu em etapas de modelagem dos objetos na ordem: crânio, tecidos moles, músculos, veias e nervos. O crânio foi desenvolvido tendo como base referencial um arquivo de ressonância magnética de uma criança de idade aproximada de 10 anos. Para a modelagem dos dentes foram utilizados modelos tridimensionais em resina, além do conhecimento publicado na literatura, orientações de professores da Faculdade de Odontologia - FOB/USP, e de técnicos do laboratório de anatomia. A literatura e as orientações dos professores e técnicos foram as referências para as modelagens dos tecidos moles, músculos, veias e nervos. A modelagem das texturas de sobreposição das estruturas modeladas, teve como objetivo atribuir o máximo de realismo às mesmas. Desta forma, foram utilizados como referências, além da literatura, imagens que mostram a cavidade bucal em situações variadas, para observar os aspectos realísticos de cada estrutura. Foram realizados testes de estereoscopia, por meio da geração de imagens estereoscópicas, para observar o desempenho do modelo 3DR, quanto ao seu realismo na visualização em 3D. Os resultados finais apresentados mostraram um alto grau de complexidade e realismo dos modelos 3DR.

Palavras chaves: anestesia, simulador, criança, modelo 3DR

ABSTRACT

Applied Design in Simulation of Infiltrative Anesthesia Block of Inferior Alveolar Nerve

This research presents the research and development of graphical user interface - 3D virtual objects, from the inferior alveolar block anesthesia simulator, for teaching undergraduate students. The objective of this study was to develop virtual models 3DR through modeling the layers of head tissue, similar to the children between the ages of 07 to 12 years, considering the physical and real inherent characteristics of each tissue (soft tissues, muscles, nerves and bones), to realistically demonstrate the anatomy of the face and mouth, with the visualization of tissue layers in the region cited, in order to provide the student with a rich 3D virtual environment immersion, engagement and interaction. The project included the development of 3D virtual objects by integrating the steps of theoretical research, three-dimensional modeling of the tissue layers of the head, and the modeling of realistic textures for the construction of realistic virtual environment. Since it comprises knowledge from multiple areas - Design, Dentistry and Digital Systems, this research was multidisciplinary. A systematic review was performed to check the relevance of augmented reality (AR) technology in the teaching of dentistry. The results showed a rapid and important development regarding the use of AR and VR (virtual reality), technologies in education in the health field in general, and in particular in dentistry, especially for simulation of surgical procedures. The work process is divided into stages modeling of objects in order: skull, soft tissue, muscles, veins and nerves. The skull was developed using as reference based on a file MRI (Magnetic Resonance Image) of a child aged approximately 10 years. For modeling three-dimensional models of the teeth were used in resin, besides the knowledge published in the literature, anesthesia guidelines from Pediatric Dentist of Bauru School of Dentistry – University of Sao Paulo, and the anatomy lab technicians. The literature and guidelines teachers and technicians were references to the modeling of soft tissues, muscles, veins and nerves. Modeling textures overlay of patterned structures, aimed to allocate the maximum realism to them. Thus images were used as references, besides the literature, showing the oral cavity in various situations, to observe the realistic aspects of each structure. Stereoscopy tests were conducted by generating stereoscopic images to observe the performance of the model 3DR, as to its realism in the 3D view. The final results showed a high degree of complexity and realism of the model 3DR.

Keywords: anesthesia, simulator, children, 3DR model

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Interactive real-time medical visualisation of the human head and neck - Digital Design Studio at the Glasgow School of Art.	52
Figura 2 - Modos de visualização do paciente virtual	56
Figura 3 - Captura de tela do simulador de sutura tátil.....	57
Figura 4 - Exemplo de utilização do Anatomi 3D para visualização de estruturas do coração com estereoscopia.....	57
Figura 5 - Laerdal Virtual I.V. Simulator - interface interativa de autoaprendizagem para o treinamento e cateterização intravenosa	58
Figura 6A: Mako Surgical: RIO Robotic Arm System - plataforma de simulação cirúrgica tátil interativa. Figura 6B: – CHRISTIE VeinViewer	59
Figura 7 - Ambiente virtual visto no monitor	60
Figura 8 - Realidade Aumentada aplicada a objeto educacional.....	63
Figura 9 - Dispositivos de visualização e interação 3D: Óculos 3D-Sony e luva 5DT Data Glove.....	64
Figura 10 - Esquema de Realidade Misturada. Fonte: Fundamentos de Realidade Aumentada	65
Figura 11 - Imagens de ressonância magnética resultado do primeiro teste de modelagem.....	96
Figura 12 - Ressonância magnética, nas vistas frontal e lateral, empregadas em dois planos ortogonais	100
Figura 13 - Representação das modelagens e a texturização, dos objetos que representam a pele e a parte interna da boca, desenvolvidos separadamente.....	103
Figura 14 – Atlas de anatomia interativo Primal Pictures (https://www.primalpictures.com).....	104
Figura 15 - Etapa de desenvolvimento dos músculos	105
Figura 16 - Princípio da modelagem dos vasos	105
Figura 17 - Ligação dos vasos	106
Figura 18 - Gânglio de Gasser	106
Figura 19 - A e B - Aplicação da técnica Smooth nos objetos; C - Resultados dos vasos sanguíneos; D - Resultados dos nervos.....	108
Figura 20 - Etapas do desenvolvimento e a aplicação das texturas.....	109

Figura 21 - Etapas do desenvolvimento e resultados iniciais	109
Figura 22 - Etapas do desenvolvimento da texturização definitiva	111
Figura 23 - Resultado da aplicação da textura no crânio	111
Figura 24 - Imagem capturada do buscador Google Images.	112
Figura 25 - Geração das texturas realísticas da gengiva	112
Figura 26 - Geração das texturas realísticas dos músculos	113
Figura 27 - Geração das texturas realísticas dos dentes	114
Figura 28 - Geração das texturas realísticas da pele	115
Figura 29 - Modelos tridimensionais virtuais realísticos que correspondem aos vasos e nervos	115
Figura 30 - Modelos tridimensionais virtuais realísticos dos músculos com aplicação de texturas	116
Figura 31 - Técnica de renderização do modelo	117
Figura 32 - Técnica empregada para visualização estereoscópica	119

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resultado dos estudos preliminares	70
Tabela 2 - Resultado do string de busca executado na base de dados BIREME (BVS)	70

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLAS

FDA	Food and Drug Administration
HCI	Interação Homem-Computador
HMD	head-mounted display
RA	Realidade Aumentada
RV	Realidade Virtual
UX	User Experince Design
3D	Tridimensional
3DV	Modelos Tridimensionais Virtuais
3DR	Modelos Tridimensionais Reais
ViMet	Projeto e Implementação de um Framework para Aplicações de Treinamento Médico usando Realidade Virtual

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	43
2.	REVISÃO DE LITERATURA.....	49
2.1.	SIMULADOR	53
2.1.1.	APLICADO À MEDICINA.....	54
2.1.2.	APLICAÇÕES DESENVOLVIDAS PARA MEDICINA EM RV E RA.....	55
2.1.3.	TIPOS DE INTERAÇÃO E IMERSÃO	59
2.1.4.	MODELOS REALÍSTICOS TRIDIMENSIONAIS	66
2.1.5.	REPRESENTAÇÃO DO MODO VISUAL E MODO CONCRETO.....	68
2.2.	SIMULADORES DE REALIDADE VIRTUAL E REALIDADE AUMENTADA APLICADOS AO ENSINO EM ODONTOLOGIA – REVISÃO SISTEMÁTICA (ANEXO I)	69
2.3.	O DESIGN NO DESENVOLVIMENTO DO OBJETO 3D E DO AMBIENTE DE SIMULAÇÃO, COM A APLICAÇÃO DE TECNOLOGIA DE REALIDADE AUMENTADA, NAS SUAS FACES INSTRUCIONAL E DE INTERAÇÃO.....	74
2.4.	MULTIDISCIPLINARIDADE: ODONTOLOGIA + DESIGN + SISTEMAS DIGITAIS	78
2.5.	EDUCAÇÃO, TREINAMENTO E FORMAÇÃO PROFISSIONAL E NOVAS TECNOLOGIAS: UMA CONTEXTUALIZAÇÃO NECESSÁRIA	81
2.5.1.	DESIGN INSTRUCIONAL – INTERFACE CONTEXTUALIZADA.....	83
2.6.	CARACTERIZAÇÃO DO AMBIENTE DE APRENDIZAGEM	84
3.	PROPOSIÇÃO.....	89
3.1.	MOTIVAÇÃO	90
3.2.	OBJETIVO GERAL.....	91
3.3.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	91
4.	METODOLOGIA.....	95
4.1.	O PROJETO DE TESE.....	95
4.1.1.	FASES DO DESENVOLVIMENTO DO PROJETO DE TESE	95
4.1.2.	A PESQUISA TEÓRICA – EIXOS ESTRUTURANTES DA PESQUISA	

DE TESE	95
4.1.3.REQUISITOS DO PROJETO	96
4.1.4.MODELAGEM 3D.....	96
4.2. MODELAGEM DOS OBJETOS VIRTUAIS REALÍSTICOS	97
4.2.1.O SISTEMA DE MODELAGEM.....	99
4.2.2.MODELAGEM DA ESTRUTURA ÓSSEA DA CABEÇA.....	99
4.2.3.MODELAGENS DOS TECIDOS DE REVESTIMENTO.....	102
4.2.4.TECIDOS MUSCULARES.....	103
4.2.5.VEIAS, ARTÉRIAS E NERVOS.....	105
4.3. TEXTURIZAÇÃO	108
4.3.1.UV MAPPING - MAPEAMENTO UV.....	108
4.3.2.TEXTURIZAÇÃO DA ESTRUTURA ÓSSEA DO CRÂNIO E MANDÍBULA.....	109
4.3.3.GENGIVA E MUCOSA	111
4.3.4.TECIDOS MUSCULARES.....	112
4.3.5.DENTES	114
4.3.6.PELE	114
4.3.7.NERVOS, ARTÉRIAS E VEIAS.....	115
4.4. MAPA DE NORMAIS (<i>NORMAL MAPPING</i>).....	116
4.5. RENDERIZAÇÃO	117
4.6. ESTEREOSCOPIA.....	117
5. RESULTADOS	123
5.1. AMBIENTE PARA INTERAÇÃO – MODELO 3DR	123
5.2. AS ESTRUTURAS DA REGIÃO DO NERVO ALVEOLAR INFERIOR	124
5.3. GERAÇÃO DE IMAGENS COM DE ANAGLÍFO E ESTÉREOS	127
6. CONCLUSÃO	131
7. PRÓXIMOS PASSOS.....	132
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	135

INTRODUÇÃO

1. INTRODUÇÃO

O ensino na saúde cobre um espectro amplo, desde o ensino de anatomia para estudantes médicos até o treinamento de profissionais em procedimentos cirúrgicos especializados. Para esse fim, segundo El-Khalili e Brodlie (1998), vários sistemas educacionais têm sido propostos, os quais utilizam tecnologias de computação, incluindo técnicas de Multimídia e uso de Ambientes Virtuais Imersivos.

Porém, para que as ferramentas de ensino se tornem atrativas aos estudantes universitários, devem estar alinhadas aos anseios de uma geração que tem no seu cotidiano a utilização de recursos de informática e mídias diversas para comunicação. A inter e a transdisciplinaridade no processo de ensino e pesquisa une áreas do conhecimento, que num passado não distante, pareciam não possuir qualquer tema em comum. O avanço das tecnologias virtuais e interativas, que tradicionalmente estiveram ligadas de maneira mais significativa às áreas das ciências exatas aliadas ao Design, têm tido cada vez mais seu foco voltado às outras áreas do conhecimento. Dentre estas áreas, a da Saúde vem conseguindo resultados inovadores, relacionados à associação das tecnologias digitais e virtuais na solução de situações importantes como o ensino e o treinamento à distância e/ou presencial por meio da simulação de procedimentos.

Então, um ambiente virtual 3D realístico e apropriado, com implementação de tecnologia de Realidade Aumentada, destinado ao ensino na Odontologia para simulação em tempo real de procedimentos odontológicos, oferece condições totalmente inovadoras no âmbito dos objetos educacionais, porém utilizando uma linguagem com a qual os alunos, na sua maioria, estão familiarizados. Portanto, este tema é oportuno para a atuação multidisciplinar do Design e da área de tecnologia de sistemas digitais, focada no atendimento de necessidades específicas da odontologia, favorecendo a abertura de novos caminhos para a construção do conhecimento aplicado à saúde.

Uma das necessidades refere-se à execução da técnica de aplicação de medicamento anestésico, chamada de Bloqueio do Nervo Alveolar Inferior, realizada para a preparação do paciente ao procedimento odontológico que, dada a sua importância no atendimento clínico, além da seriedade de suas decorrências para o paciente, caracteriza-se como procedimento invasivo. Assim,

a necessidade da utilização de simuladores, como ferramentas de apoio no processo de ensino e aprendizagem, mostra-se de grande relevância em função da natureza invasiva dos procedimentos dessa atividade. No entanto, esta interface, requer um bom conhecimento teórico prévio dos estudantes, para que estes obtenham confiança na realização dos procedimentos da técnica. Daí, a necessidade do desenvolvimento de habilidade e destreza antes da atuação com o paciente real, a fim de atribuir qualidade no desempenho do aluno e evitar transtornos e morbidades nesse processo.

Portanto, considerando o problema apresentado, no que se refere à necessidade de desenvolvimento de habilidade e destreza dos alunos de odontologia, frente ao uso de um simulador com tecnologia de realidade virtual e aumentada, além das evidências de que o design tem condições de desenvolver soluções, utilizando-se dos conceitos de Design De Interfaces, UXD – User Experience Design, bem como dos conceitos de realidade virtual e Realidade Aumentada, a questão de pesquisa que se coloca para o design aplicado à saúde é:

Num simulador de ensino e treinamento da técnica de bloqueio do nervo alveolar inferior, quais as características que o ambiente e o objeto virtual 3D devem apresentar, a fim de que estes provoquem reações positivas e impactantes no público alvo e favoreçam o processo de apropriação do conhecimento?

Reconhece-se que, a princípio, esta é uma questão subjetiva, porém pressupõe-se que os conteúdos que tratam sobre Design de Interfaces, Design Digital, Realidade Virtual, Realidade Aumentada, Anatomia e os procedimentos de execução da técnica odontológica em questão, oferecem o conjunto de conhecimentos necessário ao desenvolvimento dos aspectos morfológicos que atendam aos requisitos estético-simbólico-formais desse projeto, em função da necessidade que motivou o mesmo.

Com respeito a originalidade e a relevância desse projeto, têm sido foco de estudo e pesquisa cada vez mais frequentes e mais específicos os temas relacionados ao desenvolvimento de objetos educacionais para graduação. O ensino na Odontopediatria, também vêm trabalhando nesse sentido, ou seja, de aprimorar seus recursos e oferecer o conhecimento de uma forma indubitavelmente eficaz para que os alunos tenham uma aprendizagem de qualidade.

Atualmente, no ensino da disciplina de anatomia, esses recursos são compostos, na sua maioria, por um número variado de peças anatômicas humanas,

apresentações em *Power-Point*, animações e material bibliográfico. Nas aulas de ensino da técnica de bloqueio do nervo alveolar inferior, além dos recursos já mencionados, são realizadas aulas práticas com pacientes reais e voluntários, seja da própria turma de estudantes ou de outras origens. Desta maneira verifica-se que a relevância deste objeto educacional está diretamente ligada à capacidade do aluno interagir com conteúdos ensinados na graduação, tornando-o mais dinâmico, autônomo e com um nível de conhecimento potencializado, qualidades preponderantes no atendimento clínico, no que se refere à capacidade de identificação do problema e à tomada de decisão.

Ao apresentar uma maneira específica que possibilite tratar o conteúdo de uma forma atrativa e envolvente no treinamento prático, sem a presença do paciente real, numa etapa inicial do aprendizado, contribuirá decisivamente para o desenvolvimento das habilidades necessárias, nas fases posteriores do processo de formação do acadêmico de Odontologia para a prática clínica com pacientes. Há que se considerar o aspecto de atratividade que esse tipo de ferramenta exercerá no estudante de Graduação, uma vez que, além de inovador, despertará interesse pelo fato de utilizar recursos de informática com os quais ele está familiarizado, contudo em uma linguagem nova. Justifica-se aqui o procedimento escolhido, técnica de anestesia bucal de bloqueio do nervo alveolar inferior, cuja aplicação prática é usada na maioria das especialidades odontológicas e é um procedimento que o aluno deverá realizar já nas suas primeiras experiências clínicas com pacientes. Importante afirmar que o sucesso da técnica anestésica configura instrumento básico e fundamental para que todo o restante do tratamento, seja ele qual for, possa ser realizado com tranquilidade e segurança pelo aluno/profissional e, também, com o conforto físico e emocional para o paciente.

A aplicação de realidade virtual (RV) é propícia no desenvolvimento de ferramentas destinadas ao apoio do ensino na área da Saúde, em função de sua natureza realística e interativa, que possibilita ao aluno lançar mão deste recurso, conforme suas necessidades individuais específicas, potencializando suas condições de absorção do conhecimento, sendo definitivamente de grande relevância no processo de ensino e aprendizagem da Graduação.

Nesse contexto, o Design tem o papel de criar as condições ideais para que o aluno possa visualizar uma situação real de trabalho, onde possa se imergir e

interagir virtualmente e executar os procedimentos necessários para o cumprimento do conteúdo planejado, na forma como este se realizará na situação real.

Essa pesquisa foi realizada com apoio do Pró-Inovalab – 2011, programa de apoio ao ensino de graduação, denominado Pró-Inovação no Ensino Prático de Graduação, da Pró-Reitoria da Graduação da USP, cujos recursos foram aplicados na implantação do LaSiT - Laboratório de Simulação e Treinamento e na aquisição dos equipamentos empregados no desenvolvimento do projeto e no ambiente de simulação.

REVISÃO DE LITERATURA

2. REVISÃO DE LITERATURA

A inter e a transdisciplinalidade no processo de ensino e pesquisa une áreas do conhecimento, que num passado não distante, pareciam não possuir qualquer tema em comum. O avanço das tecnologias virtuais e interativas que tradicionalmente estiveram ligadas de maneira mais forte às áreas das ciências exatas, como engenharia de jogos, entretenimento e publicidade, eletrônica, elétrica e a ciência da computação, tem tido cada vez mais seu foco voltado às outras áreas do conhecimento. Dentre essas áreas, a saúde vem obtendo resultados inovadores, relacionados à associação das tecnologias digitais e virtuais, na solução de situações importantes tais como o ensino e o treinamento à distância e/ou presencial com a simulação de procedimentos.

A aplicação de tecnologias de sistemas digitais na Odontologia auxilia no aprimoramento dessa área da saúde, por meio de ferramentas virtuais destinadas ao ensino e treinamento, aplicáveis em todas as etapas da formação. Este entendimento dá-se em função de que esse tipo de recurso é capaz de proporcionar ao estudante a possibilidade de repetir o treinamento inúmeras vezes, antes de executar o procedimento em um paciente real. De forma que para Liu *et al.* (2003), a RV possibilita ao cirurgião aprender detalhes da cirurgia em um Ambiente Virtual ou paciente virtual, além de ter um feedback de sua atuação.

Existem hoje, exemplos bem sucedidos e já disponíveis no mercado, além de minimamente invasivos, tais como sistemas gráficos interativos e de realidade aumentada (RA) para a realização de laparoscopias, endoscopias, cirurgias cardíacas e oculares, etc. Todos estes sistemas de simulação são baseados no processamento e análise de imagens médicas, e oferecem uma oportunidade única àqueles que têm interesse em aprimorar o conhecimento na área, preservando ou melhorando o nível de detalhe do ensino tradicional.

Machado (2003) aponta que frente aos procedimentos invasivos na área médica, a necessidade de treinamento específico para a realização de cirurgias por meio de aparelhos de imagem passou a ser uma constante, a princípio resolvida com cobaias e, posteriormente, acompanhado por médicos mais experientes. Entretanto, o treinamento com cobaias não reproduz fielmente a anatomia ou as características dos tecidos humanos, dado o fato de que este é um requisito importante, quanto às referências visuais e táteis necessárias no momento do

procedimento. Considerando então “[...] que esses aspectos visuais e táteis podem ser simulados em um sistema de realidade virtual, da mesma maneira, sistemas de realidade virtual podem apresentar a anatomia da região de interesse, permitindo sua exploração e estudo” (MACHADO, 2003).

Oliveira (2007) esclarece que simulações com a utilização de tecnologia de Realidade Virtual favorecem a aprendizagem e o aprimoramento do estudante. A possibilidade de familiarização com os detalhes do procedimento por causa da repetitividade do treinamento antes de sua execução no paciente real é que justifica essa afirmação.

Pohlenz *et al.* (2010) detalham que, nesse processo de ensino e aprendizagem, os simuladores oferecem ao aluno condições de aquisição do conhecimento e conceitos do procedimento, assim como do desenvolvimento de habilidades e destreza para executá-lo, favorecidos pela prática de repetição. Nesse contexto, torna-se possível adquirir e avaliar as habilidades dentro de um ambiente seguro. Sendo assim, os estudantes podem realizar testes e observar os resultados de procedimentos odontológicos sem ocorrência de morbidade. Esta é uma ferramenta de treinamento reconhecida como alternativa real, em substituição da adoção de voluntários e de peças sintéticas no ensino de procedimentos odontológicos invasivos.

A prática do atendimento clínico odontológico tem, no controle da dor, um dos principais fatores condicionantes para a realização de procedimentos invasivos, devido ao alto nível de sensibilidade característico dos dentes. Por conta disso, Vasconcelos *et al.* (2007), ao considerarem esse como um fator de grande importância na atividade odontológica, afirmam que a prática do procedimento anestésico é muito utilizada pelos cirurgiões-dentistas nas intervenções odontológicas, tendo, dentre os fatores condicionantes para o sucesso do procedimento, as habilidades psicomotoras do profissional. Apontam também que a técnica anestésica empregada é passível de se tornar a origem da ocorrência de acidentes e complicações no tratamento odontológico. Nesse sentido, “[...] o fracasso da anestesia, em odontologia, constitui um temor frequente do odontólogo, tornando necessária a aplicação de esforços para obtenção de melhores anestésicos e de melhores técnicas anestésicas, além de características imprescindíveis, como destreza do profissional e critério clínico” (VASCONCELOS *et al.*, 2007).

O método usual empregado na formação odontológica para a prática de técnicas de anestesia tem como base a utilização de alunos voluntários do curso, em virtude de, atualmente, não se dispor de nenhum sistema de simulação eficiente, destinado ao ensino e aprimoramento de habilidade, voltado a esta aplicação específica. De forma geral, são formados pares de alunos, onde um efetua a anestesia no outro e vice versa. Entretanto, reconhece-se este como sendo um recurso didático limitado, haja visto que possibilidade de repetições torna-se um aspecto restritivo.

Em face desses fatores, os benefícios do ensino deste procedimento por meio de simulação são de grande valor, frente às possibilidades de repetição para o desenvolvimento e aprimoramento das habilidades, de maneira fisicamente segura e psicologicamente confortável para o aluno. Segundo Freitas (2006), informações táteis e sinestésicas – toque e manipulação, presentes em sistemas funcionais, dentre eles, jogos e imitações, são recursos encontrados na base da aprendizagem e do desenvolvimento e se relacionam a aspectos como segurança e conforto tônico e tátil para a construção de competências motoras. Para o professor, esta ferramenta possibilitará, sobretudo, aperfeiçoar e avaliar o aprendizado, se sustentando em dados objetivos e quantitativos, quanto ao desempenho de seus alunos.

Na Odontologia, este é um recurso ainda pouco explorado, porém acredita-se que a simulação poderá ser de grande relevância, dadas as circunstâncias do atendimento clínico, nas quais fatores psicológicos incidem diretamente no resultado final, tais como: capacidade de identificação do problema, tomada de decisão e habilidade e adestramento manual. De maneira que a possibilidade de executar o treinamento prático sem a presença do paciente real, numa etapa inicial do aprendizado, contribuirá de forma decisiva para o desenvolvimento das habilidades necessárias para a prática clínica, nas fases posteriores do processo de formação do Cirurgião-Dentista.

O resultado mais recente da pesquisa voltada a este tema aconteceu a partir de uma parceria entre o Digital Design Studio of Glasgow School of Art (Estúdio de Design Digital da Escola de Artes de Glasgow) e o NHS Educational for Scotland (Serviço Nacional de Saúde Educacional para a Escócia), o Digital Head and Neck Anatomy Platforms (Plataforma de Anatomia Cabeça e Pescoço Digital 3D), mostrado na Fig 1. Trata-se de um projeto realizado a partir de um processo de

escaneamento 3D do cadáver de um indivíduo adulto, cujas imagens foram utilizadas na reconstrução da cabeça e do pescoço, destinadas ao desenvolvimento de uma aplicação de realidade virtual e aumentada, que permite aos estudantes a manipulação e interação com a cabeça 3-D em tempo real.

Figura 1 - Interactive real-time medical visualisation of the human head and neck - Digital Design Studio at the Glasgow School of Art.
Fonte: Anderson e Chapman (2013)

Anderson e Chapman (2013), apontam que os estudantes de odontologia que participaram desse projeto (Interactive real-time medical visualisation of the human head and neck), relataram poderem sentir como é aplicar uma anestesia local bucal em um paciente adulto e verificarem se a anestesia foi administrada com êxito e de modo seguro. Já os dentistas participantes declararam que, embora tivessem anos de experiência, sentiam-se mais confortáveis em aplicar injeções após o uso de um simulador.

Esta experiência, cujos resultados positivos são evidentes, é mais uma demonstração de que a atuação multidisciplinar entre as áreas de Odontologia, Design e Sistemas de Informação constitui uma associação de conhecimentos favorável ao desenvolvimento de sistemas inovadores de simulação destinados ao aprimoramento de habilidades na formação superior em odontológica. Considerando, então, as atribuições pertinentes às essas áreas, entende-se que dentre o universo de conhecimento particular a cada uma, aqueles que podem ser empregados num projeto dessa natureza são compreendidos a partir das seguintes necessidades:

- **Odontologia**

Conhecimento específico da área a respeito das referências odontológicas utilizadas e os critérios que compõem o procedimento odontológico a ser simulado. Tais como: identificação e caracterização da região da cavidade bucal que receberá o fármaco; Manipulação do instrumento e posicionamento da mão durante a execução do procedimento; como assegurar que um nervo, veias ou artérias não sejam atingidas, etc.

- **Sistema de Digitais**

Conhecimento específico sobre tecnologia de Realidades Virtual (RV) e Aumentada (RA) aplicado no desenvolvimento de ambiente virtual com atributos para proporcionar interatividade em tempo real, envolvimento, imersão, retorno de força (force-feedback) para a discriminação dos diferentes tipos de tecido.

- **Design**

Conhecimento específico sobre conceitos estéticos, morfológicos, além de design de interação, para promover a construção de um sistema de ensino não convencional, tendo como base a construção de ambientes e estruturas 3D, com características realísticas dos elementos presentes no contexto da simulação, para promover a percepção de presença num ambiente real quando no momento da simulação.

2.1. SIMULADOR

Segundo Pohlenz *et al.* (2010), um sistema de simulação deve abranger:

- **Flexibilidade e autonomia do aluno no processo de ensino aprendizagem:** No momento em que o aluno percebe a necessidade da obtenção de maior segurança para a realização correta do procedimento, este pode lançar mão do recurso de simulação, podendo desenvolver e aprimorar de forma mais sólida sua habilidade. De maneira que, no seu tempo livre, o aluno pode se ocupar com treinamentos práticos para o exercício da profissão, entretanto não necessitando do paciente real.

- **Recurso de apoio didático e de avaliação da aprendizagem:** Os resultados das rotinas de simulação de cada aluno constituirão objeto de análise do professor, para que este avalie a efetividade da aprendizagem, por meio da

identificação de pontos de dificuldade do aluno na realização do procedimento, e daqueles alunos que necessitem de maior atenção em sala de aula.

– **Recurso estimulante de aprendizagem:** A partir da aplicação da tecnologia de realidade aumentada, em conjunto com o ambiente 3D realístico, o simulador habilitará o aluno com a capacidade de manipulação real da seringa carpule, fazendo-o perceber a reação da mucosa diante da inserção da agulha nesse tecido, conforme suas características físicas – rigidez e elasticidade, da impressão de força - para a entrada da agulha, e da inserção do líquido anestésico, tal como ocorreria no atendimento clínico odontológico real.

2.1.1. Aplicado à Medicina

Atualmente as interfaces interativas educacionais que utilizam aplicações de Realidade Virtual (RV) e Realidade Aumentada (RA) são muitas, estas visam simular situações do mundo real por meio do computador, permitindo que pessoas realizem determinadas tarefas utilizando essas máquinas, como se estivessem no ambiente real. Conforme Corrêa *et al.* (2008), a construção de tais aplicativos não é um procedimento trivial, visto o crescente número de pesquisas desenvolvidas nessa área. As mesmas voltam seu foco no aperfeiçoamento e desenvolvimento de sistemas de RV e RA, que gerem simulações mais próximas do real, proporcionando benefícios às pessoas, auxiliando médicos e estudantes em simulações cirúrgicas entre outros procedimentos médicos. Para Machado (2003), citado por Corrêa *et al.* (2008), dentre os benefícios na simulação de tais procedimentos compreendem:

– Disponibilidade do sistema, minimizando a necessidade da adoção de cobaias, frente à diversidade de casos e às possibilidades de situações com presença e ausência de anomalias;

– Diminuição de riscos a profissionais da área e pacientes, visto que o treinamento pode ser realizado sem o receio de causar danos ao paciente.

Da natureza das aplicações de RV para área médica, Netto *et al.* (2002), apontam que estas são divididas em três grandes grupos:

– **Planejamento:** Permite o estudo de um caso específico tendo como base uma réplica virtual da situação real, gerada por meio de imagens de ressonância magnética ou tomografia computadorizada do paciente.

- **Assistência:** Utilizada como recurso de suporte a um procedimento real, adicionando e sobrepondo elementos virtuais a uma situação real.
- **Treinamento:** Utiliza ambientes virtuais destinados à preparação do usuário para realizar um determinado procedimento, podendo simular situações genéricas (desassociadas das particularidades de um paciente específico) com alto grau de realismo. Seu objetivo final é incorporar habilidades específicas no aluno.

É fato que o processo de simulação demanda um conjunto de treinamentos com sistemas que objetivam desenvolver habilidades específicas ao usuário na realização de um determinado procedimento. Porém, essa trajetória justifica-se pela possibilidade de simular inúmeras situações, tendo uma condição de realismo muito favorável. Nesse sentido, um dos grandes desafios para os sistemas de RV e RA, em treinamento médico, é oferecer ao profissional aquilo que exatamente vê e sente na realidade e em tempo real.

Para aquisição de conhecimentos e prática clínica é necessário o contato direto de pacientes e estudantes supervisionados pelos professores. Assim, segundo Moline (1997), os sistemas de treinamento e simulação atuam como recursos minimizadores de potenciais erros médicos, bem como suas consequências judiciais e éticas para os profissionais de saúde, provendo ferramentas didáticas que cubram os aspectos experimentais, por meio de uma abordagem didática e exploratória, principalmente da visualização 3D do corpo humano.

2.1.2. Aplicações desenvolvidas para Medicina em RV e RA

A medicina tem se beneficiado abundantemente dos recursos tecnológicos oferecidos pela RV e RA, a partir da criação de sistemas com plataformas muito poderosas para ensino e treinamento, principalmente sobre anatomia, mas também sobre análise de imagens para pré-operatório, tais como tomografia computadorizada, ressonância magnética e ultrassom. Esses sistemas fornecem ao cirurgião a visão necessária da anatomia interna do paciente por meio não invasivo.

Entre as inúmeras vantagens das aplicações de RA na área médica, as mais concretas dizem respeito às imagens geradas em tempo real na sala de

cirurgia, com alto grau de qualidade, com a finalidade de aumentar o desempenho de toda a equipe cirúrgica e propiciar a eliminação da necessidade dos procedimentos dolorosos e mais invasivos. (AZUMA *et al.*, 2001).

O uso destas tecnologias reduz tanto o custo de formação de cirurgiões quanto os riscos cirúrgicos dos pacientes. Até o presente os médicos aprendem alguns procedimentos cirúrgicos por meio da observação passiva do procedimento e prática ativa em cadáveres humanos ou animais, para só depois procederem em pacientes sob a supervisão de um cirurgião docente. Porém, com o advento das novas tecnologias no ensino, os erros podem ser imediatamente avaliados e corrigidos, com a revisão do procedimento sob novas perspectivas ou em situações impossíveis no mundo real.

Oliveira (2007) relaciona alguns simuladores para treinamento que já fazem parte do processo educacional instrucional do aluno de medicina, no Brasil e outros países:

– **Simulador de realidade virtual de anestesia regional para treinamento de residentes** / Fundação Mayo, US-MN (BLEZEK *et al.*, 2000): Trata-se de um atlas de anatomia virtual realístico, destinado ao treinamento de médicos residentes em procedimento com paciente virtual, cujas funções primárias constituem visualização e feedback de força - Fig. 2. A visualização é composta de conteúdo realístico, a fim de provocar a imersão do usuário durante o treinamento. Os equipamentos utilizados para fazer funcionar a imersão e o feedback de força do usuário são, nesse simulador, um HMD (Head Mounted Display) e o PHANTON, respectivamente.

Figura 2 - Modos de visualização do paciente virtual
Fonte: Blezek; Robb; Martin (2000)

– **Simulador Háptico de Sutura** / University of Pennsylvania, US-PA, (WEBSTER *et al.*, 2001): Simulador realístico simplificado, com atributos de

modelagem e deformação da pele, do tecido e do material de sutura em tempo real, apresentando registro das atividades realizadas durante o treinamento – Fig. 3.

Figura 3 - Captura de tela do simulador de sutura tátil
Fonte: Webster *et al.* (2001)

Anatoml 3D – (CUNHA *et al.*, 2005): Nunes *et al.* (2011) identificam que este trata-se de um atlas digital interativo com atributo de manipulação e o estudo de estruturas tridimensionais do corpo humano, que permite associar conteúdo teórico sobre os modelos anatômicos e atribuir critérios para visualização - Fig. 4.

Figura 4 - Exemplo de utilização do Anatoml 3D para visualização de estruturas do coração com estereoscopia
Fonte: (CUNHA *et al.*, 2006)

Não somente voltadas à visualização de imagens, tais interfaces são muito utilizadas também em aplicações médicas. Porém, para essa finalidade, possuem requisitos especiais como atributos de retorno de força (*force feedback*),

estrutura compacta e leve. Estas interfaces podem ser projetadas com propósito geral, como o braço robótico *Phantom* da *Sensable Technologies Company*, ou projetada com propósito especial para treinamento cirúrgico, como *Laerdal Virtual I.V. Simulator* da *Immersion Company* – Fig. 5.

O *Laerdal Virtual I.V. Simulator* é simulador abrangente, totalmente interativo e configurado para autoaprendizagem, destinado à capacitação de cateterização intravenosa. Os gráficos 3D fornecem realismo visual, enquanto um dispositivo de retorno de força simula com precisão a sensação de toque para uma experiência envolvente.

Figura 5 - *Laerdal Virtual I.V. Simulator* - interface interativa de autoaprendizagem para o treinamento e cateterização intravenosa

Fonte: Disponível em: <http://www.laerdal.com/br/doc/245/Virtual-I-V>

Esse simulador promove o desenvolvimento, manutenção e avaliação das habilidades motoras e conhecimentos cognitivos necessários para realização de procedimentos do acesso intravenoso. Permite que os alunos, enfermeiros e outros profissionais pratiquem suas habilidades no procedimento intravenoso, assim como contribuiu com os professores das áreas envolvidas no processo de avaliação dos usuários envolvidos no processo do treinamento.

Dos equipamentos cirúrgico-médico-hospitalares já encontrados no mercado que utilizam tecnologia RV e RA, destacam-se o *MAKO RIO* – Fig.6A, e o *CHRISTIE VeinViewer* – Fig. 6B. Esses equipamentos empregam essas tecnologias para uso em tempo real durante a cirurgia, não estando mais no âmbito da simulação. O *MAKO RIO* é uma plataforma empregada para o reconhecimento e mapeamento da estrutura óssea, para orientação cirúrgica tátil interativa, destinada a cirurgia ortopédica, que incorpora um braço robótico e tecnologia de visualização tridimensional específica, com o objetivo de precisar e reduzir a incisão no local da

cirurgia. Sua utilização permite um processo menos invasivo de desgaste parcial do joelho, para preservação do tecido ósseo saudável e dos ligamentos, com o objetivo final de favorecer a recuperação rápida do paciente.

Figura 6A: Mako Surgical: RIO Robotic Arm System - plataforma de simulação cirúrgica tátil interativa. Figura 6B: – CHRISTIE VeinViewer

Fonte: Disponível em: <<http://www.immersion.com/index.html>>VeinViewer® Vision> e <<http://www.christiedigital.com/en-us/medical/products/veinviewer-vision-vascular-access/pages/default.aspx>>

O *VeinViewer*, mostrado na fig. 6B, é empregado na punção venosa. Projeta uma imagem sobre a pele do paciente no ponto alvo. Essa imagem é de boa resolução e atualizada em tempo real, transformando a pele do paciente em uma “tela” de projeção. De maneira que uma luz de infravermelho é projetada com uma distância segura e refletida pelo tecido circundante. Essa informação é capturada e processada gerando uma imagem digital em tempo real, que exhibe as veias presentes no local, bem como a circulação sanguínea do paciente.

2.1.3. Tipos de Interação e Imersão

- **Realidade Virtual**

O termo Realidade Virtual (RV) foi estabelecido de fato, no final da década de 1980 por Jaron Lanier (BIOCA, 1995), artista e cientista da computação que conseguiu convergir dois conceitos antagônicos em um novo e vibrante conceito, capaz de captar a essência dessa tecnologia: a busca pela fusão do real com o virtual. No entanto, foi muito antes da denominação definitiva que surgiram as primeiras propostas e os primeiros resultados que alicerçaram a Realidade Virtual. Trabalha com mundos virtuais desenvolvidos com o uso de alta tecnologia para criar no usuário uma sensação que o mesmo se encontra em outra realidade. Pode-se dizer que se trata de uma avançada interface homem-máquina que simula um

ambiente real. Refere-se também a uma experiência de imersão e interação baseadas em imagens gráficas tridimensionais geradas por computador e técnicas de interação que são responsáveis pela transferência ou mapeamento das entradas do usuário, como posições, movimentos de partes do seu corpo ou comandos, em ações dentro do ambiente tridimensional, gerando uma resposta do sistema, a qual é emitida pelos dispositivos de saída (PINHO, 2000).

A Realidade Virtual (RV) permite ao usuário do sistema, visualizar ambientes tridimensionais, movimentar-se dentro deles e manipular seus objetos virtuais. Os objetos virtuais podem ser animados, apresentando comportamentos autônomos ou disparados por eventos.

Figura 7 - Ambiente virtual visto no monitor

Fonte: Laboratório de Experimentação Remota. Disponível em:
<http://rexlabs.satc.edu.br/site/templates/projetos/index4.php>

O sentido da visão costuma ser preponderante em aplicações de realidade virtual, mas os outros sentidos, como tato, audição, etc. também podem ser usados para enriquecer a experiência do usuário.

A Realidade Virtual (RV) envolve três conceitos:

- a) **Imersão mental:** ocorre quando uma imagem tridimensional é visualizada em uma tela.
- b) **Imersão física:** Requer o uso de periféricos sofisticados como capacetes estereoscópicos e *datagloves*, que dão a impressão de se ter passado através do espelho da tela.
- c) **Navegação:** Capacidade de se mover e de se encontrar no universo virtual. Decorrente da movimentação do usuário no espaço tridimensional,

através de algum dispositivo, como o mouse 3D, comandos de voz ou de gestos detectados por algum dispositivo de captura, resultando na visualização de novos pontos de vista do cenário.

d) Interação: Possibilidade de interagir com a imagem e manipulá-la como se fosse matéria.

A interação do usuário com o ambiente virtual é um dos aspectos importantes da interface e está relacionada com a capacidade do computador detectar e reagir às ações do usuário, promovendo alterações na aplicação (BOWMAN *et al.*, 2004). O usuário, interagindo com um ambiente virtual tridimensional realista, em tempo real, vendo as cenas serem alteradas como resposta aos seus comandos, como ocorre nos videogames atuais, torna a interação mais rica e natural, gerando mais engajamento e eficiência em suas ações.

Kirner e Tori (2006) apontam que a interface baseada em realidade virtual permite que habilidades e conhecimento intuitivos do usuário possam ser utilizados para a manipulação dos objetos virtuais. Mencionam ainda que esse tipo de interação é realizado, através de dispositivos não convencionais, como capacete de visualização ou luvas, o próprio corpo, como gestos e comandos de voz, ou até mesmo dispositivos convencionais como mouse, teclado e monitor de vídeo. O usuário deve ter a impressão de estar atuando dentro do ambiente virtual, apontando, pegando, manipulando e executando outras ações sobre os objetos virtuais em tempo real.

Nada disso seria possível sem a expertise da informática e da robótica, a RV estende as percepções dos nossos cinco sentidos, representando mais do que o real estado das coisas. O conhecimento é construído buscando a informação e explorando um dado como se de fato ele existisse, o que traz maior motivação ao estudante, pois permite o desenvolvimento do trabalho no seu próprio ritmo, explorar em vez de deduzir, aprender de forma ativa, interagindo e facilitando uma análise global e suas inter-relações (MONTERO e ZANCHET, 2003). Pesquisas atuais já demonstram que a aplicação da realidade virtual na educação, de fato, ajuda no processo de ensino e aprendizagem, tornando-o mais eficaz e eficiente. É difícil prever quais os seus benefícios de forma genérica pelo fato de haver vários padrões nas interfaces utilizadas. A tecnologia disponível e as limitações de custo farão com que o nível de sofisticação defina o tipo de aplicação a ser empregado.

- **Realidade Aumentada**

Antes mesmo de adentrarmos especificamente no assunto que aborda Realidade Aumentada (RA), é necessário esclarecer que a comparação entre multimídia e realidade virtual pode ser vista da seguinte maneira:

- Multimídia envolve imagens capturadas ou pré-processadas; prioriza a qualidade das imagens; exige alta capacidade de transmissão; usa técnicas de compressão de dados; atua no espaço 2D; e funciona com dispositivos convencionais.
- Realidade virtual envolve imagens calculadas em tempo real; prioriza a interação com o usuário; exige alta capacidade de processamento; usa técnicas e recursos de renderização (é um processo pelo qual pode-se obter o produto final de um processamento digital qualquer) de modelos tridimensionais e funciona com dispositivos especiais.

Tanto na multimídia, como na realidade virtual, o usuário tem de ser transportado para o domínio da aplicação (ambiente virtual), podendo causar-lhe desconforto frente ao desconhecido, além da necessidade de adaptação e treinamento.

Já a Realidade Aumentada, segundo KIRNER e TORI (2006), pode ser definida por várias maneiras, sendo elas:

- a) O enriquecimento do ambiente real com objetos virtuais, usando algum dispositivo tecnológico, funcionando em tempo real;
- b) Uma melhoria do mundo real com textos, imagens e objetos virtuais, gerados por computador;
- c) A mistura de mundos reais e virtuais em algum ponto da realidade/virtualidade contínua, que conecta ambientes completamente reais a ambientes completamente virtuais;
- d) Um sistema que suplementa o mundo real com objetos virtuais gerados por computador, parecendo coexistir no mesmo espaço e apresentando as seguintes propriedades:
 - Combina objetos reais e virtuais no ambiente real;
 - Executa interativamente em tempo real;
 - Alinha objetos reais e virtuais entre si;

- Aplica-se a todos os sentidos, incluindo audição, tato e força e cheiro (AZUMA *et al.*, 2001).

Figura 8 - Realidade Aumentada aplicada a objeto educacional

Fonte: Feira de Inovação da USP- USPTec -

<http://redeglobo.globo.com/globouniversidade/videos/t/edicoes/v/vitrine-da-producao-cientifica-parte-3/2220044/>

• Realidades Virtual e Aumentada na Educação

Segundo Bimber (2004), citado por Kirner e Tori (2006), a realidade virtual e a realidade aumentada, podem ser comparadas da seguinte forma:

- A realidade aumentada enriquece a cena do mundo real com objetos virtuais, enquanto a realidade virtual é totalmente gerada por computador;
- No ambiente de realidade aumentada, o usuário mantém o sentido de presença no mundo real enquanto que, na realidade virtual, a sensação visual é controlada pelo sistema;
- A realidade aumentada precisa de um mecanismo para combinar o real e o virtual, enquanto que a realidade virtual precisa de um mecanismo para integrar o usuário ao mundo virtual.

• Realidade Misturada

A realidade aumentada está inserida num contexto mais amplo, denominado realidade misturada. Na bibliografia específica tal termo pode ser encontrado de forma indiscriminada, predominando o uso da realidade aumentada.

Para que possa ter uma coerência em suas definições, este trabalho utilizará as seguintes particularizações:

Pode ser definida como a sobreposição de objetos virtuais tridimensionais gerados por computador com o ambiente físico, mostrada ao usuário, com o apoio de algum dispositivo tecnológico, em tempo real. O dispositivo tecnológico, que pode ser um capacete misturador de visão direta ou um capacete de visualização com uma câmera de vídeo acoplada, permite misturar a cena real com objetos virtuais, com o apoio do computador. Em outros casos, o dispositivo tecnológico pode ser um conjunto de câmeras que capturam imagens de pessoas ou objetos reais para serem usadas em processos de reconstrução e inserção desses elementos no ambiente virtual, em tempo real. (KIRNER E TORI, 2006)

Figura 9 - Dispositivos de visualização e interação 3D: Óculos 3D-Sony e luva 5DT Data Glove
Fonte: Óculos e Luvas - <http://www.5dt.com/products/pdataglovemri.html>

Uma maneira mais simples de se obter a realidade misturada consiste no uso de uma webcam para capturar uma cena real, na qual são adicionados objetos virtuais, sendo o conjunto mostrado no monitor. Assim, ao misturar cenas reais com virtuais, a realidade misturada vai além da capacidade da realidade virtual concretizar o imaginário ou reproduzir o real. Agora, a realidade misturada incorpora elementos virtuais ao ambiente real ou leva elementos reais ao ambiente virtual, complementando os ambientes (KIRNER e TORI, 2006).

Figura 10 - Esquema de Realidade Misturada. Fonte: Fundamentos de Realidade Aumentada
Fonte: Kirner e Tori (2006)

• Virtualidade Aumentada

Trata-se da adição de objetos reais a um Ambiente Virtual. Uma definição mais precisa de realidade misturada envolve: a combinação do real com o virtual; a interação em tempo real e o alinhamento tridimensional do real e virtual (AZUMA *et al.*, 2001). No entanto para que tal dispositivo venha ter eficaz funcionalidade, alguns problemas tecnológicos necessitam ser resolvidos, entre eles:

- Rastreamento de objetos reais;
- Alinhamento e calibração das sobreposições no ambiente tridimensional misturado e interação.

Em geral, as soluções são específicas, exigindo uma delimitação bem definida para as aplicações, o que se constitui em obstáculos para aplicações de uso geral (KIRNER E TORI, 2006).

De acordo com Milgran *et al.* (1995), a realidade misturada, abrangendo, tanto a realidade aumentada quanto a virtualidade aumentada, pode ser classificada de acordo com suas diversas formas de visualização, são elas:

- a)** Realidade aumentada com monitor (não imersiva) que sobrepõe objetos virtuais no mundo real;
- b)** Realidade aumentada com capacete (HMD) com visão óptica direta (*see-through*);
- c)** Realidade aumentada com capacete (HMD) com visão de câmera de vídeo montada no capacete;

- d) Virtualidade aumentada com monitor, sobrepondo objetos reais obtidos por vídeo ou textura no mundo virtual;
- e) Virtualidade aumentada imersiva ou parcialmente imersiva, baseada em capacete;
- f) HMD ou telas grandes, sobrepondo objetos reais obtidos por vídeo ou textura no mundo virtual;
- g) Virtualidade aumentada parcialmente imersiva com interação de objetos reais, como a mão, no mundo virtual.

A potencialidade do uso de Realidade Virtual em educação está baseada exatamente nestas características, pelo fato de permitir que o aprendiz explore ambientes, processos ou objetos através da interação, imersão e navegação.

Na área clínica dos cursos de odontologia a aquisição de conhecimentos específicos constitui um dos mais importantes e exigentes processos da formação dos alunos. O desenvolvimento das competências clínicas requer a assimilação de grande quantidade de conhecimentos, combinados à aquisição de habilidade clínica na solução de problemas. E ainda o domínio de dois importantes componentes: o conhecimento do procedimento dos conceitos e a destreza para realizá-los.

As habilidades técnicas são cada vez mais complexas em função do avanço no conhecimento, inovação dos materiais e novas tecnologias. Em paralelo, temos as exigências do mercado que necessita de profissionais cada vez mais capacitados, sem cometer riscos que prejudiquem a saúde do paciente, somando-se a isso temos também a preocupação com a segurança do mesmo.

2.1.4. Modelos Realísticos Tridimensionais

A representação dialética da palavra “modelo” tem sido utilizada em diversas áreas como, por exemplo, na engenharia, na psicologia cognitiva, na educação, na filosofia, no design, na matemática e na biologia, com definições distintas de acordo com o enfoque dado ao tema. Gilbert e Boulter (2000) citados por Krause (2012), definem o termo “modelo” a partir de acepções da palavra encontradas na literatura:

“[...] Um modelo tem sido considerado a representação de uma ideia, objeto, evento, processo, ou sistema'. Modelagem mental é definida como a atividade empreendida por indivíduos, seja sozinhos ou dentro de um grupo. Os resultados dessa atividade podem ser expressos no domínio público por meio da ação, discurso, escrita ou outra forma simbólica. Aqueles modelos expressos, como os definimos, que ganham aceitação social à medida que são testados pela comunidade de cientistas profissionais possuem papel central na condução tanto da pesquisa quanto do desenvolvimento, tornando-se modelos consensuais. Enquanto aqueles modelos consensuais que estão atualmente em uso nas fronteiras da ciência podem ser denominados modelos científicos, aqueles produzidos dentro de um contexto histórico específico podem ser chamados de modelos históricos. Modelos curriculares são aquelas versões de modelos consensuais que são incluídos no currículo de ciências. Modelos de ensino são aqueles desenvolvidos para auxiliar no entendimento de modelos curriculares e, portanto, o fenômeno que representam. Modelos híbridos são aqueles formados para propósitos de ensino, mesclando-se características de vários modelos consensuais distintos em um campo de investigação. Um modelo de pedagogia é aquele utilizado por um professor no planejamento e provisão da educação científica nas salas de aula e laboratórios.” (GILBERT e BOULTER, 2000)

Os aspectos característicos de um “modelo” podem ser percorridos de acordo com sua aplicação. O modelo pode ser uma representação parcial, ou uma abstração, não fundamentalmente semelhante ao objeto, sistema ou ideia representada. Pode representar, além de objetos visualizados, processos, ideias, construídos pela mente humana. Seus objetivos incluem a simplificação de entidades complexas, facilitar a comunicação de ideias e permitir a visualização. Outro fator importante refere-se às modificações que tal modelo pode sofrer disponibilizando a representação de novas formas. Pertinente aos modos de representação, os modelos são externados para o domínio público, os mais expressivos são os seguintes:

- Modo concreto - uso de materiais físicos como metais e isopor;
- Modo verbal - uso de analogias e metáforas no discurso;
- Modo matemático - expressões matemáticas como equações;
- Modo visual - uso de formas gráfico- pictóricas;
- Modo gestual - ações, como movimentos do corpo.

Já a expressão modelos simbólicos inclui o visual, o verbal e o matemático. (GILBERT *et al.*, 2000).

Os modelos expressos demandam a utilização de mais de um modo de representação para melhor explicar um fenômeno. É o caso da utilização concomitante de: gráficos e descrições verbais, animações aliadas a narrações

verbais, dentre outros. Denota-se a estes casos como modos mistos que podem ter prevalência de um ou outro modo de representação (GILBERT e BOULTER, 2000).

Ainda segundo os autores, distinguem outros atributos das representações que permitem classificá-las em: qualitativas ou quantitativas - quanto a relação com a quantificação e precisão, sendo secundário no primeiro caso; estáticas ou dinâmicas - quanto ao comportamento ao longo do tempo, marcadamente com animações no segundo caso; determinísticas ou estocásticas - quanto a reprodutibilidade do comportamento da representação, estando a segunda, ao contrário da primeira, sujeita à variabilidade. Os modelos 3D virtuais utilizados neste estudo apresentam tanto características quantitativas, como preocupação com a escala e posição dos tecidos que envolvem a estrutura craniana, quanto qualitativas, como cores vibrantes para facilitar entendimento.

2.1.5. Representação do Modo Visual e Modo Concreto

O modo de representação visual é aquele que depende prioritariamente deste sentido, a visão. Que podem ser representados por mapeamentos diretos, advindos de fotografias, tomografias, ressonância magnética, por exemplo, ou ainda aqueles que possuem caráter interpretativo, esquemas desenhos dentre outros. As imagens obtidas por meio de tomografia computadorizada, apresentam um alto nível de complexidade e baixo nível de interpretação. Ao propor uma representação, a ser utilizada como objeto de referência, deve-se avaliar os propósitos a que se destina tal imagem.

A forma de representação mais adequada para as imagens depende, além dos propósitos e aos quais se destinam, dos recursos e instrumentos de observação disponíveis, da conveniência e da oportunidade para visualização das entidades/processos que representa. Todos esses aspectos são igualmente aplicáveis ao modo concreto de representação.

Este trabalho utiliza reproduções gráficas de estruturas anatômicas virtuais tridimensionais (Modelos 3D), gerados por meio de computação gráfica, que simulam aspectos visuais no espaço tridimensional para tornar realisticamente visíveis ao olho humano as estruturas citadas e a realização da técnica.

Já o modo concreto de representação, bem como o visual, utiliza o sentido da visão, com a particularidade de tratar com outros sentidos no momento de uma interação do usuário com ele. Ao se tratar de interação aliada com uma representação, os meios não visuais que podem interagir com o sistema háptico é representado pelo volume, textura sentida ao toque e posição dos elementos que o constituem, emite uma resistência tátil no objeto tocado podendo-se até distinguir os materiais utilizados. O que resulta na interação do sujeito com a representação em modo concreto. De forma análoga, pode-se observar que a representação por meio dos estímulos sensíveis ao tato predominantemente, com o uso de controlador háptico ou luvas para realidade virtual estimulam mecanicamente a mão em resposta ao toque de alguma entidade virtual.

2.2.SIMULADORES DE REALIDADE VIRTUAL E REALIDADE AUMENTADA APLICADOS AO ENSINO EM ODONTOLOGIA – REVISÃO SISTEMÁTICA (ANEXO I)

Essa revisão sistemática, foi realizada para investigar sobre pesquisas desenvolvidas a respeito de objetos educacionais, com aplicações de RV e RA, destinados ao ensino em Odontologia e verificar seus impactos na aquisição de conhecimento e desenvolvimento de habilidades nos alunos. Para tanto a pergunta que se fez foi:

Qual é estado da arte de aplicações de RV e RA voltadas ao ensino na área de Odontologia e quais seus impactos na aprendizagem dos alunos?

A primeira etapa deste estudo foi composta pelos estudos preliminares, a fim de identificar e determinar as palavras chaves melhor indicadas para a serem empregadas na etapa de busca da pesquisa. Nessa etapa também foi estabelecido que seriam buscadas publicações do período de 2006 a 2013. Além do período das publicações, os critérios dessa busca inicial foram especificados na string de busca da base de dados, mostrada na tabela 1.

Os resultados das buscas realizadas em cada base de dados, foram organizados conforme os índices: **A** - Nº de documentos retornados; **B** - Nº de

documentos duplicados em outras bases de dados; **C** - Nº de documentos que atenderam aos critérios de inclusão.

Tabela 1. Estudos Preliminares - Base de dados, critérios de busca e resultados

Base de dados pesquisada	String de Busca	Result. / Indices
WEB OF SCIENCE (WEB OF KNOWLEDGE)	Title=(virtual reality OR augmented reality) AND Title=(training OR skills OR ability OR teaching OR learning) AND Title=(dental OR dentistry OR oral OR buccal OR tooth OR teeth) NOT Title=(medicine OR medical or calibration orlaparoscopic)	A = 10 B = 00 C = 10

A partir deste estudo preliminar os termos e sinônimos determinados para busca foram: Virtual Reality; Augmented Reality; Teaching – training, skills, ability, learning; Dentistry – dental, oral, buccal, tooth, teeth; Medicine – medical, calibration, laparoscopic.

Para os estudos secundários foram pesquisadas as bases de dados BIREME (BVS), EMBASE/MEDLINE, SCOPUS e IEEE, cujas strings de busca foram elaboradas com a utilização dos termos e sinônimos especificados porém, empregando os critérios de busca conforme as particularidades do sistema de busca de cada base. As strings geradas foram:

Tabela 2. Estudos Secundários – Bases de dados, critérios de busca e resultados

BIREME (BVS)	(virtual reality OR augmented reality) AND (training OR skills OR ability OR teaching OR learning) AND (dental OR dentistry OR oral OR buccal OR tooth OR teeth)
EMBASE/MEDLINE	reality AND (virtual OR 'augmented') AND ('training' OR 'skills' OR 'ability' OR 'teaching' OR 'learning') AND (dental OR 'dentistry' OR 'oral' OR 'buccal' OR 'tooth' OR 'teeth') NOT medicine NOT calibration NOT laparoscopic
SCOPUS	reality AND (virtual OR augmented) AND (training OR skills OR ability OR teaching OR learning) AND (dental OR dentistry OR oral OR buccal OR tooth OR teeth) AND NOT medicine AND NOT calibration AND NOT laparoscopic
IEEE	(virtual reality OR augmented reality) AND (training OR skills OR ability OR teaching OR learning) AND (dental OR dentistry OR oral OR buccal OR tooth OR teeth) NOT (medicine OR medical OR calibration OR laparoscopic)

RESULTADOS					
BIREME (BVS)	A = 18 B = 06 C = 14	SCOPUS	A = 24 B = 03 C = 05	TOTAIS + WEB OF SCIENCE	A = 74 B = 12 C = 31
EMBASE/MEDLINE	A = 14 B = 03 C = 06	IEEE	A = 08 B = 00 C = 03		

Dentre os resultados de busca, a revisão verificou conjuntos de publicações sobre as mesmas pesquisas, podendo ser observado que as publicações iniciais se concentraram principalmente nas fundamentações para compreender a aplicabilidade e importância de simuladores, com tecnologia de RV e RA, para o ensino na Odontologia. Os avanços dessas pesquisas se direcionaram para o desenvolvimento das aplicações e de testes de avaliação de desempenho de alunos com o emprego das aplicações, para avaliar suas efetividades. As publicações com resultados de testes de avaliação de desempenho dos alunos ocorrem na sua maioria a partir de 2012. As tabelas 3, 4 e 5 apoiam esta colocação, mostrando um histórico das pesquisas dos autores referenciados:

Tabela 3. Estudos Secundários – Bases de dados, critérios de busca e resultados

Autores	Ano	Publicação
Ben-Gal, Gilad / Ben-Gal et. al.	2011	Preliminary assessment of faculty and student perception of a haptic virtual reality simulator for training dental manual dexterity. <i>Journal of dental education</i>
	2013	Testing manual dexterity using a virtual reality simulator: reliability and validity. <i>European Journal of Dental Education</i>

Tabela 4. Estudos Secundários – Bases de dados, critérios de busca e resultados

Autores	Ano	Publicação
Suebnuarn S., Haddawy P., Rhienmora P., Gajananan K.	2010	Haptic Virtual Reality for Skill Acquisition in Endodontics <i>Journal of Endodontics</i>
Suebnuarn Siriwan; Haddawy Peter; Rhienmora Phattanapon; et al.	2010	Augmented kinematic feedback from haptic virtual reality for dental skill acquisition <i>Journal of Dental Education</i>
Suebnuarn, Siriwan	2010	Teaching dentistry by means of virtual reality -- the Geneva project. <i>International Journal of Computerized Dentistry</i>

Suebukarn, S.	2011	Access cavity preparation training using haptic virtual reality and microcomputed tomography tooth models <i>International Endodontic Journal</i>
Suebukarn, S.	2011	Training of maxillofacial surgeon: Leveraging technology. the African perspective <i>International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery</i>
Rhienmora et. al.	2012	Intelligent dental training simulator with objective skill assessment and feedback. <i>Artificial intelligence in medicine</i>

Tabela 5. Estudos Secundários – Bases de dados, critérios de busca e resultados

Autores	Ano	Publicação
Yamaguchi, S., Yoshida, Y., Noborio, H., Murakami, S., Imazato, S.	2013	The usefulness of a haptic virtual reality simulator with repetitive training to teach caries removal and periodontal pocket probing skills <i>Dental Materials Journal</i>
Yamaguchi et. al.	2013	The usefulness of a haptic virtual reality simulator with repetitive training to teach caries removal and periodontal pocket probing skills. <i>Dental materials journal</i>
Yoshida et. al.	2012	Development of a multi-layered virtual tooth model for the haptic dental training system. <i>Dental materials journal</i>
Yoshida Yoshinori; Yamaguchi Satoshi; Wakabayashi Kazumich; et al.	2009	Virtual Reality Simulation Training for Dental Surgery <i>Medicine Meets Virtual Reality 17 - Nextmed: Design for/the Well Being</i>
Noborio, H.; Sasaki, D.; Kawamoto, Y.; Tatsumi, T.; Sohmura, T.	2008	Mixed reality software for dental simulation system <i>Haptic Audio visual Environments and Games, 2008. HAVE 2008. IEEE International Workshop</i>

Outro ponto a ser destacado é utilização de interface háptica como recurso responsável por possibilitar a interatividade gestual do aluno com o simulador, que é empregado na manipulação do objeto virtual e em promover o retorno de percepção tátil para o aluno. Nas fontes pesquisadas, não foram verificados recursos mais avançados que o controlador háptico para aplicação no ensino de odontologia. Apesar de na atualidade já haver tecnologias de interação com o objeto virtual mais avançadas, tal como a captura de movimentos realizada pelo *kinect* da *Microsoft*, segundo Ben-Gal (2001), na atividade odontológica, em função da sua demanda de movimentos de precisão diretamente ligados à sensação tátil, torna o uso desta interface apropriada para sintonizar um estímulo de sensação genuína.

Os resultados também mostraram que há um número crescente de pesquisas sendo realizadas, principalmente a partir de 2007, tendo como tema central o estudo, desenvolvimento e aplicabilidade de simuladores de RV destinados ao ensino em Odontologia.

Respondendo à pergunta originária da presente revisão, todos os autores das publicações, resultadas por esta pesquisa, corroboram que simuladores com tecnologia de RV e RA empregados no ensino em Odontologia são capazes de contribuir positivamente para o processo de ensino aprendizagem, na aquisição e aprimoramento do conhecimento e desenvolvimento de habilidades. As contribuições destacadas se concentraram principalmente nos seguintes aspectos:

- Melhora no tempo de execução das atividades de simulação;
- Diminuição dos erros de procedimento cirúrgico odontológico;
- Comparações entre as semelhanças das atuações no método tradicional e no ambiente de simulação;
- Repetitividade do treinamento em quantidade de vezes que for necessária;
- A absorção e/ou aprimoramento do conhecimento foi compreendido como um processo que ocorre de forma paralela e intrínseca ao da simulação.

Esta pesquisa fundamenta, então, a presente tese, mostrando que as instituições de ensino em Odontologia vêm buscando meios mais eficientes, inovadores e estimulantes, a fim de promover um avanço importante nessa área, para evoluir o nível dos seus alunos formados. Assim, o uso de simuladores com tecnologia de RA e RV nas faculdades de odontologia já não é mais uma tendência, mas uma realidade. Os avanços das pesquisas apontam para as próximas etapas que envolvem, principalmente, o aprimoramento do retorno háptico e da interface gráfica, com o objetivo de conseguir maior realismo em ambos os aspectos.

Todo o processo desta revisão sistemática foi desenvolvido por dois pesquisadores, com o auxílio inicial de funcionários da biblioteca da FOB/USP. Considera-se que os documentos apresentados originam de fontes relevantes para as áreas da saúde em odontologia e de sistemas digitais, e que a amostragem resultante desta revisão evidencia o estado da arte do emprego de tecnologia de RV

e RA no ensino de odontologia, em função do nível dos estudos apresentados, bem como dos resultados das avaliações de impacto dos mesmos, quanto a absorção de conhecimento e desenvolvimento de habilidades nos seus contextos. As referidas avaliações mostraram a importância e a eficácia das aplicações utilizadas, e ressaltaram a necessidade de inclusão da prática dessas ferramentas na grade curricular dos cursos de graduação em odontologia.

2.3.O DESIGN NO DESENVOLVIMENTO DO OBJETO 3D E DO AMBIENTE DE SIMULAÇÃO, COM A APLICAÇÃO DE TECNOLOGIA DE REALIDADE AUMENTADA, NAS SUAS FACES INSTRUCCIONAL E DE INTERAÇÃO

Em projetos de ambientes virtuais, Fencott (1999), observa que os elementos visuais/estéticos e de engenharia, em termos de percepção e estrutura, têm aplicações complementares, sendo atribuída à engenharia de sistemas habilidades para desenvolver modelagens estruturais eficientes. Porém estas habilidades se limitam quando se trata de modelagem de estruturas voltadas à percepção do indivíduo, com atributos de visualização 3D realística, devendo portanto, essas duas áreas atuarem de forma simultânea e interativa. Nesse contexto, considera-se que a implicação dos conceitos de Design de Interação está diretamente ligada aos conceitos de HCI (Interação Homem-Computador), no desenvolvimento de uma interface de simulação em ambiente de Realidade Aumentada.

Freitas (2006), entende que no universo dos objetos dinâmicos e contextuais, o fenômeno da interatividade ocorre nas duas direções e de forma concomitante, em meio a um processo de sinergia, onde há a intenção de alguma ação que parte do indivíduo - num impulso de interatividade com o objeto, e frente a isso, ocorre um "comportamento" de reação do objeto, em relação a esse indivíduo, dentro de um conceito de simultaneidade interativa entre objetos e seus respectivos usuários.

Nesse conceito de relação do bidirecional do usuário e a interface, segundo Preece *et al.* (2002), ao perceber as novas oportunidades tecnológicas, os

pesquisadores e profissionais foram levados a considerar sua diversidade de áreas de aplicação, com base na atuação do design cada vez mais preocupado com o lúdico – percepção, como agente incentivador da exploração, ancorado nos atributos de usabilidade e naqueles decorrentes da experiência do usuário. Considerando a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel (1963, 1968, 1982), onde as experiências cognitivas e afetivas do indivíduo constituem o conjunto de conhecimentos prévios adquiridos pelo mesmo, chamado de elementos subsunçores, que numa condição de disposição deste indivíduo em relacioná-los a um novo conceito ou informação apresentados, faz ocorrer um processo efetivo e permanente de aprendizado.

Nesse sentido, a instrução dos alunos, por meio de simulação, ocorre no contexto de construção do conhecimento continuado, de maneira que o intuito de instruir se encontra intimamente relacionado com a busca e compreensão específica do que está sendo manipulado.

A tecnologia já é parte do processo educacional, como elemento fundamental para fomentar, dinamizar, compartilhar e disseminar o conhecimento. Qualquer programa que demande recursos multimídia, e que queira atingir sua meta, deve focar, sobretudo, as necessidades presentes no processo de ensino-aprendizagem, sob o ponto de vista dos professores e dos alunos. Numa reflexão sobre a teoria do processo de aprendizagem piagetiana, Ferreira e Gobara (2006) esclarecem que “[...] O sujeito, ao agir sobre o objeto, assume o papel principal do processo de aprendizagem. O conhecimento que o sujeito vai construindo a respeito da realidade se origina e desenvolve na interação com os objetos”. (FERREIRA e GOBARA, 2006, p. 5). Por isso, em projetos dessa natureza, devem ser considerados fatores pertinentes ao usuário como idade, base cultural e sócio-econômica, interesses e experiências, nível educacional, além de suas características psicofísicas.

De maneira que ao Design apresenta-se o desafio da construção de modelo 3D da boca, na sua região do nervo alveolar inferior, envolvendo toda sua complexidade visual na atribuição do aspecto natural e característico do real, relevando as condições de interação do aluno com a interface, e desta com o aluno, no processo de simulação.

No aprendizado, mediado por tecnologias, é importante entender como os diversos tipos de tecnologias disponíveis podem atender às necessidades educacionais variadas. E, para alcançar esse entendimento, é imprescindível saber que há certo consenso em agrupar as tecnologias de informação e comunicação em três grandes categorias com diferentes aplicações educacionais que, segundo Filatro (2008) são:

- **Distributivas:** do tipo um-para-muitos, pressupõem um aluno passivo diante de um ensino mais diretivo. As tecnologias distributivas são muito empregadas quando o objetivo é a aquisição de informações. Por exemplo: rádio, televisão, *podcasting*.
- **Interativas:** do tipo um-para-um, pressupõem um aluno mais ativo que aprende, no entanto, de forma isolada. As tecnologias interativas são bastante usadas quando o objetivo é o desenvolvimento de habilidades. Por exemplo: multimídia interativa, jogos eletrônicos de exploração individual, simulador de treinamento.
- **Colaborativas:** do tipo muitos-para-muitos, pressupõem a participação de vários alunos que interagem entre si. As tecnologias colaborativas são apropriadas quando o objetivo é a formação de novos esquemas mentais. Por exemplo: salas de bate-papo, fóruns, editores colaborativos de texto.

O Designer busca, pensa e compreende as necessidades humanas através da observação do mundo, para criar soluções e objetos estabelecendo qualidade e funcionalidade (LEITE, 2006, citado por HARADA *et al.*, 2010), considerando que as habilidades técnicas estão cada vez mais complexas em função do avanço no conhecimento, inovação dos materiais e novas tecnologias. Em paralelo temos as exigências do mercado, que necessita de profissionais cada vez mais capacitados, somadas as preocupações com a segurança do mesmo e do público paciente. Aspectos comportamentais e cognitivos ganham importância para a formação do conceito de um projeto. Em design, projeta-se não apenas para um homem, mas para o indivíduo com hábitos, costumes e necessidades particulares e específicas, levando em conta também a relação que o indivíduo tem com a tecnologia e seu uso no dia-a-dia. Assim, [...] “O design tem o poder de enriquecer nossa vida envolvendo nossas emoções por meio de imagens, formas, texturas, cores, sons e aromas. A natureza intrinsecamente centrada no ser humano do

design Thinking aponta para o próximo passo: podemos utilizar nossa empatia e conhecimento das pessoas para projetar experiências que criem oportunidades para o envolvimento e a participação ativa.” (BROWN, 2009, p.109)

Na presente dinâmica revolução da informática e das telecomunicações, a reorganização e a produção das ciências impõem um repensar da forma do conhecimento em seu sentido mais amplo. Hoje o Design se depara com novos olhares e possibilidades de compreensão do que significa educar o homem, em diferentes campos da ciência, com distintos contextos geopolíticos e pertencentes a múltiplas realidades sociais, indicando a necessidade de se investir em práticas educacionais que tenham na participação crítico-reflexiva um pilar fundamental.

O Design, como área de conhecimento atuante no campo multidisciplinar, também tem seu foco na educação contemporânea. Sob essa ótica evolui as discussões a respeito de métodos e avaliação dos processos de aprendizagem, buscando valorizar a “totalidade” e abstrair as práticas tradicionais, observando as expectativas do público imerso nas novas tecnologias, e que atenda a necessidade de resolução dos problemas das organizações.

Segundo Padovani (2012), o *User Experience Design* (UX) volta-se ao trabalho destinado a tornar a interação com os sistemas digitais agradável, simples e significativa. Pois, quanto mais amigável for essa interação, mais tempo o usuário empenha interagindo com a mesma, gerando maiores chances na geração de novos conhecimentos. Neste contexto o UX Design estuda a interface do ponto de vista do ser humano e, basicamente, não precisa de nenhuma linguagem de programação para fazer o seu trabalho. Necessita ter conhecimentos conceituais de ergonomia, usabilidade, arquitetura de informação e interação, para aplicar as ferramentas de desenvolvimento próprias do Design. Este campo de estudo é relativamente novo no Brasil, enquanto nos países de língua inglesa já se encontra em estágio avançado.

A partir de uma visão multidimensional, a tecnologia de RA, aplicada à simulação e treinamento dos estudantes de odontologia da FOB-USP, possibilitará uma inovadora e coerente forma de interação homem-máquina, que coloca o indivíduo no centro da concepção do design. A potencialidade do uso de Realidade Aumentada em educação está baseada exatamente nestas características, pelo fato

de permitir que o aprendiz explore ambientes, processos ou objetos através da interação, imersão e navegação; ou seja, dentro do próprio ambiente de estudo.

A realidade aumentada, inter-relacionada com a odontologia e a educação, está a caminho de se tornar uma ferramenta de produtividade para o Design. O leque de campos de aplicação é vasto e as aplicações iniciais dessa tecnologia já demonstraram o seu valor. A RA pode ajudar os designers a compreender o espaço de forma mais eficaz, permitindo a eles visualizar e interagir com seus projetos de forma mais intuitiva. Uma abordagem multidisciplinar, na investigação e desenvolvimento, realizada em parceria com os potenciais usuários dessa tecnologia, nesse caso em específico os estudantes de odontologia da FOB-USP, tem grande chance de ampliar o seu uso. Vislumbrando um cenário de integração e refletindo sobre a inquietante presença da inovação, que as novas tecnologias interativas proporcionam, a abordagem sistêmica remete a discussão e quebra de paradigmas pré-estabelecidos no campo da ciência, pela abrangência e complexidade na resolução dos problemas.

2.4. MULTIDISCIPLINARIDADE: Odontologia + Design + Sistemas Digitais

Com o avanço da ciência e tecnologia, podemos compreender melhor a necessidade da busca do conhecimento em múltiplas áreas do saber. A pesquisa moderna tem ampliado seu conhecimento científico, revelando um caráter multidisciplinar das ciências. Para os estudantes de hoje, este avanço se traduz em aprendizado de um leque mais que diversificado de conceitos, normalmente em menos tempo, e sem o apoio de recursos específicos. Hoje, tais estudantes podem se beneficiar da tecnologia nas mais diversas formas de interação e aprendizagem. Uma delas é poderem dispor do apoio de suplementos como bases de dados de imagens, que servem como referências inovadoras para informação biomédica, assim como conteúdos multimídia. Tais ferramentas visam transformar o processo de aprendizagem em um processo ativo, onde os alunos podem visualizar, interagir com um conteúdo dinâmico e testar os seus conhecimentos. Esta ponte promove a compreensão conceitual, preenchendo as lacunas do conhecimento e desenvolvendo a solução de problemas e habilidades de pensamento crítico, todos

essenciais para o bom desenvolvimento dos componentes que envolvem a informática, treinamento e áreas do saber.

As relações entre Design, Odontologia e Sistemas Digitais, embora pareçam áreas que se distanciam, em muitos aspectos se apoiam em conceitos, pesquisas, metodologias e formas de concepção distintas, mas sobretudo podem somar seus conhecimentos de forma efetiva num ambiente múltiplo cada vez mais exigente.

O Design é relativamente novo, se considerarmos sua existência de cerca de cento e cinquenta anos (uma idade difícil de precisar historicamente) comparada a outras ciências. Então, como uma disciplina “jovem” pode contribuir num cenário tão consolidado? Estes três campos – o Design, a Odontologia e o Sistemas Digitais, articulam seus conhecimentos por meio da transdisciplinaridade. Entender como o conhecimento passa entre, além e através das disciplinas que fazem parte do universo de cada área, pode colaborar para uma maior compreensão da realidade que todos buscam. Os objetivos finais são comuns em todo projeto - atender a uma necessidade, solucionar problemas, gerar soluções criativas, inovadoras e viáveis, pensar no meio-ambiente, nortear qualidade de vida ao usuário, encontrando caminhos que aproveitem ao máximo as qualidades específicas de cada disciplina, respeitando suas individualidades.

Podemos verificar a complexidade da definição do termo transdisciplinaridade, pois o mesmo envolve distintos enfoques científicos, segundo Pires (1998), uma das questões que se coloca para discussão é a das diferenças de fundo entre os conceitos de disciplinaridade, multidisciplinaridade, interdisciplinaridade e transdisciplinaridade. É preciso identificar, conceitualmente, as diferenças entre eles. A ideia de integração e de totalidade que, aparentemente, perpassa estes conceitos tem referenciais teórico-filosóficos diferentes e inconciliáveis. Uma organização do ensino interdisciplinar é diferente da organização multidisciplinar ou transdisciplinar e muito diferente da organização de ensino disciplinar. As diferenças aqui, não são de grau ou nível de integração como em geral aparece nos discursos dos educadores.

As definições que simplificam tais termos são:

1. Disciplina — constitui um corpo específico de conhecimento ensinável, com seus próprios antecedentes de educação, treinamento, procedimentos, métodos e áreas de conteúdo.

2. Multidisciplinaridade — ocorre, quando “[...] a solução de um problema torna necessário obter informação de duas ou mais ciências ou setores do conhecimento sem que as disciplinas envolvidas no processo sejam elas mesmas modificadas ou enriquecidas”. (PIAGET, 1973) Poder-se-ia dizer que, na multidisciplinaridade, as pessoas no caso as disciplinas do currículo escolar, estudam perto, mas não juntas. A ideia aqui é de justaposição de disciplinas (ALMEIDA FILHO, 1997).

3. Interdisciplinaridade — ainda segundo Piaget (1973), o termo interdisciplinaridade deve ser reservado para designar “[...] o nível em que a interação entre várias disciplinas ou setores heterogêneos de uma mesma ciência conduz a interações reais, a uma certa reciprocidade no intercâmbio levando a um enriquecimento mútuo”. (PIAGET, 1973)

“[...] A interdisciplinaridade se apresenta como problema pelos limites do sujeito que busca construir o conhecimento de uma determinada realidade e, de outro lado, pela complexidade desta realidade e seu caráter histórico. Todavia esta dificuldade é potencializada pela forma específica que os homens produzem a vida de forma cindida, alienada, no interior da sociedade de classes.” (FRIGOTTO, 1995)

4. Transdisciplinaridade — continuando com Piaget (1973), o conceito envolve “[...] não só as interações ou reciprocidade entre projetos especializados de pesquisa, mas a colocação dessas relações dentro de um sistema total, sem quaisquer limites rígidos entre as disciplinas”. (PIAGET, 1973) Há quase três décadas, Piaget considerou a transdisciplinaridade como um sonho. Hoje seu sonho é uma realidade. Ainda segundo Almeida Filho (1997), a transdisciplinaridade insere-se na busca atual de um novo paradigma para as ciências da educação, bem como para outras áreas. Na saúde coletiva, por exemplo, busca no holismo e na teoria da complexidade uma referência teórica que, embora venham se constituindo em um referencial interessante, ainda estão pouco compreendidos (GRÜN, 1995).

Entretanto, “[...] a transdisciplinaridade, como o prefixo trans indica, lida com o que está ao mesmo tempo entre as disciplinas, através das disciplinas e além de

todas as disciplinas. Sua finalidade é a compreensão do mundo atual, para o que um dos imperativos é a unidade do conhecimento”. (NICOLESCU, 1996)

Este recorte tem o objetivo de possibilitar o aprofundamento de nosso estudo, que é uma necessidade metodológica legítima e necessária, porém destaca-se como um dos braços para garantir a formação integral dos indivíduos com a soma de novos instrumentos.

2.5. EDUCAÇÃO, TREINAMENTO E FORMAÇÃO PROFISSIONAL E NOVAS TECNOLOGIAS: UMA CONTEXTUALIZAÇÃO NECESSÁRIA

Hoje se faz necessário que levantemos um questionamento: Você prefere ser submetido a uma intervenção cirúrgica por um médico treinado ou educado?

Esta é a dúvida que, geralmente, se observa no meio dos encontros científicos em que a proposta de utilização da tecnologia de RA (Realidade Virtual Aumentada), como recurso de ensino em processos de formação profissional é apresentada. Esta está atrelada, entre outras razões, ao usual preconceito daqueles que não se permitem ao menos conhecer. Na tentativa de sustentá-lo, utilizam-se de justificativas econômico-sociais, muitas das quais ainda refletem a realidade brasileira, mas que não excluem o papel social da pesquisa científica, na busca pela construção do conhecimento como uma das formas de elevar as condições de vida da população. Parece óbvio que a utilização das Tecnologias da Comunicação e Informação anda par-e-passo com sua apropriação pela sociedade. Entretanto, no contexto do século XXI, no qual a presente geração encara e utiliza os recursos tecnológicos de forma simples e rotineira, não entendê-las como aliadas dos processos educativos certamente significa retrocesso. Para além dos modismos criados pela indústria da informática, que forçam seu consumo ao mesmo tempo que ampliam o acesso de seus produtos a diferentes camadas da sociedade, no que concerne à área da Educação, os produtos educativos informáticos ganharam lugar significativo, principalmente, devido a sua característica de impor “o fazer” tanto para o educando como para educadores e, tal característica por si só, já é educativa.

Barilli (2007) afirma que, “[...] lançar mão da tecnologia na educação requer, antes de mais nada, o desenvolvimento de habilidades específicas

decorrentes, pode-se dizer da experenciação, da repetição, do treinamento. Para Chiavenato (2002), “[...] o treinamento utiliza procedimento sistemático e organizado pelo qual se aprende conhecimentos e habilidades técnicas para um propósito específico”. Já Milkovich & Boudreau (2002) definem treinamento como um processo sistemático para promover a aquisição de habilidades, regras, conceitos ou atitudes que resultem em melhoria e adequação do trabalhador ante às exigências dos papéis funcionais. Marra (2002) correlaciona o treinamento à execução de tarefas. Com base em tais afirmações, pode-se inferir que o treinamento se traduz em fase educativa essencial para execução do trabalho técnico. Adotando este raciocínio, mais do que considerar as diferenças semânticas entre os termos treinamento e educação, se faz necessário entender que o treinamento configura-se como parte prática que compõem a educação. No que diz respeito ao objeto, Educação e Treinamento são complementares, uma vez que o treinamento, na medida em que possibilita “o fazer”, contribui para o entendimento, a crítica e a transformação do indivíduo; estes últimos fatores são o alvo de todo processo educacional.” (BARILLI, 2007)

Ainda afirma que “[...] contudo, espera-se, então, que a resposta para a questão que introduz este item seja: Preferir *ser submetido a uma intervenção cirúrgica por um médico EDUCADO*, subentendendo-se tratar-se de um profissional que apreendeu os conceitos fundamentais de sua especialidade, bem treinado com isso, dominando as diversas técnicas que envolvem o desempenho das atividades inerentes ao seu processo de trabalho, portanto, domina a sua prática laboral relacionando-a tanto à análise, planejamento e decisão de seu proceder ante as diferentes realidades e casos, quanto das habilidades motoras correlatas. E ainda, reconhece as implicações decorrentes das decisões adotadas, além de agir com responsabilidade enxergando, no outro, o sujeito de seu exercício profissional, configurando, assim, um perfil ético, técnico e humano.” (BARILLI, 2007)

No campo científico, entretanto, espera-se que a RA seja vista como uma tecnologia multidisciplinar que abrange, desde a informática, as interfaces homem-computador (comportamento de entidades tridimensionais, interação em tempo real etc.), a educação (psicopedagogia, formação e treinamento, cognição etc.), entre outras, capaz não só de comunicar, ensinar, reabilitar e inserir o ser humano.

Aliado a isso, sabe-se que uma boa formação não é garantia de uma boa colocação no mundo do trabalho. Sochaczewski (1998), aponta que considerar a formação como único caminho pode desencadear a ideia de transferir para o trabalhador a responsabilidade pelo desemprego. Ao contrário, o objetivo, aqui, é apontar caminhos que contribuam para a construção de patamares sociais mais justos e igualitários e, desta forma, cumprir o papel da própria ciência.

2.5.1. DESIGN INSTRUCIONAL – Interface contextualizada

Interface é aquilo que permite ao homem interagir com dispositivos digitais. É o que faz a intermediação da comunicação humana com microprocessadores. Em outras palavras, é o que torna as funcionalidades de produtos visíveis, acessíveis e usáveis (BRAGA, 2012). O design de interface é o projeto da representação onde ocorrem as experimentações de interação, é aquilo que se vê, ouve e sente. O design de interface faz parte do design de interação e, interação tem a ver com o comportamento que permite que haja troca de informação entre entidades (pessoas, máquinas e sistemas) por diversas maneiras. Design de interação corresponde a projetar para as experiências de troca, com foco nas atitudes das pessoas. (SAFFER, 2010).

A compreensão do significado do termo “design instrucional” pode ser contextualizada como:

- A palavra Design provem do vocabulário do inglês antigo (1588) e significa propósito, intenção. O design é observado como um tipo de construção que envolve complexidade e síntese, podendo ser compreendido como a ação de estabelecer objetivos futuros e de encontrar meios e recursos para cumpri-los. (RAMOS e SANTOS, 2006)
- A palavra instrucional necessita de uma atenção bem específica para que não seja apenas identificada como instrução ou treinamento. Segundo Filatro (2004) “instrução é uma atividade de ensino que se utiliza da comunicação para facilitar a compreensão da verdade.” (RAMOS e SANTOS, 2006)

Para Filatro (2004) o processo de contextualização do design instrucional se deu a partir do Programa Oficial da Disciplina, traduzido em uma proposta inicial de atividades pré-especificadas, espelhadas na programação de um ambiente virtual, segundo uma agenda de liberação progressiva de atividades e recursos

tecnológicos. O planejamento era visualizado pelos alunos através do Guia das Aulas, publicado e atualizado semanalmente a partir da observação das atividades implementadas, da participação dos alunos e da análise das avaliações “formais e informais”.

Já no contexto dos mundos virtuais a informação é organizada em ambientes sociais mais amplos e livres para exploração e interação, como por exemplo os games, porém de forma mais estruturada. As simulações educacionais, por sua vez, se estruturam em processos rigorosos que visam desenvolver habilidades específicas a serem transferidas ao mundo real. Ou seja, estariam voltadas para objetivos educacionais mais definidos, visando a aplicação do aprendizado. Porém, os “elementos de simulação” representam objetos ou situações, envolvem interações entre os usuários, estimulam a prática e possibilitam transferência do aprendizado e de habilidades para o mundo real. É importante que o contexto da simulação esteja alinhado com o contexto da situação real que se pretende simular e tecnologias mais atuais permitam inclusive misturar elementos da realidade nas próprias simulações.

O desenvolvimento dos objetos 3D, representado por meio de modelagem das camadas de tecidos da cabeça, com características anatômicas e morfológicas reais, objeto deste trabalho, são os elementos pedagógicos, baseados na teoria do design instrucional, com objetivos de aprendizagem, construção de conteúdos instrucionais e a decisão sobre o que ensinar. Ligado ao mesmo, devem acompanhar os elementos de simulação para garantir que o tempo do aluno seja utilizado produtivamente. Assim, a combinação adequada entre elementos de simulação e pedagógicos deve servir não apenas para orientar a produção de conhecimento específico adquirida pelas simulações educacionais, mas também de currículos, cursos e disciplinas, objetos e ambientes de aprendizagem.

2.6. CARACTERIZAÇÃO DO AMBIENTE DE APRENDIZAGEM

Aprender resolvendo problemas é a base que norteia o modelo de aprendizagem com base em simulação, em vista de que este favorece ao aluno adquirir conhecimento por meio das experiências do seu cotidiano. Especificamente no contexto do ensino da técnica de **Anestesia Infiltrativa - Bloqueio do Nervo Alveolar Inferior**, o aluno realiza a análise e síntese da informação conhecida e

identifica as lacunas que necessitará preencher para o aperfeiçoamento do conhecimento teórico adquirido em sala de aula. Esse processo aliado a discussões em grupo e acompanhado por um professor, resulta numa forma de levar o aluno a aprender a aprender. Para Araújo e Rodrigues (2006), o principal fundamento do método é “ensinar o aluno a aprender, buscando conhecimentos variados por meio de difusão”. Mencionam ainda que os principais objetivos do método são: desenvolver, no estudante, habilidades de gerenciar o próprio aprendizado, integrar o conhecimento, identificar e explorar áreas novas.

Fundamentalmente, o objetivo geral da simulação da técnica de anestesia infiltrativa do bloqueio do nervo alveolar inferior é melhorar a aquisição de conhecimento específico em odontologia, por meio do treinamento e ensino de estudantes de graduação e de profissionais odontólogos em geral. Na prática, os estudantes de odontologia aprendem a lidar com situações inesperadas do dia-a-dia por meio de tentativa e erro: seja observando profissionais mais experientes; seja simulando procedimentos clínico/prático ou, até mesmo, praticando os seus primeiros experimentos com os próprios pacientes reais. Obviamente há uma necessidade de maior preparo destes futuros profissionais antes de serem lançados no mercado de trabalho.

Uma forma de melhorar as habilidades práticas e cognitivas dos estudantes é oferecer a eles avaliações formativas e proporcionar-lhes meios e oportunidades para a reflexão sobre o seu aprendizado (DE PAOLA, 2008). Para tanto, o uso e a contribuição das tecnologias imersivas que, neste caso, é a possibilidade de realizar simulações de procedimentos clínicos bem sucedidos e minimamente invasivos, são os sistemas gráficos interativos e de realidade aumentada para realização da técnica de anestesia infiltrativa do bloqueio do nervo alveolar inferior.

Observa-se que a maioria dos sistemas de simulação são baseados no processamento e análise de imagens modeladas com características morfológicas e anatômicas realísticas, com bases referenciais de imagens oriundas de ressonância magnética ou tomografia, que oferecem uma oportunidade única àqueles que têm interesse em aprimorar o conhecimento na área, preservando ou melhorando o nível de detalhe do ensino tradicional. A busca por procedimentos que sejam cada vez menos invasivos tem razões científicas e sociais. A área de ensino cobre um espectro amplo, desde o ensino de anatomia para estudantes da área da saúde, até

o treinamento de profissionais em procedimentos cirúrgicos especializados. Vários sistemas educacionais têm sido propostos os quais utilizam tecnologias de computação, incluindo técnicas de Multimídia e uso de Ambientes Virtuais Imersivos (EL-KHALILI e BRODLIE, 1998).

No ensino de graduação do curso de odontologia da Faculdade de Odontologia de Bauru-FOB, os alunos praticam os métodos tradicionais, orientados pelos professores, responsáveis pela disciplina, para o treinamento e ensino das técnicas de anestesia, entre elas a técnica do bloqueio do nervo alveolar inferior. Para aquisição de tais habilidades, os alunos exercitam os procedimentos em pacientes vivos, inicialmente uns nos outros, sob a supervisão do professor. Contudo, observa-se algumas limitações em tais procedimentos, por conta da preocupação e segurança do paciente.

PROPOSIÇÃO

3. PROPOSIÇÃO

Na última década, observa-se que o processo de disseminação e consolidação do uso de tecnologias aplicadas à educação e saúde vem crescendo em complemento a revolução no acesso às tecnologias digitais. Segundo Lora (2012), essa mudança contínua tem formado gerações com características visivelmente distintas na apropriação de informação, os chamados "Nativos Digitais" e "Imigrantes Digitais" (PRENSKY, 2001), termos utilizados para identificar, respectivamente, indivíduos que cresceram imersos em tecnologias digitais, daqueles que foram criados sem contato com essas tecnologias. Tal descompasso de gerações foi observado por Bennett *et al.* (2008), e debatido na primeira década deste milênio, como um desafio a ser enfrentado pelo desenvolvimento profissional e de recursos na educação.

Filatro (2004) aponta o Design Instrucional como a área do Design voltada ao estudo de sua aplicação na educação/treinamento/orientação para atuação também frente as novas tecnologias. Nesse contexto, o design instrucional procura respostas para responder por que a autonomia e independência dos profissionais não é transportada para a prática dos educadores, visto que esta condição é necessária para melhor aproveitar os recursos tecnológicos nos ambientes disponíveis, o que tornaria o processo de ensino-aprendizagem mais eficaz. Mattar (2010) faz menção a nova geração de alunos nativos digitais, habituada a interfaces tridimensionais que procura novos modelos de conteúdo, novas atividades e outras formas de relacionamento que os incentivem a "estudar" e, principalmente, a aprender.

Com foco voltado a este perfil de público e atuante na área médica, foi desenvolvido o framework *ViMet*, com a utilização técnicas de Realidade Virtual, para treinamento médico. O ViMeT foi desenvolvido em torno da possibilidade de inserção de novas técnicas para cada funcionalidade e a combinação entre as várias técnicas utilizadas para construir novas aplicações. Este princípio favorece a otimização da construção de ferramentas para simulação de exames de punção, dentro do contexto de RV aplicada à Medicina (OLIVEIRA, 2007).

Segundo Oliveira (2007) o framework *ViMet* consiste em um tipo software cuja estrutura técnica de construção faz parte de uma categoria que possibilita a reutilização da análise, do projeto, do código e dos testes. Para atender a

especificidade da área médica, apresenta funcionalidades de detecção de colisão com precisão, estereoscopia e deformação. Essas características estruturais mostram potencialidade para simulação e treinamento também em Odontologia.

Considerando os avanços da área de sistemas digitais, os desafios pedagógicos e de design instrucional para aplicação de tecnologias em educação, e o potencial de interação que os Mundos Virtuais 3D podem oferecer ao processo de aprendizagem, este trabalho apresenta sua contribuição ao desenvolvimento de um simulador de anestesia infiltrativa para bloqueio do nervo alveolar inferior.

O presente trabalho constitui-se da criação e desenvolvimento do modelo virtual 3D realístico da cabeça correspondente ao público infantil da faixa etária dos 07 aos 12 anos. É composto pelo conjunto das estruturas anatômicas formadas pelos tecidos moles, músculos, nervos e ossos. A modelagem dessas camadas de tecidos considerou suas características físicas reais, inerentes de cada uma, para demonstrar de forma realística a anatomia da face e da boca. De forma que software de simulação criado no framework *ViMet*, seja habilitado a proporcionar um ambiente virtual rico para imersão do aluno durante a realização da técnica de bloqueio do nervo alveolar inferior.

3.1. MOTIVAÇÃO

Frente às dificuldades enfrentadas no ensino da técnica de anestesia odontológica Bloqueio do nervo alveolar inferior, evidenciadas pela revisão da literatura, sendo que dentre elas as mais significativas estão relacionadas à dificuldade de repetição da técnica para desenvolvimento e aprimoramento da habilidade e do conhecimento, em virtude da dependência de voluntários, além dos riscos físicos para o mesmos decorrentes da inserção e posicionamento incorretos da seringa, para aplicação do fármaco anestésico, compreende-se a necessidade de se propor soluções para recursos de auxílio didático, que tornem possível que aluno possa ampliar suas oportunidades de treinamento dessa técnica em número que lhe seja suficiente e satisfatório.

Esta necessidade propicia um momento oportuno para que o Design possa contribuir efetivamente com a área da saúde, por meio da aplicação dos conhecimentos específicos dessa área em função da necessidade posta e das exigências de uso.

3.2.OBJETIVO GERAL

Desenvolver modelo virtual 3D, com a modelagem das camadas de tecidos da cabeça, correspondente a do público infantil na faixa etária dos 07 aos 12 anos, considerando as características físicas e reais de cada tecido (tecidos moles, músculos, nervos, dentes e ossos), para demonstrar de forma realística a anatomia da face e da boca, com a visualização das camadas de tecidos presentes na região citada.

3.3.OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- I. Desenvolver técnica para criação de textura realística das camadas de tecidos dos conjuntos de estruturas da cabeça, para aplicação nas modelagens;
- II. Gerar conhecimento específico relacionado as experiências de Design utilizando novas interfaces tecnológicas, aplicado ao ensino de Odontologia.
- III. Implementar o framework ViMet proporcionando-lhe um ambiente virtual rico para imersão do aluno, durante a realização da técnica de bloqueio do nervo alveolar inferior.

METODOLOGIA

4. METODOLOGIA

4.1. O PROJETO DE TESE

Este capítulo trata da escolha da abordagem metodológica para realização do estudo, dos requisitos do projeto, dos instrumentos utilizados, o contexto de realização, as etapas da pesquisa propriamente dita.

4.1.1. Fases do Desenvolvimento do projeto de tese

O desenvolvimento do projeto previu o desenvolvimento dos objetos virtuais 3D aplicados em um Ambiente Virtual de Aprendizagem, integrando os seguintes elementos:

4.1.2. A Pesquisa teórica – eixos estruturantes da pesquisa de tese

A pesquisa teórico-bibliográfica foi realizada, tendo como eixos estruturantes:

- Revisão de Literatura
- Revisão Sistemática - Simuladores de Realidade Virtual e Realidade Aumentada aplicados ao ensino em odontologia

4.1.3. Requisitos do Projeto

Para que os objetivos geral e específicos possam ser atingidos, o presente projeto se pauta nos seguintes requisitos:

1. O modelo virtual 3D deverá ser composto pelos elementos da anatomia da cabeça - tecidos moles, músculos, nervos, dentes e ossos;
2. O modelo virtual 3D deverá apresentar características realísticas, o mais próximo possível de uma criança na faixa etária dos 07 aos 12 anos, quantos às suas proporções, morfologia, texturas e elementos estéticos específicos;
3. As camadas de tecidos da cabeça - tecidos moles, músculos, nervos, dentes e ossos, deverão ser modeladas individualmente conforme as características físicas e reais de cada tecido e correspondentes ao do público infantil citado;
4. As texturas das superfícies de cada tecido deverá apresentar características realísticas correspondentes ao do público infantil citado, quanto a sua morfologia e elementos estéticos específicos;
5. A geração das imagens estereoscópicas deverá observar a adequação do 3D quanto a percepção de profundidade na visualização do modelo virtual.

4.1.4. Modelagem 3D

O desenvolvimento da modelagem virtual tridimensional das camadas de tecidos da cabeça, equivalente à apresentada pelo público infantil na faixa etária dos 07 aos 12 anos, foram baseadas em imagens de ressonância magnética. As imagens digitais capturadas ofereceram os elementos morfológicos e anatômicos básicos e essenciais para um resultado de modelagem o mais real possível.

Figura 11 - Imagens de ressonância magnética resultado do primeiro teste de modelagem

Para a modelagem (Figura 11) foi utilizado o pacote computacional da Autodesk® Maya® que oferece um conjunto completo de recursos para modelagem, simulação, renderização e composição, sobre uma plataforma de produção com alta capacidade de expansão. O Maya foi contemplado como a ferramenta de desenvolvimento porque conta com uma tecnologia de exibição de última geração, fluxos de trabalho de modelagem acelerados e novas ferramentas para a manipulação de dados complexos e, ainda, renderização de alta qualidade, com luzes, sombras, transparências, etc. Com a renderização é possível criar imagens foto realísticas, simulando ambientes, cenários e outros recursos de objetos tridimensionais. É considerado um dos principais *softwares* proprietários para geração de animação digital tridimensional. Além das facilidades apresentadas, o Maya foi utilizado no presente estudo pelo fato de exportar arquivos em formato .OBJ, necessário para as funções do ViMet.

4.2. MODELAGEM DOS OBJETOS VIRTUAIS REALÍSTICOS

Para o desenvolvimento de objeto virtual realístico, inicialmente o conceito de realismo num ambiente virtual deve ser compreendido para que seus requisitos sejam observados. Segundo Utiel e Kirner (2009), um ambiente virtual de aprendizagem deve causar um efeito de curiosidade no aluno, fazendo com que este seja imerso de forma inconsciente nesse ambiente e queira explorá-lo de forma consciente. Nesse sentido o Realismo virtual passa a ser um aspecto essencial para que esse processo ocorra.

Para definir realismo virtual, Utiel e Kirner (2009) aponta que “[...] diversos fatores contribuem para se criar realismo visual na cena como, por exemplo, iluminação e sombras. Esse realismo pode estar associado a objetos estáticos ou a objetos dinâmicos. É importante salientarmos a diferença entre os dois, pois podemos criar uma figura humana (avatar) estática extremamente realista que, ao ser movimentada provoca a perda do realismo da cena. Neste sentido, devemos equacionar o problema do realismo visual com a questão do tempo necessário para a simulação. Uma tática é seguir a abordagem empregada nos videogames atuais, onde o objeto simulado é representado de forma a não gerar dúvidas no usuário sobre o fenômeno com o qual está lidando, mesmo que a simulação numérica do fenômeno em si não seja realista. Disto, temos que, em alguns casos, o realismo

visual torna-se mais importante do que o realismo físico e matemático do modelo simulado.” (UTIEL e KIRNER, 2009)

O simulador de treinamento utilizado como ferramenta deste estudo aplicado, para ser considerado adequado, o usuário tem que visualizar e manipular um ambiente virtual e sentir como se fosse real, ou seja, quanto mais o simulador proporcionar imersão, mais realista ele é considerado. O que corrobora com a necessidade do desenvolvimento dos objetos tridimensionais com características realísticas, aplicadas em sua morfologia e também nas texturas que o compõem, de acordo com a especificidade de cada ambiente do sistema.

Para que o estudante de odontologia, como também profissionais da área, tenha a percepção de estar em treinamento num ambiente e com paciente e procedimentos reais, os modelos tridimensionais devem apresentar proporções anatômicas semelhantes aos de um corpo humano real. Para tanto, foram realizados estudos da anatomia humana com vasta pesquisa de imagens referenciais, tendo como fonte atlas de anatomia impresso e em bases de dados científicos on-line. Esse material de pesquisa forneceu grande parte do conhecimento básico para atribuir características anatômicas bem próximas do real, possibilitando o desenvolvimento das modelagens e criação de texturas do crânio, pele, dentes, tecidos moles, músculos veias e artérias.

No estudo anatômico e na modelagem da região de interesse, é necessário fornecer a visualização de várias estruturas diferentes, portanto diferentes modelos 3D deverão ser compendiados. O levantamento bibliográfico sobre anatomia das estruturas cabeça e pescoço serviu como base para a determinação de quais estruturas (órgãos) deveriam ser modeladas, de acordo com sua importância em relação à mesma.

Durante as pesquisas realizadas na busca de referências fidedignas das estruturas anatômicas, evidenciou-se a precariedade na qualidade das imagens, principalmente a qualidade pertinente à representação visual realística das mesmas, para o desenvolvimento dos objetos tridimensionais com fidelidade morfológica. Após estudos e consultas com médicos especialistas na área, as imagens geradas pelo exame de ressonância magnética mostraram-se como a melhor opção para que fosse utilizada como ponto de partida das modelagens. Em seguida, foram iniciadas as modelagens da estrutura óssea do crânio, seguidas das camadas que compõem a região da boca, pois a mesma é a base que acomoda os outros tecidos.

Pertinente à criação do sistema de treinamento da técnica anestésica do bloqueio do nervo alveolar inferior, será preciso visualizar uma boca virtual aberta, para que o procedimento da simulação seja o mais próximo do real. Neste caso, foi modelada e renderizada uma cabeça, com referência em uma criança de aproximadamente dez anos, com a boca aberta, constituindo o ambiente virtual com visualização tridimensional e realística para a simulação do procedimento odontológico. A modelagem da cabeça foi realizada em etapas, sendo cada uma dedicada ao desenvolvimento das camadas de tecidos apresentados pelas estruturas de tecidos moles, veias, artérias, nervos, dentes, pele e óssea. Desta forma, tornar possível suas visualizações conjunta ou individualmente, favorecendo o foco na estrutura ou região de interesse relacionadas ao procedimento da técnica anestésica. Essa visualização é feita com o auxílio de óculos para visão em 3D, empregados para prover sensação de profundidade ao usuário.

4.2.1. O Sistema de Modelagem

A tridimensionalidade de objetos representados em uma cena gerada por computador depende de nossa interpretação de uma pluralidade de pistas de profundidade contidas nessas imagens. De modo geral, os programas de computação gráfica utilizam o sistema cartesiano de coordenadas - um mapa geométrico criado por Rene Descartes - para criar modelos e executar animações, em uma área virtual que constitui seu espaço tridimensional. Esse espaço é definido pelos eixos x , y e z para determinar, respectivamente, altura, largura e profundidade formando uma grade numérica onde qualquer ponto é definido por suas coordenadas (DERAKHSHANI, 2009).

4.2.2. Modelagem da Estrutura Óssea da Cabeça

Após pesquisas sobre softwares de modelagem realísticos, buscou-se por um que possibilitasse maior precisão nos recursos tecnológicos, a fim de conseguir eficaz perfeição e uma melhor definição de malha 3D. Optou-se pelo software *Autodesk Maya 2013*, para o desenvolvimento das modelagens realísticas, por suas características que possibilitam observar as estruturas anatômicas com alta definição dos materiais aplicados. O uso de ressonância magnética para a

construção da modelagem do ambiente tridimensional foi imprescindível para a constituição dos objetos educacionais (Fig 12).

Para o processo de modelagem desta estrutura, foi utilizado, inicialmente, um conjunto de imagens do procedimento de ressonância magnética, disponível em um banco de imagens médicas encontradas no repositório do Sistema Integrado de Bibliotecas da Universidade de São Paulo, Faculdade de Odontologia de Bauru. A ressonância magnética é um exame que fornece uma visão sem igual do interior do corpo humano. O nível de detalhes que podemos observar é formidável quando comparado com qualquer outro tipo de exame de imagens. A ressonância é o método elegido para o diagnóstico de vários tipos de traumas e doenças devido a sua incrível capacidade de personalizar o exame de acordo com o problema médico específico. Ao modificar os parâmetros dos exames, o aparelho de ressonância pode fazer com que tecidos do corpo apareçam de maneiras diferentes. O aparelho que realiza este exame, percorre cada ponto do corpo do paciente, construindo um mapa de visualização bidimensional ou tridimensional dos tipos de tecido. Em seguida ele junta todas essas informações para criar imagens em 2D ou modelos em 3D.

Figura 12 - Ressonância magnética, nas vistas frontal e lateral, empregadas em dois planos ortogonais

Entende-se por modelo tridimensional virtual, ou modelo 3D, um modelo expresso descrito matematicamente por três coordenadas cartesianas, representado por meio de simulação de aspectos perceptivos da realidade tridimensional, nos modos: visual, sonoro, olfato-gustativo e/ou háptico.

Foi modelada apenas a metade esquerda da estrutura do crânio, utilizando a técnica de modelagem vértice a vértice. Esse processo de modelagem foi empregado para facilitar a criação de objetos 3D mais orgânicos, pois a partir de imagens de referência o modelador vai contornando as linhas da imagem, criando polígonos um a um, utilizando a técnica de extrusão de arestas, para a criação do polígono seguinte, e ajustando-os vértice a vértice. Para o controle dos vértices foi necessário trabalhar nas vistas ortogonais, pois a modelagem na visualização em perspectiva pode atrapalhar o ajuste das posições dos vértices dos polígonos.

A finalização da metade esquerda do crânio foi feita com a menor quantidade de polígonos necessária a fim de facilitar futuras alterações na morfologia e na planificação do objeto 3D destinada a futura texturização. Posteriormente, foi aplicada a ferramenta de espelhamento (*mirror*) gerando assim o modelo completo simétrico. Com o término do crânio, a metade esquerda da mandíbula foi modelada utilizando as mesmas técnicas até então empregadas e já relatadas. A mandíbula, depois de pronta, foi mantida em posição de boca aberta, visando a posição de interesse do projeto, em virtude deste ser destinado à simulação do método de bloqueio do nervo alveolar inferior.

O processo de modelagem das estruturas anatômicas foi pautado pela necessidade de pesquisar uma variedade de imagens diferentes de cada estrutura. No caso das modelagens dos dentes, as referências disponíveis até então mostraram-se insuficientes, resultando na necessidade de ampliação das pesquisas, com orientação de professores de anatomia e odontopediatria da FOB-USP. A partir daí, foram utilizados modelos da arcada dentária de crianças, fabricados com resina, de onde originaram novas sugestões e orientações diretivas dos profissionais especialistas da área, apontando a forma morfológica correta como deveriam ser modelados.

Os dentes foram modelados separadamente, começando pelo lado esquerdo da arcada superior. Em seguida, foi feito o primeiro molar, sendo este o último dente da arcada dentária de uma criança de aproximadamente 10 anos. Com o início e o fim da metade esquerda da arcada pronta, os dentes restantes foram feitos respeitando o espaço entre os incisivos e o primeiro molar, concluindo a parte esquerda da arcada num posicionamento de semiarco. A parte esquerda da arcada inferior foi feita da mesma forma. Em seguida, o lado direito das arcadas superior e inferior foram gerados com a ferramenta de espelhamento (*mirror*). Este método foi

replicado em todo o processo da modelagem da cabeça, ainda com base na referência das imagens de ressonância magnética. Com as modelagens da estrutura óssea definida, as imagens resultantes foram posicionadas em planos transversais, coronais e sagitais, de modo congruente ao que seria esperado anatomicamente. Para garantir o correto posicionamento das imagens, partiu-se de uma imagem central de cada um dos planos principais, obtendo-se as seguintes em um mesmo intervalo de pixels, relacionado posteriormente à distância entre os planos no software.

4.2.3. Modelagens dos tecidos de revestimento

As modelagens dos tecidos de revestimento, como pele e gengiva, foram desenvolvidas de forma a limitar o espaço dos tecidos mais internos, músculos, veias, artérias e nervos. Para facilitar a modelagem e a texturização, os objetos que representam a pele e a parte interna da boca foram desenvolvidos separadamente. Nesta etapa também foi utilizada a técnica de espelhamento (Fig. 13).

No desenvolvimento da pele, foram utilizadas como referências as imagens de ressonância magnética. A orelha foi modelada após o término da pele, por meio da seleção e extrusão da pele na região da orelha. Na construção da gengiva, foi necessário pesquisar referências em Atlas de Anatomia, especificamente dos que tratam de cabeça e pescoço, além de imagens de banco de dados da Internet e a orientação dos profissionais de odontologia.

Para determinar o espaço ocupado pela língua na cavidade bucal, as estruturas ósseas da arcada dentária foram posicionadas simetricamente, a fim de atuar como base para a modelagem da língua que foi criada por último. Desta forma, foi construído o contorno dessas estruturas, deixando um espaço no centro para posterior construção da língua. Selecionando a borda desse espaço vazio no meio da mucosa, e depois aplicando nessa borda a ferramenta de extrusão seguidas vezes, com um certo espaçamento entre elas, foi possível formar a língua por completo, finalizando a modelagem da parte esquerda da gengiva.

Figura 13 - Representação das modelagens e a texturização, dos objetos que representam a pele e a parte interna da boca, desenvolvidos separadamente

4.2.4. Tecidos musculares

Utilizando a estrutura óssea como base e os tecidos de revestimento como objetos limitantes, foi iniciado o processo de modelagem dos principais músculos da região do nervo alveolar inferior que será utilizado na simulação da aplicação de anestesia. A principal referência nessa etapa foi a biblioteca virtual 3D Primal Pictures (<https://www.primalpictures.com>) e bibliografia específica de anatomia.

Figura 14 – Atlas de anatomia interativo Primal Pictures (<https://www.primalpictures.com>)

A etapa de desenvolvimento dos músculos utilizou-se do método de modelagem de polígonos para obter suas estruturas, foram criados individualmente, ou seja, na sequência de um a um, dos mais internos para os externos. Sua característica inicial, assemelha-se com volumes lisos na cor vermelha (fig. 15), conectados às regiões ósseas como são na realidade. Pois, foi considerado que utilizar uma representação que fugisse em demasia da normalidade poderia ser prejudicial à compreensão do tema e dificultar a correlação com o modelo 3DR – modelos tridimensionais reais.

As características pertinentes às fibras musculares e dos tendões foram desenvolvidas e aplicadas em etapa posterior, que partiu do desenvolvimento das texturas reais e mapa de normais (normal map).

No decorrer da modelagem dos tecidos musculares foram realizadas alterações significativas na estrutura óssea, para acomodação dos músculos para que o mesmo pudesse transmitir, morfologicamente, estruturas com maior grau de fidedignidade. É importante salientar que, durante a criação dos modelos, buscou-se adequar o conteúdo proposto ao público alvo, estudantes odontologia da FOB – USP, seguindo-se as recomendações dos profissionais especializados na área, para que não fosse complexo a ponto de exigir do aluno uma aprendizagem exclusivamente mecânica.

Figura 15 - Etapa de desenvolvimento dos músculos

4.2.5. Veias, artérias e nervos

Para a modelagem dos vasos sanguíneos e nervos, dando especial atenção ao nervo trigêmeo, o método utilizado para o desenvolvimento repetiu as etapas das técnicas já citadas. A construção do corpo do nervo foi feita a partir de perfil octogonal achatado e extrudado (técnica de prolongamento do perfil em comprimento pré-determinado) seguindo uma trajetória definida conforme a disposição dos nervos (Fig. 16).

Figura 16 - Princípio da modelagem dos vasos

Dando início ao desenvolvimento das ramificações dos principais vasos sanguíneos, que são os mais espessos em seu diâmetro, foram modelados primeiro, começando pela região inferior do pescoço, respeitando o espaço entre os objetos, já modelados como os músculos, gengiva e estrutura óssea. Na sequência, foram criados os vasos com diâmetro menores, contudo, num primeiro momento as malhas

geradas em 3D das ramificações menores não estavam conectas entre elas, pois isso ocorreu após o término das modelagens dos vasos sanguíneos, dinamizando o trabalho. Para ligar uma ramificação mais fina a outra com características mais espessas, foi necessário juntar vértice por vértice, como mostra a fig. 17.

Figura 17 - Ligação dos vasos

O nervo trigêmeo foi modelado apenas a partir da região do gânglio de Gasser (Fig. 18) e o nervo alveolar inferior foi construído de forma completa, dada sua importância ao processo de simulação. A modelagem obedeceu a sua localização e disposição em relação ao crânio, fazendo a conexão com as raízes dos dentes da arcada inferior.

Figura 18 - Gânglio de Gasser

Fonte, <http://www.medicinageriatrica.com.br/wp-content/uploads/2007/12/trigemeo.JPG>

Foi priorizado o desenvolvimento dos vasos sanguíneos e nervos da região do nervo alveolar inferior. As demais estruturas anatômicas que não fazem parte da região do nervo alveolar inferior não foram modeladas. De maneira que

estes compreendem objetos de estudo para pesquisas futuras. Ao finalizar esse processo, foi aplicada a ferramenta de suavização (*Smooth*), predefinida com parâmetro de subdivisão dos polígonos com objetivo de aumentar o número de polígonos e dar um aspecto mais realístico aos vasos, apresentados nas figuras 19 A, B, C e D.

Figura 19 - A e B - Aplicação da técnica Smooth nos objetos; C - Resultados dos vasos sanguíneos; D - Resultados dos nervos

4.3. TEXTURIZAÇÃO

Após as modelagens construídas e finalizadas, os estudos concentraram-se no desenvolvimento das texturas e superfícies dos tecidos. Ao aplicar essa textura aos objetos já modelados, atribui realismo ao resultado final e favorece a percepção e imersão do aluno ao utilizar o simulador. Entretanto, trabalhar com um método que proporcione alto grau de realismo de imagens e estruturas humanas, é um desafio constante para a computação gráfica devido à complexidade das técnicas envolvidas na construção de figuras que representem as superfícies do corpo humano de forma cada vez mais similares a realidade, fator que impulsiona estudos aplicados, para obtenção de resultados cada vez mais eficazes.

4.3.1. UV Mapping - Mapeamento UV

As etapas que antecederam o desenvolvimento e a aplicação das texturas foram:

- Primeiro foi necessária a extração dos mapas Uv (*Uv maps*) dos objetos. Esse processo consiste em planificar a malha virtual tridimensional, a fim de obter uma imagem bidimensional que permanece associada ao objeto modelado. O mesmo é necessário, pois serve de mapa para a aplicação das texturas e cores nos modelos.
- Essa técnica denominada “planificação”, foi utilizada e aplicada neste trabalho, por meio da ferramenta *UV texture editor*, disponível no software Autodesk Maya 2013. (Fig. 20)

Figura 20 - Etapas do desenvolvimento e a aplicação das texturas

4.3.2. Texturização da Estrutura Óssea do crânio e mandíbula

Com as planificações dos objetos concluídas, iniciou-se o processo de texturização dos modelos tridimensionais virtuais do crânio e mandíbula. Após estudos pormenorizados, optou-se pela técnica da pintura digital com o uso do software *Adobe Photoshop CS6*. Os resultados obtidos por tal método não foram satisfatórios, pois os modelos apresentaram aspecto superficial e com característica plástica e artificial.

Figura 21 - Etapas do desenvolvimento e resultados iniciais

Como os resultados foram considerados insuficientes como pode ser observado na fig. 21, em função da necessidade de visualização realística, buscou-se outro método que pudesse suprir tais lacunas. A partir de conhecimentos adquiridos por pesquisas, optou-se pela utilização de imagens fotográficas, a fim de gerar texturas fidedignas aos objetos reais. Para tanto, recorreu-se à captação de fotos de um crânio real do acervo do laboratório de anatomia da FOB-USP de Bauru.

As imagens foram captadas em eixos ortogonais, ou seja, nas seguintes vistas: frontal, lateral, superior, inferior e posterior.

A partir das fotos adquiridas do crânio real, foi novamente utilizado o software gráfico para o tratamento de imagens *Adobe Photoshop Cs6*, o mesmo dispõe de recursos para tal (fig. 22 e fig. 23). As etapas que seguem estes passos foram:

- Primeiro foi necessário abrir um novo documento com as configurações básicas de 72 dpi, em modo de cor RGB, no tamanho 2048x2048 pixels;
- Em seguida foram colocadas em camadas denominadas layers, sendo que a primeira camada é a imagem planificada. Nas camadas seguintes, foram inseridas as fotos do crânio, nas vistas citadas;
- Utilizou-se como recurso do software, recortar as fotos, em seguida foram posicionadas com o objetivo de adequar-se ao mapeamento previamente desenvolvido;
- Com a composição concluída, foram utilizadas técnicas de mesclagem que consistiram em unir as fotos e suavizar as emendas, o que proporciona à imagem uma característica de unidade;
- Após, retirou-se as imperfeições das fotos com a ferramenta denominada carimbo ou *clone stamp*;
- Precedendo à finalização desta etapa, foi ajustado o grau de saturação, contraste e nitidez de toda a composição;
- O arquivo foi salvo na extensão .JPEG para posterior inserção no respectivo modelo tridimensional;

Figura 22 - Etapas do desenvolvimento da texturização definitiva

Figura 23 - Resultado da aplicação da textura no crânio

4.3.3. Gengiva e Mucosa

Para a definição do processo do desenvolvimento e geração das texturas realísticas da gengiva e mucosa, utilizou-se das mesmas técnicas apresentadas na texturização do crânio e mandíbula. Porém, a obtenção das fotos que serviram como referência para modelagem desta região, mucosa, gengiva, palato e língua foram pesquisadas e retiradas da internet com o buscador *Google Images*. Em

virtude desse retornar um universo de imagens provindas de estudos científicos, além de imagens reais, originadas das mais variadas situações (Fig. 24 e 25).

Figura 24 - Imagem capturada do buscador Google Images.
Fonte: http://blogobocas.blogspot.com.br/2010_11_01_archive.html

Figura 25 - Geração das texturas realísticas da gengiva

4.3.4. Tecidos musculares

Ao iniciar a criação das texturas dos tecidos musculares, observou-se considerável falta de referências de material visual gráfico desses tecidos.

Para a geração das texturas pertinentes aos de músculos em resolução realística, a técnica de tratamento digital de fotografias, neste caso específico, não pode ser utilizada, para tanto, recorreu-se à técnica de pintura digital, detalhada a seguir:

- Inicialmente gerou-se um novo documento no software *Photoshop CS6*, com as configurações básicas, RGB, 72 dpi, no tamanho de 2048x2048 pixels.
- Tal objeto foi desenvolvido em camadas, denominadas *layers*. Na primeira inseriu-se a imagem do *UV mapping*, como base. Na segunda camada tratou-se da pintura por meio de inserção de cores. Na terceira camada, foi trabalhada a intensidade do brilho e aplicado o recurso clarear no *blend mode* da camada;
- Na seguinte aplicou-se no *blend mode* o recurso multiplicar, onde foram pintadas as sombras, remetendo ao aspecto de relevo das fibras;
- Após, foi necessário ajustar a cor, a saturação, a nitidez e o contraste da composição;
- O arquivo foi salvo na extensão .JPEG.

Como recurso de hardware, utilizou-se a Mesa Digitalizadora *Cintq 24HD*, que é um equipamento de alta tecnologia para trabalhar os objetos com um grande grau de precisão, demonstrando-se diferenciado para tal ação (Fig. 26).

Figura 26 - Geração das texturas realísticas dos músculos

4.3.5. Dentes

Para texturização dos dentes, repetiu-se ambas as técnicas empregadas em etapas anteriores. A técnica aplicada nos dentes anteriores foi a especializada em tratamento de imagens, por conta da facilidade de obter referências de alta qualidade, ainda disponíveis na internet. Já para os dentes posteriores, houve dificuldade de encontrar imagens com qualidade compatíveis às necessidades do trabalho. Por conta de tal limitação, aplicou-se a técnica de pintura digital, também tratada anteriormente e similar à que foi utilizada no desenvolvimento das texturas dos tecidos musculares (Fig. 27).

Figura 27 - Geração das texturas realísticas dos dentes

4.3.6. Pele

Para o desenvolvimento realístico da textura da pele foi utilizada a mesma técnica de tratamento de imagens, que demonstrou-se eficaz na texturização aplicada no crânio e também na mucosa e gengiva. Foram também selecionadas fotografias em alta qualidade de olhos, pele, boca, nariz, provindas de bancos de imagens e no buscador *Google Images*. A partir desta etapa de seleção, a sequência dos passos da técnica para geração das texturas repetiu-se para a texturização da pele (Figura 28).

Figura 28 - Geração das texturas realísticas da pele

4.3.7. Nervos, Artérias e Veias

Os modelos tridimensionais virtuais realísticos que correspondem aos vasos e nervos, representados na fig. 29, receberam um tratamento simplificado, por meio de aplicação de coloração sólida a fim de facilitar a distinção dos mesmos, durante a simulação e treinamento.

Figura 29 - Modelos tridimensionais virtuais realísticos que correspondem aos vasos e nervos

4.4. MAPA DE NORMAIS (*Normal Mapping*)

Ao finalizar o desenvolvimento das texturas, cuja função básica foi aplicar cor aos modelos tridimensionais, observou-se também a necessidade da aplicação do recurso *normal maps* ou normal Mapping.

Este recurso é considerado uma das variações da técnica conhecida como *bump mapping*. É utilizado para simular um relevo em uma determinada superfície, calculando o ângulo das sombras projetadas numa textura, com o uso da paleta de cores RGB - vermelho, verde e azul, específicas para representações virtuais. Outra característica do *normal mapping* é associar tais projeções ao eixos XYZ do software *Maya 2013*, proporcionando a sensação de maior profundidade. Este é um importante recurso utilizado para otimizar o nível de detalhamento das texturas sem a necessidade de usar mais polígonos, o que prejudicaria o carregamento das imagens em função do tamanho do arquivo final.

Para geração dos mapas normais, foram utilizados os arquivos de textura já trabalhados, em seguida foram acessados pelo software *Photoshop CS6*, onde foi aplicado o *plugin* denominado *Nvidia texture tools for adobe Photoshop*, gerando automaticamente um mapa normal, sem que houvesse a necessidade de muitos ajustes, na sequência o arquivo foi salvo na extensão .JPEG. Os mapas normais foram criados para serem utilizados em todos os objetos, exceto os dentes, pois estes têm aspecto liso (Figura 30).

Figura 30 - Modelos tridimensionais virtuais realísticos dos músculos com aplicação de texturas

4.5. RENDERIZAÇÃO

A técnica de renderizar uma imagem consiste em converter e tornar uma série de modelos gráficos em arquivo visual com características reais. Para a geração destes modelos 3DR, foi utilizada uma ferramenta do software *Maya 2013* chamado *mental ray*. Para obtenção do realismo, imprescindível para este trabalho, é necessário que o modelo esteja imerso em um ambiente onde haja ao menos 3 pontos de luz, requisito necessário para que sejam possíveis a visualização e a percepção dos detalhes e relevos.

Conhecendo tal condição, foi modelado um cenário virtual, onde foram inseridos 5 focos de luzes de diferentes intensidades, atribuídas a elas pequenas variações na temperatura de cor e uma projeção no formato de esfera envolvendo todo o modelo, com a finalidade de funcionar como um refletor (fig. 31). Esta abordagem teve como objetivo permitir a contextualização da estrutura observada no uso do simulador e treinamento

Figura 31 - Técnica de renderização do modelo

4.6. ESTEREOSCOPIA

Segundo Fontoura (2001), citado por Siscoutto *et al.* (2004), a estereoscopia se refere a visão binocular, característica na raça humana, constituído por dois olhos posicionados na frente da cabeça. De forma que “[...] a visão tridimensional que temos do mundo é resultado da interpretação, pelo cérebro, das

duas imagens bidimensionais que cada olho capta a partir de seu ponto de vista e das informações sobre o grau de convergência e divergência”. (SISCOUTTO *et al.*, 2004). Os autores apontam ainda que o desalinhamento entre as imagens geradas pelo olho direito e pelo olho esquerdo (Paralaxe - distância horizontal entre a imagem esquerda e a direita em que aparece os objetos em relação ao observador - Existem paralaxe zero, positiva, negativa e divergente) são processadas pelo cérebro gerando uma percepção de profundidade para que a pessoa tenha noção de imersão num ambiente cujos objetos estejam distribuídos em locais e distâncias diferentes.

“[...] Em computação gráfica, normalmente são geradas imagens mono (isto é, a partir de uma única câmera virtual) e estas imagens são visualizadas por um monitor ou projetadas em um plano. A estereoscopia visual, ao contrário, é feita a partir da geração de duas imagens, a partir das localizações das câmeras virtuais separadas de uma determinada distância. ” (SISCOUTTO *et al.*, 2004)

Para geração das imagens estereoscópicas dos modelos trabalhados, foi inserida uma câmera estéreo na cena. A câmera estéreo atua como a união de duas câmeras simples posicionadas de forma a simular a distância e o ângulo entre os olhos humanos. O renderizador do *Maya 2013, mental ray*, renderiza automaticamente as imagens de modo a gerar uma imagem estereoscópica em formato anaglifo. Porém, para aplicação no simulador, foi necessário renderizar separadamente as imagens da câmera esquerda e da câmera direita a fim de gerar uma imagem 3D estereoscópica para visualização com a utilização de óculos 3D ativo. A técnica empregada apresentada na fig. 32, para a geração das imagens estáticas em 3D foi a justaposição de imagens. Para tal, foi utilizado o software *Photoshop CS6*, onde as imagens renderizadas pela câmera esquerda e direita, da câmera estéreo, foram posicionadas lado a lado. O arquivo foi salvo com a extensão. JPS, que possibilita a visualização 3D com o auxílio de óculos ativo, em qualquer computador ou projetor que reproduza conteúdo 3D interpolado.

Figura 32 - Técnica empregada para visualização estereoscópica

RESULTADOS

5. RESULTADOS

Os resultados alcançados refletem de forma muito positiva aqueles objetivos estabelecidos no início desta pesquisa. Para possibilitar o máximo de desempenho do aluno, durante a simulação, naqueles aspectos condicionados pelas condições de emissividade do simulador, ou seja, nas características específicas de realismo do modelo virtual realístico 3DR, o modelo apresenta, em sua estrutura, todos os requisitos de projeto elencados. São mostrados, como resultados, o modelo 3DR e, de forma mais específica, as estruturas presentes na região do nervo alveolar inferior, que condicionarão a execução da simulação e, finalmente, a geração dos arquivos para visualização 3D em estereoscopia e anaglifo.

5.1. AMBIENTE PARA INTERAÇÃO – MODELO 3DR

O modelo 3DR é composto pelas estruturas da cabeça e pescoço e apresenta todas as particularidades anatômicas e estéticas características da face real para que o aluno, ao iniciar o seu treinamento, já tenha uma visualização completa da situação de trabalho que irá simular. Chama-se a atenção para o realismo das texturas da pele que foi conseguido atribuindo imperfeições à mesma, tais como manchas (pintas e sardas), pequenas rugas e oleosidade. Os pelos da face também receberam uma atenção especial para que mostrassem um aspecto de volume formado por unidades independentes de pelo.

5.2. AS ESTRUTURAS DA REGIÃO DO NERVO ALVEOLAR INFERIOR

Além do modelo 3DR, durante a simulação, a visualização das estruturas envolvidas no método de bloqueio do nervo alveolar inferior foi individualizada da seguinte forma:

- Conjunto com pele semitransparente para visualização de músculos, vasos nervos e tecidos moles.

- Conjunto sem a pele para visualização de músculos, vasos, nervos e crânio

- Conjunto sem a pele para visualização de vasos, nervos e crânio

- Conjunto sem a pele para visualização de nervos e crânio

- Conjunto sem a pele e estrutura óssea, para visualização de vasos, nervos e dentes

- Conjunto sem a pele e estrutura óssea, para visualização de nervos e dentes

5.3. GERAÇÃO DE IMAGENS COM DE ANAGLÍFO E ESTÉREOS

TANAGLIFO - Modelo de estereoscopia para teste de visualização com óculos passivo.

ESTEREOSCOPIA – Modelos para teste de visualização com óculos ativo, conforme mostram os registros de teste abaixo, com 3D gerado por monitor 3D ou projetor 3D.

CONCLUSÃO

6. CONCLUSÃO

A presente tese tomou por base a apresentação das condições de desenvolvimento tecnológico contínuo nos desafios pedagógicos e de design instrucional para aplicação de tecnologias em educação, bem como no potencial de interação que os Mundos Virtuais 3D podem oferecer.

Para desenvolvimento do trabalho foi realizada a construção dos modelos virtuais 3DR por meio de modelagem das camadas de tecidos da cabeça, semelhante a apresentada pelo público infantil na faixa etária dos 07 aos 12 anos, considerando suas características físicas e reais, inerentes de cada tecido (tecidos moles, músculos, nervos e ossos), a fim de apresentar a anatomia da face e da boca de forma realística com a visualização das camadas de tecidos presentes na região citada.

Para tanto, objetivou-se, especificamente, o desenvolvimento de técnicas metodológicas destinadas à criação de texturas realísticas, das camadas de tecidos dos conjuntos de estruturas da cabeça para aplicação nas modelagens; assim como, a geração de conhecimento específico relacionado a experiências de Design, utilizando novas interfaces tecnológicas e sua aplicação no ensino de Odontologia. E ainda, a implementação do framework ViMet, com o resultado da construção dos modelos 3DR, a fim de gerar um ambiente virtual rico para imersão do aluno, durante a realização da técnica de bloqueio do nervo alveolar inferior.

Por se tratar de uma área de pesquisa relativamente nova para o Design aplicado à saúde, especificamente, no ensino de odontologia, o trabalho exigiu pesquisa pormenorizada a respeito da aplicação de tecnologias de realidade virtual e aumentada no ensino de odontologia, utilizando como instrumento de investigação uma revisão sistemática sobre o tema, que demonstrou a relevância do projeto.

Os resultados apresentados refletiram efetivamente o cumprimento dos objetivos estabelecidos no início da pesquisa. O modelo 3DR apresentou de forma satisfatória, em sua estrutura, todos os requisitos do projeto, demonstrando as estruturas presentes na região do nervo alveolar inferior de forma mais específica, que condicionarão a execução da simulação.

O realismo das texturas foi obtido por meio do desenvolvimento de técnicas distintas, porém específicas, de cada estrutura modelada, sendo que a

inserção de imperfeições, tais como manchas (pintas e sardas), pequenas rugas e oleosidade, constituiu a base para a percepção visual realística da pele, assim como das demais superfícies existentes no ambiente virtual, principalmente do crânio, dentes e tecidos moles.

Este estudo, oferece como resultado um modelo 3DR destinado ao ensino da técnica de anestesia infiltrativa de bloqueio do nervo alveolar inferior, cuja finalidade é promover a concretização da aprendizagem significativa, segundo Ausubel (1982), dos alunos de graduação, levando em consideração as particularidades de cada modelo, bem como da sua associação.

É importante destacar que este trabalho constitui uma etapa inicial da produção de design digital instrucional aplicado à saúde, pois trata-se de tema ainda pouco explorado, cuja contribuição social possui potencialidade significativa e relevante para esta área, traduzida em qualidade de vida para os futuros profissionais e pacientes da odontologia.

7. PRÓXIMOS PASSOS

Para que esta pesquisa tenha sua aplicação efetiva, compreende-se que os Modelo Virtual 3D desenvolvido seja implementado no sistema ViMet de Realidade Aumentada. A partir daí, então, desenvolver estudos voltados à validação do Modelo 3D, a fim de que sejam obtidos os parâmetros para aperfeiçoamento do Modelo 3D. Além dos aspectos que envolvem o processo de validação, entende-se que os de usabilidade do Modelo sejam preponderantes para o bom desempenho do aluno durante o processo de simulação da técnica. Em função disso, considera-se relevante estudar a usabilidade do Modelo 3D proposto, para que se crie referências completas e aprofundadas sobre esse tema.

REFERÊNCIAS

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA FILHO, N. **Transdisciplinaridade e Saúde Coletiva**. Ciência & Saúde Coletiva. II (1-2), 1997.

AMADIO, A. C.; COSTA, P. H. L.; SACCO, I. C. N.; SERRÃO, J. C.; ARAÚJO, R. C.; MOCHIZUKI, L. DUARTE, M. **Introdução à análise do movimento humano: descrição e aplicação dos métodos de medição**. Revista Brasileira de Fisioterapia, n. 3, v. 2, p. 41-54, 1999.

ANDERSON, P. and CHAPMAN, P. Interactive real-time medical visualisation of the human head and neck. **Current Medical Imaging Reviews**. 2013. ISSN 1573-4056 (Unpublished)

APOSTEL, L.; BERGER, G; BRIGGS, A.; MICHAUD, G. **Interdisciplinarity: Problems of teaching and research universities**. Organization for Economic Cooperation and Development, French Ministry of Education, 1972.

ARAUJO, A. M. P. e RODRIGUES, E. A. **O ensino da contabilidade: Aplicação do método PBL nas disciplinas de contabilidade de uma Instituição de Ensino Superior Particular**. In: 6. Congresso USP de Controladoria e Contabilidade. 2006, São Paulo.

AUSUBEL, D. P. **A aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel**. São Paulo: Moraes, 1982.

AUSUBEL, D.P. **Educational psychology: a cognitive view**. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1968.

AUSUBEL, D.P. **The psychology of meaningful verbal learning**. New York: Grune and Stratton, 1963.

AZUMA, R.; BAILLOT, Y.; BEHRINGER, R.; FEINER, S.; JULIER, S.; MACINTYRE, B. **Recent advances in augmented reality**. IEEE Computer Graphics and Applications, vol. 21, no. 6, p. 34-47. 2001.

BARILLI, E.C.V.C. **Aplicação de métodos e técnicas de realidade virtual para apoiar processos educativos a distância que exijam o desenvolvimento de**

habilidades motoras. Tese – Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE. Rio de Janeiro, 2007. XIV, 262 p. COPPE/UFRJ, DSc. Engenharia Civil – Sistemas Computacionais, 2007.

BENNETT, S.; MATON, K.; KERVIN, L. **The 'digital natives' debate: A critical review of the evidence.** British Journal of Educational Technology, v.39 n.5, 10 2008, p. 775-786.

BESORA, C.F. **A inovação e o projeto de produtos sua importância na pequena e média empresa.** Trabalho de Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1998.

BIMBER, O. **Augmented reality part 1: introduction and overview.** 2004. Disponível em: < <http://www.uni-weimar.de/~bimber/Pub/AR/>>.

BIOCCA, F. and LEVY, M.R. **Communication in the age of virtual reality.** New Jersey: Lawrence Erlbaum, 1995.

BLEZEK, D. J.; ROBB R. A.; MARTIN, D. P. **Virtual Reality Simulation of Regional Anesthesia for Training of Residents.** In: HICSS 33rd Hawaii international. Conference on System Sciences - vol. 5, 2000. Washington. Proceedings... Washington, DC, EUA: IEEE Computer Society.

BOWMAN, D.A.; KRUIJFF, E.; LAVIOLA, J.J.; POUPYREV, I. **3D User Interfaces: Theory and Practice.** Boston: Addison-Wesley, 512p, 2004.

BRAGA, M.C.G. **Diretrizes para o design de mídias em realidade aumentada.** Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento, Florianópolis, 2012.

BROWN, T. **Design thinking: Uma metodologia para decretar o fim das velhas ideias.** Tradução: Cristina Yamagami. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

CHIAVENATO, Idalberto. **Recursos humanos.** 7ª edição Compacta. São Paulo: Atlas, 2002.

CORRÊA, C.G.; NUNES, F.L.S.; BEZERRA, A. **Implementação de Interação em Sistemas Virtuais para Simulação de Exames de Biópsia.** In: VIII

Workshop de Informática Médica - WIM2008 - v.1, 2008, Belém/PA. Anais... Belém/PA: VIII Workshop de Informática Médica, 2008.

CUNHA, Í.; MONTEIRO, B.S.; MORAES, R.M.; MACHADO, L.S. **Anatoml 3D: Um atlas digital baseado em realidade virtual para ensino de medicina**. In: SBC Symposium on Virtual Reality: Proceedings of the SBC Symposium on Virtual Reality; 2006; Belém, Brasil. SBC; 2006. p. 3-14.

DERAKHSHANI, D. **Introducing Maya 2009**. Indianapolis: Wiley, 2009. 603 p.

DE PAOLA, D.P. **The revitalization of U.S. dental education**. Journal of Dental Education, 72(2), 95-97. 200 8.

EL-KHALILI, N. and BRODLIE, K. **Architectural Design Issues for Web-Based Virtual Reality Training Systems**. Proceedings... San Diego, California: International Conference on Web-based Modeling Simulation. Fishwick, P. and Hill, D. and Smith, R. (Eds), pp. 153-158, 1998.

FENCOTT, C. **Towards a Design Methodology for Virtual Environments**. Virtual Reality Applications Research Center. University of Teesside, 1999. Disponível em: < <http://www.fencott.com/clive/tu/research/index.htm>>. Acessado em: 20/10/2013.

FERREIRA, V.A. e GOBARA, S.T. **Dificuldades dos professores diante do uso pedagógico dos recursos da informática no ensino médio**. In: XIII ENDIPE - Encontro Nacional de Didática e Prática de Ensino - v. 1, 2006, Recife. Anais... Recife: UFPE, 2006. p. 1-13.

FILATRO, A. **Design Instrucional na Prática**. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2008.

FILATRO, A. **Design Instrucional Contextualizado: Educação e Tecnologia**. Editora Senac. São Paulo, 2004.

FREITAS, Neli Klix. **Desenvolvimento humano, organização funcional do cérebro e aprendizagem no pensamento de Luria e de Vygotsky**. Ciências & Cognição; Ano 03, Vol 09, 2006. Disponível em www.cienciasecognicao.org

FRIGOTTO, G. A interdisciplinaridade como necessidade e como problema nas ciências sociais. In: JANTSCH, A, & BIANCHETTI, L. (Orgs.) **Interdisciplinaridade: para além da filosofia do sujeito**. Petrópolis: Vozes, 1995.

GILBERT, J. K. e BOULTER, C. J. **Developing Models in Science Education**. Dordrecht, Holanda: Kluwer academic Publisherrs, 2000. 389 p.

GILBERT, J.; BOULTER, C. J.; ELMER, R. **Positioning Models in Science Education and in Design and Technology Education**. In: GILBERT, John K.; BOULTER, Carolyn J. **Developing Models in Science Education**. Dordrecht: Kluwer Academic Publisherrs, 2000. 400 p.

GRÜN, M. **Questionando os pressupostos epistemológicos da educação ambiental: a caminho de uma ética**. Porto Alegre, 1995. 112p. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS.

HARADA, F.J.B.; SANTOS, V.R.; FREITAS, J.C. **Elaboração de metodologia em design assistivo: criação de produtos na área da saúde para o público da terceira idade**. 9º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design. São Paulo: Blücher e Universidade Anhembi Morumbi, 2010. ISBN: 978-85-212-0566-1.

HEARN, D.; BAKER, P. M. **Computer graphics, C version**. Edité par Pearson Education, 1996

KIRNER, C. e TORI, R. Fundamentos de Realidade Aumentada. In: KIRNER, C.; TORI, R.; SISCOOTTO, R. **Fundamentos e Tecnologia de Realidade Virtual e Aumentada**. Pré-Simpósio SVR 2006, SBC, Belém, 200L6, p. 22-38.

KRAUSE, F. C. **Modelos tridimensionais em biologia e aprendizagem significativa na Educação de Jovens e Adultos (EJA) no Ensino Médio**. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Faculdade de Educação, 2012.

LEITE, J.S. **Design no Brasil: Instrumento para que?**. Apostila do Ciclo de Palestras realizado no Centro Universitário Maria Antônia por João de Souza Leite. De 17 a 20 de julho de 2006.

LIU, A.; TENDICK, F.; CLEARY, K.; KAUFMANN, C. **A Survey of Surgical Simulation: Application, Technology and Education**. In: MIT Press, vol. 12, Dezembro, 2003.

LORA, C.A.M.; CARMO, F.M.; TORI, R. **Webservice de ambiente virtual de aprendizagem conversando com interface 3D**. In: 18º CIAED Congresso Internacional ABED de EaD. Anais... São Luís – Maranhão, 2012. ISSN 2175-4098.

MACHADO, L.S. **A Realidade Virtual no Modelamento e Simulação de Procedimentos Invasivos em Oncologia Pediátrica: Um Estudo de Caso no Transplante de Medula Óssea**, 2003, 116 p. Tese (Doutoramento) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Sistemas Eletrônicos. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Sistemas Eletrônicos.

MARÇAL E.; ANDRADE R.; RIOS R. **Aprendizagem utilizando Dispositivos Móveis com Sistemas de Realidade Virtual. Novas Tecnologias na Educação**. CINTED-UFRGS: Santa Catarina, 2005.

MARRA, C.B. **Educação e Informática: uma proposta de capacitação docente**. Florianópolis: Laboratório de Ensino a Distância da UFSC, 2002. 218 p.

MATTAR, João. **Games em educação: como os nativos digitais aprendem**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010. 181 p.

MILGRAM, P.; TAKEMURA, H.; UTSUMI, A.; KISHINO, F. **Augmented Reality: A Class of Displays on the Reality-Virtuality Continuum**. Proceedings. SPIE 2351, Telemanipulator and Telepresence Technologies, 282, 1995.

MILKOVICH G. T. e BORDREAU J. W. **Administração de Recursos Humanos**. Editora Atlas, 2002.

MOLINE J. **Virtual reality for health care: a survey**. Studies in Health Technology and Informatics | Volume 44: Virtual Reality in Neuro-Psychophysiology - Cognitive, Clinical and Methodological Issues in Assessment and Rehabilitation, 1997; 44:3-34. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10175341> Acessado em: 12/06/2013.

MONTERO, E.F.S. e ZANCHET, D.J. **Realidade virtual e a medicina**. Acta Cir. Bras., São Paulo, v. 18, n. 5, Oct. 2003. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-86502003000500017&lng=en&nrm=iso>. Acessado em 20/02/2013.

NETTO, A.V., MACHADO, L.S., OLIVEIRA, M.C.F. **Realidade Virtual**. Florianópolis: Visual Books, 2002.

NICOLESCU, Basarab. **La transdisciplinarité-manifeste**. Paris: França Éditions du Rocher, 1996, 231p.

NUNES, F. L. S.; COSTA, R. M. E. M; MACHADO, L. S.; MORAES, R. M.. Realidade Virtual para Saúde no Brasil: conceitos, desafios e oportunidades. **Revista Brasileira de Engenharia Biomédica** (Impresso), v. 27, p. 243-258, 2011.

OLIVEIRA, A.C.M.T.G. **ViMeT – Projeto e implementação de um framework para aplicações de treinamento médico usando realidade virtual**. 2007. 137f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Centro Universitário Eurípides de Marília, Fundação de Ensino Eurípides Soares da Rocha, Marília, 2007.

PADOVANI, S.; SCHLEMMER, A.; SCARIOT, C.A. **Usabilidade & User Experience, Usabilidade versus User Experience, Usabilidade em User Experience? Uma discussão teórico-metodológica sobre comunalidades e diferenças**. In: 12º ERGODESIGN / USIHC Congresso Internacional de Ergonomia e Usabilidade de Interfaces Humano-Computador. Anais... Natal - RN, 2012.

_____. **Do They Really Think Differently?**. The Horizon (v.9, n.6), 2001.

- PIAGET, J. **The epistemology of interdisciplinary relationships**. In PIAGET, J. (org.) *Main Trends in Interdisciplinary Research*. New York: Harper & Row, 1973. pp. 127-39.
- PINHO, M.S. **Interação em Ambientes Tridimensionais**. In: III Workshop de Realidade Virtual, 2000, Gramado, RS. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação.
- PIRES, M.F.C. Multidisciplinaridade, Interdisciplinaridade e Transdisciplinaridade no Ensino. **Interface - Comunicação, Saúde, Educação**, Botucatu/SP, v.2, n.2, p. 173-182, 1998.
- POHLENZ P., GRÖBE A., PETERSIK A., VON STERNBERG N., PFLESSER B., POMMERT A., HÖHNE K.-H., TIEDE U., SPRINGER I., HEILAND M. **Virtual dental surgery as a new educational tool in dental school**. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*, 2010.
- PREECE, J.; ROGERS, Y.; SHARP, H. **Interaction design: Beyond human-computer interaction**. New York, NY: John Wiley & Sons. 2002.
- PRENSKY, M. **Digital Natives, Digital Immigrants**. *The Horizon* (v.9, n.5), 2001.
- RAMOS, A.F. e SANTOS, P.K. **A contribuição do Design Instrucional e das Dimensões da Educação para o desenvolvimento de Objetos de Aprendizagem**. In: 12º WIE Workshop de Informática na Escola, 2006, Campo Grande, MS.
- RODRIGUES, M.A.F. **Aplicações de Novas Tecnologias de Computação para Simulação e Treinamento de Procedimentos Cirúrgicos**. In: *Proceedings of the XXIX Seminário Integrado de Software e Hardware (SEMISH'02)*. Anais... Florianópolis-SC: do XXII Congresso da SBC, 2002.
- SAFFER, D. **Designing for Interaction: Creating Innovative Applications and Devices**. EPub, New Riders, 2010. Disponível em: <http://books.google.com/books?id=Dd3Hcs9jeoUC&pgis=1>. Acessado em: 28 Out. 2013.
- SISCOOTTO, R. A.; SZENBERG, F.; TORI, R.; RAPOSO, A. B.; CELES, W.; GATTASS, M. Estereoscopia. In: C. Kirner e R. Tori (eds.), **Realidade virtual:**

conceito e tendências. Livro do Pré-Simpósio SVR 2004, Cap. 11, p. 179-201. Editora Mania de Livro, São Paulo, 2004 (ISBN 85-904873-1-8)

SOCHACZEWSKI, S. **A produção da vida: o lugar e papel do trabalho na sociedade contemporânea.** Tese de doutoramento apresentada à FFLCH da USP, São Paulo, 1998.

UTIEL, W. e KIRNER, C. **Realismo Visual em Ambientes Interativos como Ferramentas de Auxílio à Educação.** RENOTE [Online], 7.1 (2009): sem paginação Web. 22 Mai.

VASCONCELOS, B.C. E.; FREITAS, K.C.M.; ALMEIDA, R.A.C.; MAURICIO, H.A. A importância da técnica de aspiração prévia ao bloqueio anestésico do nervo alveolar inferior. **Revista de cirurgia e traumatologia buco-maxilo-facial**, Camaragibe, v.7, n.1, p. 29-36, jan./mar. 2007.

WEBSTER, R.; ZIMMERMAN, D.; MOHLER, B.; MELKONIAN, M.; HALUCK, R. A. **Prototype Haptic Suturing Simulator.** In: Medicine Meets Virtual Reality - Studies in Health Technology and Informatics, 2001. IOS Press, n. 81, p. 567-569.

ANEXO I

SIMULADORES DE REALIDADE VIRTUAL E REALIDADE AUMENTADA APLICADOS AO ENSINO EM ODONTOLOGIA – REVISÃO SISTEMÁTICA

Este tópico descreve as etapas de planejamento, condução e os resultados da revisão sistemática, realizada com o objetivo de obter embasamento teórico a respeito do desenvolvimento de aplicações de RV/RA para simulação da técnica de bloqueio do nervo alveolar inferior.

I. Formulação do problema

Para identificar os avanços na área de tecnologia de sistemas digitais voltados ao ensino na área de odontologia, assim como suas contribuições para o processo de ensino-aprendizagem, foi elaborada a seguinte pergunta:

Qual é estado da arte de aplicações de RV e RA voltadas ao ensino na área de Odontologia e quais seus impactos na aprendizagem dos alunos?

II. Critério de seleção de fontes:

Foram selecionadas fontes disponíveis via web, preferencialmente em bases de dados científicas das áreas de saúde (odontologia) e de tecnologia de sistemas digitais.

III. Métodos de busca de fontes:

As palavras-chaves utilizadas, e previamente definidas, foram aplicadas nas buscas por artigos de periódicos, anais de eventos científicos da área e dissertações ou teses publicadas em fontes de bases de dados disponíveis via web.

IV. Critérios para inclusão e exclusão de estudos:

○ INCLUSÃO

- a. Os documentos devem estar disponíveis na Web;
- b. Estudos que mostrem aplicações de RV ou RA que foram empregadas no ensino de odontologia;

- c. Estudos que apresentem dados sobre os impactos na aquisição de conhecimento ou de habilidades do público alvo em seus resultados;
- d. Documentos que apresentem palavras da *string* de busca no seu título ou no seu resumo;
- e. Documentos escritos em inglês ou em português;
- f. Documentos publicados no período de 2006 a 2011.

○ EXCLUSÃO

- a. Documentos que apresentem aplicações de RV ou RA empregadas na área de medicina;
- b. Documentos que tratem de calibrações de equipamentos empregados em aplicações de RV ou RA;

V. Processo de seleção dos estudos:

O processo de seleção, após execução da string de busca (conjunto de palavras chaves digitadas na máquina de busca da base de dados) definida nas fontes selecionadas, transcorreu da seguinte forma:

- a. As referências dos documentos retornados pela busca são relacionadas em tabela do Word;
- b. Exclusão dos documentos retornados em duplicidade pela busca nas bases de dados;
- c. Seleção dos documentos a partir da verificação dos critérios de inclusão e exclusão, por meio da leitura do resumo e do título do documento;
- d. Registro dos documentos incluídos e excluídos no Formulário de Seleção de Estudos.

VI. Avaliação da qualidade dos estudos:

Os documentos considerados pertinentes foram aqueles atenderam à todos os critérios de inclusão, e não pertinente aqueles atender a um dos critérios de exclusão. Essa avaliação ocorreu por meio da leitura do resumo ou do texto completo do documento.

VII. Estratégia de extração de informações:

Após o processo de seleção, foram extraídas as seguintes informações dos estudos selecionados: Fonte (nº de documentos retornados e de documentos

duplicados); Autor (es); Ano de publicação; Título do documento; Pertinência do resultado da busca.

VIII. Termos, sinônimos e fontes para busca:

- *Virtual Reality*;
- *Augmented Reality*;
- *Teaching – training, skills, ability, learning*;
- *Dentistry – dental, oral, buccal, tooth, teeth*;
- *Medicine – medical, calibration, laparoscopic*.

IX. Estudos preliminares:

Base de dados pesquisada:

WEB OF SCIENCE (WEB OF KNOWLEDGE) < <http://apps.webofknowledge.com>>

String de busca *Title=(virtual reality OR augmented reality) AND Title=(training OR skills OR ability OR teaching OR learning) AND Title=(dental OR dentistry OR oral OR buccal OR tooth OR teeth) NOT Title=(medicine OR medical or calibration orlaparoscopic)*

Resultado:

Nº de documentos retornados 10
 Nº de documentos duplicados em outras bases de dados..... 00
 Nº de documentos que atenderam aos critérios de inclusão..... 10

Tabela 1. Resultado dos estudos preliminares

Nº	Autor	Data	Título
1	Kozhevnikov <i>et al.</i>	2013	Egocentric versus Allocentric Spatial Ability in Dentistry and Haptic Virtual Reality Training. <i>Applied Cognitive Psychology</i>
2	Li Hongjun and An Wenguang	2011	A Study on College Oral English Teaching Based on Virtual Reality Technology. <i>Mechanical, Materials and Manufacturing Engineering, PTS 1-3 Série de livros: Applied Mechanics and Materials.</i>
3	Ben-Gal <i>et al.</i>	2011	Preliminary Assessment of Faculty and Student Perception of a Haptic Virtual Reality Simulator for Training Dental Manual Dexterity <i>Journal of Dental Education</i>
4	Suebnuakarn <i>et al.</i>	2011	Access cavity preparation training using haptic virtual reality and microcomputed tomography tooth models <i>International Endodontic Journal</i>

5	Rhienmora <i>et al.</i>	2010	A Virtual Reality Simulator for Teaching and Evaluating Dental Procedures <i>Methods of Information in Medicine</i>
6	Suebnuarn <i>et al.</i>	2010	Augmented Kinematic Feedback from Haptic Virtual Reality for Dental Skill Acquisition <i>Journal of Dental Education</i>
7	Kolesnikov <i>et al.</i>	2009	PerioSim: Haptic Virtual Reality Simulator for Sensorimotor Skill Acquisition in Dentistry <i>Icra: 2009 Ieee International Conference on Robotics and Automation, Vols 1-7</i>
8	Yoshida <i>et al.</i>	2009	Virtual Reality Simulation Training for Dental Surgery <i>Medicine Meets Virtual Reality 17 - Nextmed: Design for the Well Being</i>
9	Steinberg <i>et al.</i>	2007	Assessment of faculty perception of content validity of PerioSim (c), a haptic-3D virtual reality dental training simulator <i>Journal of Dental Education</i>
10	Wang Dangxiao <i>et al.</i>	2007	Multi-modal virtual reality dental training system with integrated haptic-visual-audio display <i>Robotic Welding, Intelligence and Automation</i>

X. Estudos secundários

- **BIREME (BVS)** < <http://regional.bvsalud.org/php/index.php?lang=pt> >

(virtual reality OR augmented reality) AND (training OR skills OR ability OR teaching OR learning) AND (dental OR dentistry OR oral OR buccal OR tooth OR teeth)

Resultado:

Nº de documentos retornados 18
 Nº de documentos duplicados em outras bases de dados 06
 Nº de documentos que atenderam aos critérios de inclusão 14

Tabela 2. Resultado do string de busca executado na base de dados BIREME (BVS)

Nº	Autor	Data	Título	Duplicado
1	Ben-Gal et. al.	2013	Testing manual dexterity using a virtual reality simulator: reliability and validity. <i>European Journal of Dental Education</i>	Não
2	Qi et. al.	2013	The impact of active versus passive use of 3D technology: a study of dental students at Wuhan University, China. <i>Journal of dental education</i>	Não

3	Kikuchi et. al.	2013	Evaluation of a virtual reality simulation system for porcelain fused to metal crown preparation at Tokyo Medical and Dental University. <i>Journal of dental education</i>	Não
4	Yamaguchi et. al.	2013	The usefulness of a haptic virtual reality simulator with repetitive training to teach caries removal and periodontal pocket probing skills. <i>Dental materials journal</i>	Sim
5	Trung	2012	Elaboração e aplicação de um novo objeto de aprendizagem para o ensino de preparo cavitário em Dentística - introdução da realidade aumentada. <i>Tese em Português BBO - odontologia (Brasil) ID: 39523</i>	Não
6	Bogdan and Popovici	2012	Information system analysis of an e-learning system used for dental restorations simulation. <i>Comput Methods Programs Biomed</i>	Não
7	Yoshida et. al.	2012	Development of a multi-layered virtual tooth model for the haptic dental training system. <i>Dental materials journal</i>	Não
8	Gottlieb et. al.	2012	Faculty impressions of dental students' performance with and without virtual reality simulation. <i>Journal of dental education</i>	Não
9	Rhienmora et. al.	2012	Intelligent dental training simulator with objective skill assessment and feedback. <i>Artificial intelligence in medicine</i>	Não
10	Hollis et. al.	2012	Computer assisted learning: a new paradigm in dental education. <i>Journal of the Tennessee Dental Association</i>	Não
11	Casap et. al.	2011	Evaluation of a navigation system for dental implantation as a tool to train novice dental practitioners. <i>Journal of Oral and Maxillofacial Surgery</i>	Não
12	Ben-Gal	2011	Preliminary Assessment of Faculty and Student Perception of a Haptic Virtual Reality Simulator for Training Dental Manual Dexterity <i>Journal of Dental Education</i>	Sim
13	Suebnuarn	2011	Access cavity preparation training using haptic virtual reality and microcomputed tomography tooth models <i>International Endodontic Journal</i>	Sim
14	Rhienmora	2010	A Virtual Reality Simulator for Teaching and Evaluating Dental Procedures <i>Methods of Information in Medicine</i>	Sim
15	Suebnuarn	2010	Teaching dentistry by means of virtual reality--the Geneva project. <i>Int J Comput Dent</i>	Não
16	Yoshida	2009	Virtual Reality Simulation Training for Dental Surgery <i>Medicine Meets Virtual Reality - Nextmed: Design for/the Well Being</i>	Sim

17	Steinberg	2007	Assessment of faculty perception of content validity of PerioSim (c), a haptic-3D virtual reality dental training simulator <i>Journal of Dental Education</i>	Sim
18	Rees et. al.	2007	An initial evaluation of virtual reality simulation in teaching pre-clinical operative dentistry in a UK setting. <i>European journal of prosthodontics and restorative dentistry</i>	Não

○ **EMBASE / MEDLINE** < <http://www.embase.com/home> >

reality AND (virtual OR 'augmented') AND ('training'/exp OR 'skills' OR 'ability'/exp OR 'teaching'/exp OR 'learning'/exp) AND (dental OR 'dentistry'/exp OR 'oral'/exp OR 'buccal'/exp OR 'tooth'/exp OR 'teeth'/exp) NOT medicine NOT calibration NOT laparoscopic AND [2006-2011]/py

Resultado:

Nº de documentos retornados 14

Nº de documentos duplicados em outras bases de dados 03

Nº de documentos que atenderam aos critérios de inclusão 06

Tabela 3. Resultado da string de busca executado na base de dados EMBASE / MEDLINE

Nº	Autor	Data	Título	Duplicado
1	Olaitan	2011	Training of maxillofacial surgeon: Leveraging technology. the African perspective <i>International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery</i>	Não
2	Yoshida et. al.	2011	Development of a multi-layered virtual tooth model for the haptic dental training system. <i>Dental materials journal</i>	Não
3	Katic et. al.	2011	Calibration of see-through goggles for a context-aware augmented reality system <i>International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery</i>	Não
4	Gal et. al.	2011	Preliminary assessment of faculty and student perception of a haptic virtual reality simulator for training dental manual dexterity. <i>Journal of dental education</i>	Sim
5	Bogdan e Popovici	2011	Information system analysis of an e-learning system used for dental restorations simulation <i>Computer Methods and Programs in Biomedicine</i>	Não
6	Pohlenz et. al.	2010	Virtual dental surgery as a new educational tool in dental school <i>Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery</i>	Não
7	Curnier	2010	Teaching dentistry by means of virtual reality - The Geneva project <i>International Journal of Computerized Dentistry</i>	Não
8	Suebnuakarn et. al.	2010	Haptic Virtual Reality for Skill Acquisition in Endodontics <i>Journal of Endodontics</i>	Não

9	Hu et. al.	2009	Effects of dental 3D multimedia system on the performance of junior dental students in preclinical practice: A report from China <i>Advances in Health Sciences Education</i>	Não
10	Sarbadhikari S.N.	2008	Applying health care informatics to improve student learning <i>Medical Education</i>	Não
11	Reynolds, Mason e Eaton	2008	Remember the days in the old school yard: From lectures to online learning <i>British Dental Journal</i>	Não
12	Steinberg et. al.	2007	Assessment of faculty perception of content validity of PerioSim, a haptic-3D virtual reality dental training simulator. <i>Journal of dental education</i>	Sim
13	Wierinck et. al.	2007	Expert performance on a virtual reality simulation system. <i>Journal of dental education</i>	Não
14	Rees et. al.	2007	An initial evaluation of virtual reality simulation in teaching pre-clinical operative dentistry in a UK setting. <i>The European journal of prosthodontics and restorative dentistry</i>	Sim

○ **SCOPUS** < <http://www.scopus.com/home.url> >

reality AND (virtual OR augmented) AND (training OR skills OR ability OR teaching OR learning) AND (dental OR dentistry OR oral OR buccal OR tooth OR teeth) AND NOT medicine AND NOT calibration AND NOT laparoscopic

Resultado:

Nº de documentos retornados 24

Nº de documentos duplicados em outras bases de dados..... 03

Nº de documentos que atenderam aos critérios de inclusão..... 05

Tabela 4. Resultado da string de busca executado na base de dados SCOPUS

Nº	Autor	Data	Título	Duplicado
1	Corrêa, C.G., Tori, R., Nunes, F.L.S.	2013	Haptic simulation for virtual training in application of dental anesthesia [Simulação háptica para treinamento virtual em aplicação de anestesia odontológica] <i>Proceedings - 2013 15th Symposium on Virtual and Augmented Reality, SVR 2013</i>	Não
2	Bogoni, T.N., Pinho, M.S. (1)	2013	Haptic rendering techniques supporting material removal [Técnicas de render háptico com suporte a remoção de material] <i>Proceedings - 2013 15th Symposium on Virtual and Augmented Reality, SVR 2013</i>	Não
3	Bogoni, T.N., Pinho, M.S. (2)	2013	Haptic technique for simulating multiple density materials and material removal <i>21st International Conference in Central Europe on Computer Graphics, Visualization and Computer Vision, WSCG 2013</i>	Não

4	De Boer, I.R., Wesselink, P.R., Vervoorn, J.M.	2013	The creation of virtual teeth with and without tooth pathology for a virtual learning environment in dental education <i>European Journal of Dental Education</i>	Não
5	Yamaguchi, S., Yoshida, Y., Noborio, H., Murakami, S., Imazato, S.	2013	The usefulness of a haptic virtual reality simulator with repetitive training to teach caries removal and periodontal pocket probing skills <i>Dental Materials Journal</i>	Sim
6	Dias, D.R.C., Neto, M.P., Brega, J.R.F., Gnecco, B.B., Trevelin, L.C., De Paiva Guimarães, M.	2012	Design and evaluation of an advanced virtual reality system for visualization of dentistry structures <i>Proceedings of the 2012 18th International Conference on Virtual Systems and Multimedia, VSMM 2012: Virtual Systems in the Information Society</i>	Não
7	Wang, Q., Chen, H., Wu, W., Qin, J., Heng, P.A.	2012	Impulse-based rendering methods for haptic simulation of bone-burring <i>IEEE Transactions on Haptics</i>	Não
8	Suebnuarn et. al.	2011	Access cavity preparation training using haptic virtual reality and microcomputed tomography tooth models <i>International Endodontic Journal</i>	Sim
9	Casap et. al.	2011	Evaluation of a navigation system for dental implantation as a tool to train novice dental practitioners <i>Journal of Oral and Maxillofacial Surgery</i>	Não
10	Urbankova e Engebretson	2011	Computer-assisted dental simulation as a predictor of preclinical operative dentistry performance <i>Journal of Dental Education</i>	Não
11	de Sousa Eskenazi, de Arruda Martins e Ferreira Jr.	2011	Oral Health Promotion through an online training program for medical students <i>Journal of Dental Education</i>	Não
12	De Quervain et. al.	2011	Glucocorticoids enhance extinction-based psychotherapy <i>Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America</i>	Não
13	Tepper et. al.	2011	Use of virtual 3-dimensional surgery in post-traumatic craniomaxillofacial reconstruction <i>Journal of Oral and Maxillofacial Surgery</i>	Não
14	Suebnuarn et. al.	2010	Augmented kinematic feedback from haptic virtual reality for dental skill acquisition <i>Journal of Dental Education</i>	Sim
15	Rosenberg et. al.	2010	Evaluation of computer-aided learning in orthodontics <i>American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics</i>	Não
16	Sukotjo, Yuan e Bordage	2010	A content analysis of dental education research as reported in Two journals <i>Journal of Dental Education</i>	Não

17	Ioannou et. al.	2010	Towards defining dental drilling competence, part 1: A study of bone drilling technique <i>Journal of Dental Education</i>	Não
18	Ghiabi e Taylor	2010	Teaching methods and surgical training in north american graduate periodontics programs: Exploring the landscape <i>Journal of Dental Education</i>	Não
19	Urbankova	2010	Impact of computerized dental simulation training on preclinical operative dentistry examination scores <i>Journal of Dental Education</i>	Não
20	Boldt et. al.	2009	Comparison of the spatial landmark scatter of various 3D digitalization methods <i>Journal of Orofacial Orthopedics</i>	Não
21	Eaton et. al.	2008	A vision of dental education in the third millennium <i>British Dental Journal</i>	Não
22	Satterthwaite e Grey	2008	Peer-group assessment of pre-clinical operative skills in restorative dentistry and comparison with experienced assessors <i>European Journal of Dental Education</i>	Não
23	Feeney et. al.	2008	A description of the new technologies used in transforming dental education <i>British Dental Journal</i>	Não
24	[Nome do Autor indisponível]	2007	Guideline on for monitoring and management of pediatric patients during and after sedation for diagnostic and therapeutic procedures <i>Pediatric Dentistry</i>	Não

○ **IEEE** <<http://ieeexplore.ieee.org/Xplore/dynhome.jsp> >

(virtual reality OR augmented reality) AND (training OR skills OR ability OR teaching OR learning) AND (dental OR dentistry OR oral OR buccal OR tooth OR teeth) NOT (medicine OR medical OR calibration OR laparoscopic)

Resultado:

Nº de documentos retornados 8

Nº de documentos duplicados em outras bases de dados..... 00

Nº de documentos que atenderam aos critérios de inclusão..... 03

Tabela 5. Resultado da *string* de busca executado na base de dados IEEE

Nº	Autor	Data	Título
1	Uchiyama, K.; Funahashi, K.	2013	Tablet VR-Learning System: Chemical Laboratory Experience System <i>Signal-Image Technology & Internet-Based Systems (SITIS), 2013 International Conference on</i>
2	ULLAH, F.; PARK, K.	2012	Visual, Haptic, and Auditory Realities Based Dental Training Simulator <i>Information Science and Applications (ICISA), 2012 International Conference on</i>

3	Li, Wang, e Zhang	2011	iFeel3: A Haptic Device for Virtual Reality Dental Surgery Simulation <i>Virtual Reality and Visualization (ICVRV), 2011 International Conference</i>
4	Jaeger, B.	2009	What educational activities fit virtual worlds: Towards a theoretical evaluation framework <i>Digital Ecosystems and Technologies, 2009. DEST '09. 3rd IEEE International Conference</i>
5	Noborio ET. AL.	2008	Mixed reality software for dental simulation system <i>Haptic Audio visual Environments and Games, 2008. HAVE 2008. IEEE International Workshop</i>
6	Hashimoto, Kato e Matsui	2007	Training of Tooth Scaling by Simulator - Development of Simulator and Investigation of its Effectiveness - <i>Artificial Reality and Telexistence, 17th International Conference</i>
7	Graven e MacKinnon	2006	Exploitation of games and virtual environments for e-learning <i>Information Technology Based Higher Education and Training, 2006. ITHET '06. 7th International Conference</i>
8	Marras ET. AL.	2006	Virtual Dental Patient: a System for Virtual Teeth Drilling <i>Multimedia and Expo, 2006 IEEE International Conference</i>

X.1. Seleção de Estudos

Os documentos selecionados, são aqueles enquadrados nos critérios de inclusão relacionados que se enquadram nos critérios de inclusão ou exclusão.

Tabela 6. Formulário preliminar de Seleção de Estudos

Formulário Preliminar de Seleção de Estudos – Total Selecionado: 63					
Nº	Autor	Ano	Título	Critérios atendidos	
				Inclusão	Exclusão
1.	Kozhevnikov et al.	2013	Egocentric versus Allocentric Spatial Ability in Dentistry and Haptic Virtual Reality Training. <i>Applied Cognitive Psychology</i>	A,B,C,D, E,F	
2.	Ben-Gal et. al.	2013	Testing manual dexterity using a virtual reality simulator: reliability and validity. <i>European Journal of Dental Education</i>	A,B,C,D, E,F	
3.	Qi et. al.	2013	The impact of active versus passive use of 3D technology: a study of dental students at Wuhan University, China. <i>Journal of dental education</i>	A,B,C,D, E,F	
4.	Kikuchi et. al.	2013	Evaluation of a virtual reality simulation system for porcelain fused to metal crown preparation at Tokyo Medical and Dental University. <i>Journal of dental education</i>	A,B,C,D, E,F	

5.	Yamaguchi et. al.	2013	The usefulness of a haptic virtual reality simulator with repetitive training to teach caries removal and periodontal pocket probing skills. <i>Dental materials journal</i>	A,B,C,D, E,F	
6.	Trung	2012	Elaboração e aplicação de um novo objeto de aprendizagem para o ensino de preparo cavitário em Dentística - introdução da realidade aumentada. <i>Tese em Português BBO - odontologia (Brasil) ID: 39523</i>	A,B,C,D, E,F	
7.	Bogdan and Popovici	2012	Information system analysis of an e-learning system used for dental restorations simulation. <i>Comput Methods Programs Biomed</i>	A,D,E,F	
8.	Yoshida et. al.	2012	Development of a multi-layered virtual tooth model for the haptic dental training system. <i>Dental materials journal</i>	A,B,C,D, E,F	
9.	Gottlieb et. al.	2012	Faculty impressions of dental students' performance with and without virtual reality simulation. <i>Journal of dental education</i>	A,B,C,D, E,F	
10.	Rhienmora et. al.	2012	Intelligent dental training simulator with objective skill assessment and feedback. <i>Artificial intelligence in medicine</i>	A,B,C,D, E,F	
11.	Hollis et. al.	2012	Computer assisted learning: a new paradigm in dental education. <i>Journal of the Tennessee Dental Association</i>	A,B,C,D, E,F	
12.	Casap et. al.	2011	Evaluation of a navigation system for dental implantation as a tool to train novice dental practitioners. <i>Journal of Oral and Maxillofacial Surgery</i>	A,B,C,D, E,F	
13.	Corrêa, C.G., Tori, R., Nunes, F.L.S.	2013	Haptic simulation for virtual training in application of dental anesthesia [Simulação háptica para treinamento virtual em aplicação de anestesia odontológica] <i>Proceedings - 2013 15th Symposium on Virtual and Augmented Reality, SVR 2013</i>	A,B,D,E,F	
14.	Bogoni, T.N., Pinho, M.S. (1)	2013	Haptic rendering techniques supporting material removal [Técnicas de render háptico com suporte a remoção de material] <i>Proceedings - 2013 15th Symposium on Virtual and Augmented Reality, SVR 2013</i>	A,B,D,E,F	
15.	Bogoni, T.N., Pinho, M.S. (2)	2013	Haptic technique for simulating multiple density materials and material removal <i>21st International Conference in Central Europe on Computer Graphics, Visualization and Computer Vision, WSCG 2013</i>	A,B,D,E,F	

16.	De Boer, I.R., Wesselink, P.R., Vervoorn, J.M.	2013	The creation of virtual teeth with and without tooth pathology for a virtual learning environment in dental education <i>European Journal of Dental Education</i>	A,B,C,D, E,F	
17.	Yamaguchi, S., Yoshida, Y., Noborio, H., Murakami, S., Imazato, S.	2013	The usefulness of a haptic virtual reality simulator with repetitive training to teach caries removal and periodontal pocket probing skills <i>Dental Materials Journal</i>	A,B,C,D, E,F	
18.	Dias, D.R.C., Neto, M.P., Brega, J.R.F., Gnecco, B.B., Trevelin, L.C., De Paiva Guimarães, M.	2012	Design and evaluation of an advanced virtual reality system for visualization of dentistry structures <i>Proceedings of the 2012 18th International Conference on Virtual Systems and Multimedia, VSMM 2012: Virtual Systems in the Information Society</i>	A,B,D,E,F	
19.	Wang, Q., Chen, H., Wu, W., Qin, J., Heng, P.A.	2012	Impulse-based rendering methods for haptic simulation of bone-burring <i>IEEE Transactions on Haptics</i>	A,B,C,D, E,F	
20.	Uchiyama, K.; Funahashi, K.	2013	Tablet VR-Learning System: Chemical Laboratory Experience System <i>Signal-Image Technology & Internet-Based Systems (SITIS), 2013 International Conference on</i>	A,D,E,F	
21.	ULLAH, F.; PARK, K.	2012	Visual, Haptic, and Auditory Realities Based Dental Training Simulator <i>Information Science and Applications (ICISA), 2012 International Conference on</i>	A,B,D,E, F	
22.	Ben-Gal	2011	Preliminary Assessment of Faculty and Student Perception of a Haptic Virtual Reality Simulator for Training Dental Manual Dexterity <i>Journal of Dental Education</i>	A,B,C,D, E,F	
23.	Suebnuarn, S.	2011	Access cavity preparation training using haptic virtual reality and microcomputed tomography tooth models <i>International Endodontic Journal</i>	A,B,C,D, E,F	
24.	Olaitan	2011	Training of maxillofacial surgeon: Leveraging technology. the African perspective <i>International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery</i>	A,B,C,D, E,F	
25.	Yoshida et. al.	2011	Development of a multi-layered virtual tooth model for the haptic dental training system. <i>Dental materials journal</i>	A,D,E,F	
26.	Bogdan e Popovici	2011	Information system analysis of an e-learning system used for dental restorations simulation <i>Computer Methods and Programs in Biomedicine</i>	A,D,E,F	
27.	Casap et. al.	2011	Evaluation of a navigation system for dental implantation as a tool to train novice dental practitioners <i>Journal of Oral and Maxillofacial Surgery</i>	A,D,E,F	

28.	Urbankova e Engebretson	2011	Computer-assisted dental simulation as a predictor of preclinical operative dentistry performance <i>Journal of Dental Education</i>	A,D,E,F	
29.	De Sousa Eskenazi, De Arruda Martins e Ferreira	2011	Oral Health Promotion through an online training program for medical students <i>Journal of Dental Education</i>	A,D,E,F	A
30.	De Quervain et. al.	2011	Glucocorticoids enhance extinction-based psychotherapy <i>Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America</i>	A,D,E,F	
31.	Tepper et. al.	2011	Use of virtual 3-dimensional surgery in post-traumatic craniomaxillofacial reconstruction <i>Journal of Oral and Maxillofacial Surgery</i>	A,D,E,F	
32.	Katic et. al.	2011	Calibration of see-through goggles for a context-aware augmented reality system <i>International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery</i>	A,D,E,F	B
33.	Li, Wang e Zhang	2011	iFeel3: A Haptic Device for Virtual Reality Dental Surgery Simulation <i>Virtual Reality and Visualization (ICVRV), 2011 International Conference</i>	A,B,C,D,E,F	B
34.	Rhienmora et al.	2010	A Virtual Reality Simulator for Teaching and Evaluating Dental Procedures <i>Methods of Information in Medicine</i>	A,B,C,D,E,F	
35.	Suebnuarn et al.	2010	Augmented Kinematic Feedback from Haptic Virtual Reality for Dental Skill Acquisition <i>Journal of Dental Education</i>	A,B,C,D,E,F	
36.	Suebnuarn,	2010	Teaching dentistry by means of virtual reality--the Geneva project. <i>International Journal of Computerized Dentistry</i>	A,B,C,D,E,F	
37.	Pohlenz et. al.	2010	Virtual dental surgery as a new educational tool in dental school <i>Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery</i>	A,B,C,D,E,F	
38.	Curnier F.	2010	Teaching dentistry by means of virtual reality - The Geneva project <i>International Journal of Computerized Dentistry</i>	A,D,E,F	
39.	Suebnuarn et. al.	2010	Haptic Virtual Reality for Skill Acquisition in Endodontics <i>Journal of Endodontics</i>	A,B,C,D,E,F	
40.	Rosenberg et. al.	2010	Evaluation of computer-aided learning in orthodontics <i>American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics</i>	A,D,E,F	
41.	Sukotjo, Yuan e Bordage	2010	A content analysis of dental education research as reported in Two journals <i>Journal of Dental Education</i>	A,D,E,F	
42.	Ioannou et. al.	2010	Towards defining dental drilling competence, part 1: A study of bone drilling technique <i>Journal of Dental Education</i>	A,D,E,F	

43.	Ghiabi e Taylor	2010	Teaching methods and surgical training in north american graduate periodontics programs: Exploring the landscape <i>Journal of Dental Education</i>	A,D,E,F	
44.	Urbankova	2010	Impact of computerized dental simulation training on preclinical operative dentistry examination scores <i>Journal of Dental Education</i>	A,D,E,F	
45.	Kolesnikov et al.	2009	PerioSim: Haptic Virtual Reality Simulator for Sensorimotor Skill Acquisition in Dentistry <i>Icra: 2009 Ieee International Conference on Robotics and Automation, Vols 1-7</i>	A,B,C,D, E,F	
46.	Yoshida et al.	2009	Virtual Reality Simulation Training for Dental Surgery <i>Medicine Meets Virtual Reality - Nextmed: Design for/the Well Being</i>	A,B,C,D, E,F	
47.	Hu et. al.	2009	Effects of dental 3D multimedia system on the performance of junior dental students in preclinical practice: A report from China <i>Advances in Health Sciences Education</i>	A,B,C,D, E,F	
48.	Boldt et. al.	2009	Comparison of the spatial landmark scatter of various 3D digitalization methods <i>Journal of Orofacial Orthopedics</i>	A,D,E,F	
49.	Jaeger	2009	What educational activities fit virtual worlds: Towards a theoretical evaluation framework <i>Digital Ecosystems and Technologies, 2009. DEST '09. 3rd IEEE International Conference</i>	A,D,E,F	
50.	Noborio et. al.	2008	Mixed reality software for dental simulation system <i>Haptic Audio visual Environments and Games, 2008. HAVE 2008. IEEE International Workshop</i>	A,B,C,D, E,F	
51.	Sarbadhikari	2008	Applying health care informatics to improve student learning <i>Medical Education</i>	A,D,E,F	
52.	Reynolds, Mason e Eaton	2008	Remember the days in the old school yard: From lectures to online learning <i>British Dental Journal</i>	A,D,E,F	
53.	Eaton et. al.	2008	A vision of dental education in the third millennium <i>British Dental Journal</i>	A,D,E,F	
54.	Satterthwaite e Grey	2008	Peer-group assessment of pre-clinical operative skills in restorative dentistry and comparison with experienced assessors <i>European Journal of Dental Education</i>	A,D,E,F	
55.	Feeney et. al.	2008	A description of the new technologies used in transforming dental education <i>British Dental Journal</i>	A,D,E,F	

56.	Steinberg <i>et al.</i>	2007	Assessment of faculty perception of content validity of PerioSim (c), a haptic-3D virtual reality dental training simulator <i>Journal of Dental Education</i>	A,B,C,D, E,F	
57.	Wang, Zhang e Sun	2007	Multi-modal virtual reality dental training system with integrated haptic-visual-audio display <i>Robotic Welding, Intelligence and Automation</i>	A,B,C,D, E,F	
58.	Rees <i>et. al.</i>	2007	An initial evaluation of virtual reality simulation in teaching pre-clinical operative dentistry in a UK setting. <i>The European journal of prosthodontics and restorative dentistry</i>	A,B,C,D, E,F	
59.	Wierinck <i>et. al.</i>	2007	Expert performance on a virtual reality simulation system. <i>Journal of dental education</i>	D,E,F	B
60.	[Nome do Autor indisponível]	2007	Guideline on for monitoring and management of pediatric patients during and after sedation for diagnostic and therapeutic procedures <i>Pediatric Dentistry</i>	D,E,F	A
61.	Hashimoto, Kato e Matsui	2007	Training of Tooth Scaling by Simulator - Development of Simulator and Investigation of its Effectiveness <i>Artificial Reality and Telexistence, 17th International Conference</i>	A,B,C,D, E,F	
62.	Graven e MacKinnon	2006	Exploitation of games and virtual environments for e-learning <i>Information Technology Based Higher Education and Training, 2006. ITHET '06. 7th International Conference</i>	D,E,F	
63.	Marras <i>et. al.</i>	2006	Virtual Dental Patient: a System for Virtual Teeth Drilling <i>Multimedia and Expo, 2006 IEEE International Conference</i>	A,B,C,D, E,F	

X.2. DOCUMENTOS SELECIONADOS QUE APRESENTAM RESULTADOS DE IMPACTO NA AQUISIÇÃO DE CONHECIMENTO OU HABILIDADES

Os documentos indicados com “X”, na coluna Pertinência do Documento, apresentam os resultados de impacto desejados. A indicação (IH) corresponde a utilização de Interface Háptica na aplicação. Os documentos indicados com “0” não apresentam resultados de impacto.

Resultados:

➤ Nº de documentos selecionados

➤ 31

- Nº de documentos que apresentam resultados de impacto da aplicação no ensino de odontologia ➤ 26
- Nº de documentos que utilizam Interface Háptica ➤ 29
- Nº de documentos que apresentam contribuição para aquisição de conhecimento ➤ 23
- Nº de documentos que apresentam contribuição para desenvolvimento de habilidades ➤ 29

Tabela 7. Formulário final de Seleção de Estudos

Formulário Final de Seleção de Estudos

PERTINÊNCIA DO DOCUMENTO: (PD)

CONTRIBUIÇÃO: (AC) Aquisição de conhecimento / (DH) Desenvolvimento de Habilidades

Nº	Autor	Ano	Título	PD	Contribuição	
					AC	DH
1.	Kozhevnikov <i>et al.</i>	2013	Egocentric versus Allocentric Spatial Ability in Dentistry and Haptic Virtual Reality Training. <i>Applied Cognitive Psychology</i>	X (IH)	X	X
2.	Ben-Gal <i>et. al.</i>	2013	Testing manual dexterity using a virtual reality simulator: reliability and validity. <i>European Journal of Dental Education</i>	X (IH)	X	X
3.	Qi <i>et. al.</i>	2013	The impact of active versus passive use of 3D technology: a study of dental students at Wuhan University, China. <i>Journal of dental education</i>	X (IH)	X	X
4.	Kikuchi <i>et. al.</i>	2013	Evaluation of a virtual reality simulation system for porcelain fused to metal crown preparation at Tokyo Medical and Dental University. <i>Journal of dental education</i>	X (IH)	X	X
5.	Yamaguchi <i>et. al.</i>	2013	The usefulness of a haptic virtual reality simulator with repetitive training to teach caries removal and periodontal pocket probing skills. <i>Dental materials journal</i>	X (IH)	X	X
6.	Trung	2012	Elaboração e aplicação de um novo objeto de aprendizagem para o ensino de preparo cavitário em Dentística - introdução da realidade aumentada. <i>Tese em Português BBO - odontologia (Brasil) ID: 39523</i>	X (IH)	X	X
7.	Yoshida <i>et. al.</i>	2012	Development of a multi-layered virtual tooth model for the haptic dental training system. <i>Dental materials journal</i>	X (IH)	X	X

Nº	Autor	Ano	Título	PD	Contribuição	
8.	Gottlieb et. al.	2012	Faculty impressions of dental students' performance with and without virtual reality simulation. <i>Journal of dental education</i>	X (IH)	X	X
9.	Rhienmora et. al.	2012	Intelligent dental training simulator with objective skill assessment and feedback. <i>Artificial intelligence in medicine</i>	X (IH)	X	X
10.	Hollis et. al.	2012	Computer assisted learning: a new paradigm in dental education. <i>Journal of the Tennessee Dental Association</i>	X (IH)	X	X
11.	Casap et. al.	2011	Evaluation of a navigation system for dental implantation as a tool to train novice dental practitioners. <i>Journal of Oral and Maxillofacial Surgery</i>	X (IH)	X	X
12.	De Boer, I.R., Wesselink, P.R., Vervoorn, J.M.	2013	The creation of virtual teeth with and without tooth pathology for a virtual learning environment in dental education <i>European Journal of Dental Education</i>	X (IH)	X	X
13.	Yamaguchi, S., Yoshida, Y., Noborio, H., Murakami, S., Imazato, S.	2013	The usefulness of a haptic virtual reality simulator with repetitive training to teach caries removal and periodontal pocket probing skills <i>Dental Materials Journal</i>	X (IH)	X	X
14.	Wang, Q., Chen, H., Wu, W., Qin, J., Heng, P.A.	2012	Impulse-based rendering methods for haptic simulation of bone-burring <i>IEEE Transactions on Haptics</i>	X (IH)	X	X
15.	Ben-Gal, Gilad	2011	Preliminary assessment of faculty and student perception of a haptic virtual reality simulator for training dental manual dexterity. <i>Journal of dental education</i>	X (IH)	X	X
16.	Suebnuarn, S.	2011	Access cavity preparation training using haptic virtual reality and microcomputed tomography tooth models <i>International Endodontic Journal</i>	X (IH)	X	X
17.	Suebnuarn, S.	2011	Training of maxillofacial surgeon: Leveraging technology. the African perspective <i>International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery</i>	X (IH)	X	X
18.	Olaitan	2010	A virtual reality simulator for teaching and evaluating dental procedures <i>Methods of Information in Medicine</i>	X (IH)	X	X
19.	Suebnuarn Siriwan; Haddawy Peter; Rhienmora Phattanapon; et al.	2010	Augmented kinematic feedback from haptic virtual reality for dental skill acquisition <i>Journal of Dental Education</i>	X (IH)		X

Nº	Autor	Ano	Título	PD	Contribuição	
20.	Suebnuakarn, Siriwan	2010	Teaching dentistry by means of virtual reality -- the Geneva project. <i>International Journal of Computerized Dentistry</i>	X (IH)		
21.	Pohlenz P., Gröbe A., Petersik A., Von Sternberg N., Pflesser B., Pommert A., Höhne K.-H., Tiede U., Springer I., Heiland M.	2010	Virtual dental surgery as a new educational tool in dental school <i>Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery</i>	X (IH)	X	X
22.	Suebnuakarn S., Haddawy P., Rhienmora P., Gajananan K.	2010	Haptic Virtual Reality for Skill Acquisition in Endodontics <i>Journal of Endodontics</i>	X (IH)		X
23.	Kolesnikov Maxim; Zefran Milos; Steinberg Arnold D.; et al.	2009	PerioSim: Haptic Virtual Reality Simulator for Sensorimotor Skill Acquisition in Dentistry <i>Icra: 2009 Ieee International Conference on Robotics and Automation, Vols 1-7</i>	0 (IH)		X
24.	Yoshida Yoshinori; Yamaguchi Satoshi; Wakabayashi Kazumich; et al.	2009	Virtual Reality Simulation Training for Dental Surgery <i>Medicine Meets Virtual Reality 17 - Nextmed: Design for/the Well Being</i>	0 (IH)		X
25.	Hu J., Yu H., Shao J., Li Z., Wang J., Wang Y.	2009	Effects of dental 3D multimedia system on the performance of junior dental students in preclinical practice: A report from China <i>Advances in Health Sciences Education</i>	X (não indicado)	X	X
26.	Noborio, H.; Sasaki, D.; Kawamoto, Y.; Tatsumi, T.; Sohmlura, T.	2008	Mixed reality software for dental simulation system <i>Haptic Audio visual Environments and Games, 2008. HAVE 2008. IEEE International Workshop</i>	X (IH)	X	X
27.	Steinberg Arnold D.; Bashook Philip G.; Drummond James; et al.	2007	Assessment of faculty perception of content validity of PerioSim (c), a haptic-3D virtual reality dental training simulator <i>Journal of Dental Education</i>	X (IH)	X	X
28.	Wang Dangxiao; Zhang Yuru; Sun Zhitao	2007	Multi-modal virtual reality dental training system with integrated haptic-visual-audio display <i>Robotic Welding, Intelligence and Automation</i>	X (IH+audio)	X	X
29.	Rees JS; Jenkins SM; James T; Dummer PM; Bryant S; Hayes SJ; Oliver S; Stone D; Fenton C	2007	An initial evaluation of virtual reality simulation in teaching pre-clinical operative dentistry in a UK setting. <i>European journal of prosthodontics and restorative dentistry</i>	X (IH)		X

Nº	Autor	Ano	Título	PD	Contribuição	
30.	Hashimoto, N.; Kato, H.; Matsui, K.	2007	Training of Tooth Scaling by Simulator -- Development of Simulator and Investigation of its Effectiveness – <i>Artificial Reality and Telexistence, 17th International Conference</i>	0 (IH)	X	X
31.	Marras et. al.	2006	Virtual Dental Patient: a System for Virtual Teeth Drilling <i>Multimedia and Expo, 2006 IEEE International Conference</i>	X(IH)		

XI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

_____. **Access cavity preparation training using haptic virtual reality and microcomputed tomography tooth models.** International Endodontic Journal, v. 44, n. 11, p. 983-989, Nov 2011. ISSN 0143-2885. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2591.2011.01899.x/pdf>>. Acessado em: 11/09/2011.

BEN GAL, G.; WEISS, E.I.; GAFNI, N.; ZIV, A. **Preliminary Assessment of Faculty and Student Perception of a Haptic Virtual Reality Simulator for Training Dental Manual Dexterity.** Journal of Dental Education, v. 75, n. 4, p. 496-504, Apr 2011. ISSN 0022-0337. Disponível em: <<http://www.jdentaled.org/cgi/pmidlookup?view=long&pmid=21460270>>. Acessado em: 11/09/2011.

BOGDAN C.M., POPOVICI D.M. **Information system analysis of an e-learning system used for dental restorations simulation.** Computer Methods and Programs in Biomedicine, 2011.

BOLDT, F., WEINZIERL, C., HERTRICH, K., HIRSCHFELDER, U. **Comparison of the spatial landmark scatter of various 3D digitalization methods.** Journal of Orofacial Orthopedics, 2009.

CASAP, N., NADEL, S., TARAIZI, E., WEISS, E.I. **Evaluation of a navigation system for dental implantation as a tool to train novice dental practitioners.** Journal of Oral and Maxillofacial Surgery, 2011.

CHEN, L. Y.; FUJIMOTO, H.; MIWA, K.; ABE, T.; SUMI, A.; ITO, Y. **A dental training system using virtual reality**. In proceeding of: Computational Intelligence in Robotics and Automation, 2003. Proceedings. 2003 IEEE International Symposium on, Volume: 1.

CURNIER F. **Teaching dentistry by means of virtual reality - The Geneva project**. International Journal of Computerized Dentistry, 2010.

CURNIER, F. **Teaching dentistry by means of virtual reality--the Geneva project**. Geneva Dental School, Department of Cariology, University of Geneva, Geneve, Switzerland. Int J Comput Dent 13:251-63. 2010

DE QUERVAIN, D.J.-F., BENTZ, D., MICHAEL, T., BOLT, O.C., WIEDERHOLD, B.K., MARGRAF, J., WILHELM, F.H. **Glucocorticoids enhance extinction-based psychotherapy**. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2011.

DE SOUSA ESKENAZI, E., DE ARRUDA MARTINS, M., FERREIRA Jr., M. **Oral Health Promotion through an online training program for medical students**. Journal of Dental Education, 2011.

EATON, K.A., REYNOLDS, P.A., GRAYDEN, S.K., WILSON, N.H.F. **A vision of dental education in the third millennium**. British Dental Journal 205, nº5: 261-271, 2008.

FEENEY, L., REYNOLDS, P.A., EATON, K.A., HARPER, J. **A description of the new technologies used in transforming dental education**. British Dental Journal, 2008.

GHIABI, E. and TAYLOR, K.L. **Teaching methods and surgical training in north american graduate periodontics programs: Exploring the landscape**. Journal of Dental Education, 2010.

HASHIMOTO, N.; KATO, H.; MATSUI, K. **Training of Tooth Scaling by Simulator - Development of Simulator and Investigation of its Effectiveness -- Artificial Reality and Telexistence**. 17th International Conference on, 2007.

HU J., YU H., SHAO J., LI Z., WANG J., WANG Y. **Effects of dental 3D multimedia system on the performance of junior dental students in preclinical practice: A report from China.** Advances in Health Sciences Education, 2009.

IOANNOU, I., KAZMIERCZAK, E., STERN, L., SMITH, A.C., WISE, L.Z., FIELD, B. **Towards defining dental drilling competence, part 1: A study of bone drilling technique.** Journal of Dental Education, 2010.

JAEGER, B. **What educational activities fit virtual worlds: Towards a theoretical evaluation framework.** Digital Ecosystems and Technologies. DEST '09. 3rd IEEE International Conference on, 2009.

KATIC, D.; CHRISTIAN, T.; CASTRILLON-OBERNDORFER, G.; EGGERS, G.; HOFFMANN, J.; DILLMANN, R.; SPEIDEL, S. **Calibration of see-through goggles for a context-aware augmented reality system.** International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery, 2011.

KIM, L. e PARK, S.H. **Haptic interaction and volume modeling techniques for realistic dental simulation.** In: The Visual Computer: International Journal of Computer Graphics. PublisherSpringer-Verlag New York, Inc. Secaucus, NJ, USA. ISSN:0178-2789. Volume Issue 2, February 2006 .

KOLESNIKOV, M.; ZEFRAN, M.; STEINBERG, A.D.; BASHOOK, P.G. **PerioSim: Haptic Virtual Reality Simulator for Sensorimotor Skill Acquisition in Dentistry.** In: (Ed.). Icra: 2009 Ieee International Conference on Robotics and Automation, Vols 1-7, 2009. p.3611-3616. (IEEE International Conference on Robotics and Automation-ICRA). ISBN 1050-4729

LI, C.; WANG, D.; ZHANG, Y.; **iFeel3: A Haptic Device for Virtual Reality Dental Surgery Simulation.** Virtual Reality and Visualization (ICVRV), 2011 International Conference on, 2011.

MACHADO, L.S. **A Realidade Virtual no Modelamento e Simulação de Procedimentos Invasivos em Oncologia Pediátrica: Um Estudo de Caso no Transplante de Medula Óssea,** 2003, 116 p. Tese (Doutoramento) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Sistemas Eletrônicos. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Sistemas Eletrônicos.

MARRAS, I.; PAPALEONTIOU, L.; NIKOLAIDIS, N.; LYROUDIA, K.; PITAS, I. **Virtual Dental Patient: a System for Virtual Teeth Drilling**. Multimedia and Expo, 2006 IEEE International Conference on, 2006.

NOBORIO, H.; SASAKI, D.; KAWAMOTO, Y.; TATSUMI, T.; SOHMURA, T. **Mixed reality software for dental simulation system**. Haptic Audio visual Environments and Games, 2008. HAVE 2008. IEEE International Workshop on, 2008.

OLAITAN AA. **Training of maxillofacial surgeon: Leveraging technology. the African perspective**. International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery, 2011.

POHLENZ P., GRÖBE A., PETERSIK A., VON STERNBERG N., PFLESSER B., POMMERT A., HÖHNE K.-H., TIEDE U., SPRINGER I., HEILAND M. **Virtual dental surgery as a new educational tool in dental school**. Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery, 2010.

REES JS; JENKINS SM; JAMES T; DUMMER PM; BRYANT S; HAYES SJ; OLIVER S; STONE D; FENTON C. **An initial evaluation of virtual reality simulation in teaching pre-clinical operative dentistry in a UK setting**. European journal of prosthodontics and restorative dentistry, 2007.

REYNOLDS P.A., MASON R., EATON K.A. **Remember the days in the old school yard: From lectures to online learning**. British Dental Journal, 2008.

RHIENMORA, P.; HADDAWY, P.; KHANAL, P.; SUEBNUKARN, S.; DAILEY, M.N. **A Virtual Reality Simulator for Teaching and Evaluating Dental Procedures**. Methods of Information in Medicine, v. 49, n. 4, p. 396-405, 2010 2010. ISSN 0026-1270. Disponível em: < <http://iist.unu.edu/sites/iist.unu.edu/files/biblio/Rhienmora-VRSim.pdf> >. Acessado em: 11/09/2011.

ROSENBERG, H., POSLUNS, J., TENENBAUM, H.C., TOMPSON, B., LOCKER, D. **Evaluation of computer-aided learning in orthodontics**. American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics, 2010.

SARBADHIKARI S.N. **Applying health care informatics to improve student learning**. Medical Education, 2008.

SATTERTHWAITE, J.D., GREY, N.J.A. **Peer-group assessment of pre-clinical operative skills in restorative dentistry and comparison with experienced assessors**. European Journal of Dental Education, 2008.

STEINBERG, A.D.; BASHOOK, P.G.; DRUMMOND, J.; ASHRAFI, S.; ZEFRAN, M. **Assessment of faculty perception of content validity of PerioSim (c), a haptic-3D virtual reality dental training simulator**. Journal of Dental Education, v. 71, n. 12, p. 1574-1582, Dec 2007. ISSN 0022-0337. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18096883>>. Acessado em: 11/09/2011.

SUEBNUKARN, S.; HADDAWY, P.; RHENMORA, P.; GAJANANAN, K. **Haptic Virtual Reality for Skill Acquisition in Endodontics**. Journal of Endodontics, 2010.

SUEBNUKARN, S.; HADDAWY, P.; RHENMORA, P.; JITTIMANEE, P.; VIRATKET, P. **Augmented Kinematic Feedback from Haptic Virtual Reality for Dental Skill Acquisition**. Journal of Dental Education, v. 74, n. 12, p. 1357-1366, Dec 2010. ISSN 0022-0337. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21123503>>. Acessado em: 11/09/2011.

SUEBNUKARN, S. **Teaching dentistry by means of virtual reality--the Geneva project**. International Journal of Computerized Dentistry, 2010.

SUKOTJO, C., YUAN, J.C.-C., BORDAGE, G. **A content analysis of dental education research as reported in two journals**. Journal of Dental Education, 2010.

TEPPER, O.M., SORICE, S., HERSHMAN, G.N., SAADEH, P., LEVINE, J.P., HIRSCH, D. **Use of virtual 3-dimensional surgery in post-traumatic craniomaxillofacial reconstruction**. Journal of Oral and Maxillofacial Surgery, 2011.

URBANKOVA, A. **Impact of computerized dental simulation training on preclinical operative dentistry examination scores**. Journal of Dental Education, 2010.

URBANKOVA, A., ENGBRETSON, S.P. **Computer-assisted dental simulation as a predictor of preclinical operative dentistry performance**. Journal of Dental Education, 2011.

WANG, D.; ZHANG, Y.; SUN, Z. **Multi-modal virtual reality dental training system with integrated haptic-visual-audio display**. In: TARN, T. J. C. S. B. Z. C. (Ed.). Robotic Welding, Intelligence and Automation, v.362, 2007. p.453-462. (Lecture Notes in Control and Information Sciences). ISBN 0170-8643-978-3-540-73373-7.

WIERINCK E.R., PUTTEMANS V., SWINNEN S.P., VAN STEENBERGHE D. **Expert performance on a virtual reality simulation system**. Journal of dental education, 2007.

YOSHIDA Y., YAMAGUCHI S., KAWAMOTO Y., NOBORIO H., MURAKAMI S., SOHMURA T. **Development of a multi-layered virtual tooth model for the haptic dental training system**. Dental materials journal, 2001.

YOSHIDA, Y.; YAMAGUCHI, S.; WAKABAYASHI, K.; NAGASHIMA, T.; TAKESHIGE, F.; KAWAMOTO, Y.; NOBORIO, H.; SOHMURA, T. **Virtual reality simulation training for dental surgery**. Medicine Meets Virtual Reality 17: NextMed: Design for/the Well Being. AMSTERDAM: I O S PRESS, (2009). :435-7.