

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE ODONTOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA

HERALDO LUIS DIAS DA SILVEIRA

**DESENVOLVIMENTO E TESTE DE UM MODELO INTERATIVO PARA
APRENDIZAGEM E CALIBRAGEM EM CEFALOMETRIA RADIOGRÁFICA**

Tese apresentada como parte dos requisitos obrigatórios para
obtenção do título de Doutor em Clínica Odontológica pela
Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
Área de concentração: Radiologia.

Prof^a. Dra. HELOÍSA EMÍLIA DIAS DA SILVEIRA
ORIENTADORA

Porto Alegre, maio 2008

FICHA CATALOGRÁFICA

S587d Silveira, Heraldo Luis Dias da

Desenvolvimento e teste de um modelo interativo para aprendizagem e calibragem em cefalometria / Heraldo Luis Dias da Silveira. – 2008.

76 f. : il.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Faculdade de Odontologia. Programa de Pós-Graduação em Odontologia - Clínica Odontológica (Radiologia), Porto Alegre, 2008.

Orientadora: Heloisa Emília Dias da Silveira

1. Cefalometria 2. Análise cefalométrica 3. Calibragem de pontos cefalométricos 4. Aprendizagem em cefalometria I. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Faculdade de Odontologia II. Título

CDU 616.31-073.75

Dedico esse trabalho aos meus pais que sempre acreditaram na importância da educação.

"As verdadeiras armas de um guerreiro são seus sonhos".

Autor desconhecido

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me fornecido ânimo e saúde para vencer mais esta etapa na minha vida acadêmica.

À Professora Heloísa Emília Dias da Silveira, por sua orientação segura e empenhada, fator fundamental para o êxito deste trabalho.

À Professora Maria João da Silva Gomes, por sua orientação e acolhida carinhosa no Departamento de Tecnologia Educativa da Universidade do Minho, Portugal.

Ao Professor Reni Raymundo Dalla-Bona, pela amizade e incentivo permanentes.

Ao Professor Manoel Sant`Ana Filho, coordenador do programa de Pós-Graduação da FO/UFRGS, pelo apoio na concretização do estágio sanduíche.

Aos Professores, colegas e amigos do programa de Pós-Graduação da FO/UFRGS.

Aos alunos da disciplina Diagnóstico por Imagem por sua colaboração no desenvolvimento do trabalho.

Aos mestrandos, bolsistas e monitores da Radiologia.

A Capes, pela concessão da bolsa de estágio sanduíche junto à Universidade do Minho, Portugal.

Ao Laboratório de Processamento de Imagens, Departamento de Informática e Estatística, Universidade Federal de Santa Catarina.

RESUMO

As análises cefalométricas computadorizadas baseiam-se na marcação de pontos anatômicos sobre imagens radiográficas digitalizadas. Estudos têm questionado o desempenho dos executores, tendo em vista a falta de reprodutibilidade dos exames. Tal fato, gera preocupação com a formação do profissional para a prática da cefalometria radiográfica. Desta forma, se faz necessária a criação de novas abordagens no ensino que permitam promover e consolidar conhecimentos e intervenções neste domínio. Dentro deste contexto, foram desenvolvidos um objeto virtual chamado *Ceph-Learning* para aprendizagem e um software intitulado *Cyclops Cephalometry* para treinamento e calibragem em cefalometria radiográfica. Especialistas em tecnologia educativa, ortodontia, alunos de graduação e pós-graduação testaram os produtos criados. Os resultados mostraram que estes apresentam-se como ferramentas úteis, eficientes e facilitadoras do processo de aprendizagem e calibragem, servindo de suporte para o aprendizado e prática da cefalometria. Conclui-se que a tecnologia virtual aplicada ao aprendizado assistido por computador é eficiente e melhora o desempenho acadêmico e profissional nos exames cefalométricos.

Palavras-chave: análise cefalométrica, aprendizagem, calibragem

ABSTRACT

Computed cephalometric analysis is based on the identification of anatomical landmarks marked on digitized radiographic images. Some studies have been enquiring the performance of the examiner, considering the analysis lack of reproducibility. This outcome generates a concern regarding the academic training of the professionals responsible for the cephalometric analysis. Therefore, the creation of new educational approaches which could allow the promotion and consolidation of interventions within this domain is necessary. This context has lead to the development of a virtual object directed to teaching denominated *Ceph-Learning* and a calibrating and training software named *Cyclops Cephalometry*. Technology education and orthodontics specialists, undergraduate and graduate students have tested the developed products. Results show that these tools have facilitated the teaching and calibrating process proven to be useful and efficient, therefore, standing as a cephalometric practice and learning support. As a conclusion, virtual technology applied to computer-aided learning is efficient and improves the professional and academic performance regarding cephalometric analysis.

Key-words: cephalometric analysis, learning, calibrating

LISTA DE ABREVIATURAS

CAI - Computed Assisted instruction

CAL - Computed Aided Learning

EIAC - Ensino Interativo Assistido por Computador

TACD - Tecnologia Avançada de Comunicação Digital

TIC - Tecnologia da Informação e Comunicação

3D - Três Dimensões

Pontos Cefalométricos, Linhas de Referência e Medidas Cefalométricas

SNA - Ângulo formado pelos pontos Sela, Násio e ponto A

SNB - Ângulo formado pelos pontos Sela, Násio e ponto B

SNP - Ângulo formado pelos pontos Sela, Násio e Pogônio

S-N – Plano cefalométrico que une os pontos Sela e Násio

Ba-N - Plano cefalométrico que une os pontos Básio e Násio

Ba - Básio

Po - Pório

Ar - Articular

ANS - Anterior Nasal Spine

UM – Upper molar

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	13
REVISÃO DA LITERATURA	15
• Importância da cefalometria	15
• Dificuldade de identificação dos pontos	16
• Variação na marcação dos pontos	19
• Aprendizagem interativa	20
• Testes em educação	25
OBJETIVOS	28
Objetivos específicos	28
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	30
ARTIGO CIENTÍFICO 1	36
ARTIGO CIENTÍFICO 2	49
ARTIGO CIENTÍFICO 3	57
CONSIDERAÇÕES FINAIS	70
CONCLUSÕES	72
ANEXOS	74

INTRODUÇÃO

No campo da educação e formação clínica, como em muitos outros, os educadores e profissionais vêm progressivamente reconhecendo o potencial das tecnologias de informação e comunicação (TIC), em termos de aprendizagem. O impacto destas, particularmente no que concerne aos mais recentes avanços tecnológicos no domínio da informática e das redes de computadores, tem sido muito significativo no campo clínico, nas mais diversas especialidades, quer no campo do desenvolvimento de técnicas de diagnóstico, quer no campo da educação/formação. A cefalometria radiográfica, por exemplo, é uma das áreas da odontologia que se apropriou de excelentes recursos tecnológicos nomeadamente através do desenvolvimento de *softwares* específicos para realização de análises cefalométricas computadorizadas. Em termos gerais, estas se baseiam na marcação de pontos anatômicos pelo examinador sobre imagens radiográficas digitalizadas. Todavia, diversos estudos têm demonstrado falta de consolidação de conhecimentos por parte dos executores, evidenciada pela falta de reprodutibilidade dos exames, o que sugere a necessidade de adotar novas abordagens no ensino e na prática da cefalometria radiográfica que permitam promover e consolidar conhecimentos e intervenções neste domínio. O objetivo deste estudo foi desenvolver e testar um modelo interativo de aprendizagem e calibragem em cefalometria radiográfica para ser utilizado tanto no ensino como no suporte científico em estudos cefalométricos comparativos.

REVISÃO DA LITERATURA

Importância da cefalometria

A cefalometria radiográfica é um importante recurso no diagnóstico, planejamento e acompanhamento de um tratamento ortodôntico, ortopédico dentofacial ou cirúrgico ortognático. Seu estudo teve início em 1931 com H. Hofrath e B. Holly Broadbent e possibilitou uma variedade enorme de estudos com a finalidade de melhor conhecer as tendências do crescimento craniofacial e de estabelecer padrões normais, por meio de inúmeras análises que visavam possibilitar um diagnóstico mais seguro e um plano de tratamento ortodôntico mais adequado e correto (FONSECA, 2001).

As telerradiografias, quando utilizadas para mensurações lineares ou angulares, são chamadas de radiografias cefalométricas. Sobre estas realizam-se estudos cefalométricos com a identificação e determinação dos pontos do cefalograma, assim como, as mensurações das linhas e ângulos formados pela ligação destes pontos (FREITAS; ROSA; SOUZA, 2004). A telerradiografia fornece a imagem da estrutura óssea, dentária e tegumentar com desconsiderável ampliação ou deformação. Seu caráter específico refere-se à preocupação em manter estáveis as condições nas quais as mesmas são obtidas, a fim de que sucessivos exames, de um mesmo paciente, possam ser superpostos com uma grande margem de precisão (ARAÚJO, 1983).

Os métodos mais utilizados para análise cefalométrica são o manual e o semi-automatizado, onde os pontos são marcados pelo profissional e os cálculos realizados pelo computador (RUDOLPH, SINCLAIR e COGGINS, 1998).

Alguns estudos desenvolveram programas para identificação automática de pontos anatômicos com a ajuda do computador, mas concluíram que, considerando a complexidade da estrutura craniana, seja necessário o desenvolvimento de métodos de marcação automática mais precisos para que se justifique seu uso na ortodontia (LIU, CHEN e CHENG ,2000; KAZANDJIAN, KILIARIDIS e MAVROPOULOS, 2006).

A cefalometria é uma avaliação objetiva de valores mensuráveis, ao contrário do exame clínico, freqüentemente subjetivo. Langlade (1993) afirma que um ortodontista que exclui a cefalometria no seu trabalho cotidiano é como um avião sem mapa, rádio ou radar, não sendo digno de ser chamado cientista. You e Häag (1999) relatam ser a cefalometria importante não só para o diagnóstico, mas também para a avaliação do tratamento ortodôntico. Em muitos casos, um adequado diagnóstico pode ser feito sem um cefalograma. Contudo, isso é praticamente impossível para avaliar com exatidão a resposta ao tratamento e as mudanças de crescimento capazes de serem avaliadas em uma série de cefalogramas laterais.

A cefalometria radiográfica é fundamental no diagnóstico, planejamento e acompanhamento das correções ortodônticas. No entanto, para fazer prognóstico de crescimento, além desta, é necessário levar em consideração as características morfológicas do paciente (FONSECA, 2001), assim como, basear-se nas diferenças de raça, gênero e idade, conforme Huang, Taylor e Dasanayake (1998) defendem em seu estudo. As diferenças dos valores cefalométricos de referência entre diferentes centros são significantes e isto, provavelmente, reflete as diferenças genéticas e raciais que devem ser levadas em consideração, quando estudos com comparações internacionais são realizados (TRENOUTH; LAITUNG; NAFTEL, 1999). A utilização de traçados adaptados e estabelecimento de padrões cefalométricos flutuantes podem ser úteis para o planejamento de cirurgia ortognática e ortopedia dentofacial (FRANCHI; BACCETTI; MCNAMARA, 1998).

Dificuldade de identificação dos pontos

O conhecimento da anatomia radiográfica para Yen (1960), é essencial na interpretação de radiografias cefalométricas, pois, muitas vezes, um limite anatômico pode ser ocultado ou mascarado pela superposição de imagem do osso adjacente, ou pelas diferenças em suas densidades e espessuras, dificultando a interpretação.

A cefalometria radiográfica é toda baseada em imagens obtidas por meio de projeção radiográfica do complexo craniofacial do paciente. Sua qualidade depende de inúmeros fatores, tais como tempo de exposição, potência do aparelho, processamento da radiografia, densidade óssea, etc. Na cefalometria radiográfica, lida-se com imagens que resultam da projeção de elementos anatômicos sobre um filme, imagens estas que nem sempre correspondem a uma estrutura anatômica específica. Alguns pontos e referências na cefalometria não existem na craniometria. São pontos virtuais resultantes da superposição de imagens de pontos anatômicos localizados em planos sagitais diferentes. Pelo fato da imagem radiográfica tratar-se de uma projeção, ela por si já apresenta uma ampliação das estruturas localizadas no plano sagital mediano (FONSECA, 2001).

A análise cefalométrica é baseada na marcação de pontos anatômicos, sendo que, alguns destes, oferecem dificuldade de identificação (MOYERS, 1991; LANGLADE, 1993). Desta forma, o valor da análise cefalométrica depende, e muito, da exatidão das técnicas de medidas, pois um erro no registro pode determinar um diagnóstico incorreto (STABRUN e DANIELSEN, 1982; RUDOLPH; SINCLAIR; COGGINS, 1998; TRENOUTH; LAITUNG; NAFTEL, 1999).

Em um estudo comparando erros na localização de pontos quando refeita a marcação na mesma radiografia e em uma nova, Cooke e Wei (1991) concluíram que o percentual de erro foi mais significativo nas novas radiografias. Perceberam, ainda, pobre reprodutibilidade no plano oclusal funcional, plano de Frankfurt e longo eixo dos incisivos.

Chan et al. (1994) quantificaram o erro na identificação de cada ponto incluído na avaliação da angulação do incisivo relativo ao plano cefalométrico, e qualificaram os efeitos subseqüentes na estimativa da angulação dos incisivos inferiores e superiores. Nenhum estudo prévio relatou ter analisado a precisão na localização de pontos cefalométricos e distinguido entre erros de identificação de pontos anatômicos afetando ou não as medidas de um ângulo. Neste estudo, um sistema de coordenadas foi usado calculando o efeito da localização dos pontos anatômicos nas angulações dos incisivos. A precisão dos pontos esqueléticos e dentais foi similar. Cada ponto tem suas características próprias na distribuição de erros de identificação ao longo dos eixos vertical e horizontal. O erro na localização dos

pontos dentais influenciou mais na angulação equivocada dos incisivos do que o erro na localização dos pontos esqueléticos.

As medidas cefalométricas relacionadas com os incisivos apresentam grande frequência de erros nas análises de Ricketts e Steiner estudadas por Martins et al. (1995).

Segundo Fonseca (2001) existem basicamente três tipos de erros de mensuração: o erro de projeção, relacionado à medida verdadeira; o erro de localização de pontos cefalométricos; e o erro mecânico durante o traçado das linhas entre os pontos e/ou na mensuração com régua (ou escala) e transferidor. Salienta também que, este último, apresenta-se bastante reduzido com a utilização do computador para mensurações entre os pontos digitalizados. Ricketts (1969) introduziu a tecnologia dos computadores na cefalometria onde as medidas eram feitas e registradas automaticamente. Em concordância, Pereira, Mundstock e Berthold (1998) afirmam que as tarefas quando executadas pelo computador são mais rápidas e seguras, ganhando-se qualidade e tempo.

Segundo Haag et al. (1998) poucos estudos cefalométricos têm utilizado crânios secos para eliminar o efeito dos tecidos moles. O objetivo do estudo por eles realizado foi quantificar a reprodutibilidade intraobservador de pontos e ângulos cefalométricos mais usados, utilizando crânios secos e comparando esses erros com dados de erros prévios dos obtidos de cefalogramas normais de pacientes vivos. O desvio padrão dos ângulos e distâncias dentais e esqueléticas é maior na presença dos tecidos moles. Essas diferenças foram quatro vezes maiores para as medidas incluindo a localização do ponto Nasio (SNA, SNB, SNP). A Espinha Nasal Anterior, no plano horizontal, também foi grandemente afetada pela presença dos tecidos moles. Os erros observados nesse estudo servem como padrão para uma interpretação racional clínica dos valores cefalométricos.

You e Hägg (1999) compararam três métodos de superposição de imagem: Björk, Ricketts e Pancherz, e concluíram que os três métodos são confiáveis para fazer as medidas. Mostraram que S-N é um melhor plano de referência que Ba-N, pois há maior dificuldade de identificação do ponto Ba.

Variação na marcação dos pontos

A mais importante causa de erros é a incerteza na identificação dos pontos anatômicos e o erro intraobservador é geralmente menor que o erro interobservador (COHEN,1984).

Lau, Cooke e Hägg (1997) tentaram quantificar e comparar os erros de medição cefalométrica (interobservador) entre dois residentes de ortodontia e dois residentes de cirurgia bucomaxilofacial, com diferentes anos de experiência. Tomaram como hipótese que os erros de medição iriam diferir entre os observadores com diferentes experiências de treinamento, e que isto levaria a discordâncias na avaliação cefalométrica. Cada examinador, independentemente, digitalizou trinta cefalogramas duas vezes. O erro interexaminador foi grande, tanto na identificação de pontos quanto nas medições angulares e lineares. A quantidade de erros não dependeu do treinamento ou da experiência do examinador, mas, provavelmente, de uma concepção individual na definição e percepção dos pontos de referência. Da mesma forma, para Rudolph, Sinclair e Coggins (1998) a limitação da performance visual humana pode resultar em erros na identificação dos pontos. Esses erros podem ser expressos tanto interobservadores como intraobservadores. Entretanto, afirmam que a variação interobservadores pode ser causada por variações no treinamento e experiência ou, ainda, pela natureza subjetiva da identificação de pontos cefalométricos.

Chen et al. (2000) constataram em seu trabalho que as diferenças de localização de pontos entre as radiografias originais e suas imagens digitalizadas foram estatisticamente significantes e que o erro interexaminador é maior na imagem digital do que na radiografia original, mas a confiabilidade da identificação de pontos na imagem digital foi comparável à original exceto para os pontos Po, Ar, ANS, UM. Esses pontos com baixa confiabilidade na imagem digital devem ser marcados com mais cuidado quando da confecção de um cefalograma que utilize este sistema. Silveira, Silveira e Dalla-Bona (2000) realizaram um estudo utilizando dez telerradiografias avaliadas por cinco profissionais capacitados que identificaram diferentes pontos anatômicos para definir posicionamento de maxila e mandíbula em relação à base anterior do crânio. O erro interobservador pôde ser constatado baseado nas diferenças significativas quanto aos diagnósticos encontrados.

Em um estudo que procurava observar reprodutibilidade de medidas foram selecionadas 40 telerradiografias laterais e enviadas, em momentos diferentes, para três clínicas de radiologia odontológica realizarem as análises cefalométricas. A partir dos resultados encontrados, concluiu-se que as diferenças nos valores das medidas existem e são significativas para a maioria dos fatores (SILVEIRA e SILVEIRA, 2006). A reprodutibilidade de medidas cefalométricas realizadas por especialistas em radiologia é maior do que aquela apresentada pelas clínicas, entretanto representa 57% das medidas (ARÚS, 2005).

Segundo Houston (1983), erros sistemáticos ou tendenciosos ocorrem quando as radiografias são medidas por pessoas com diferentes conceitos de marcação dos pontos, enquanto os erros ocasionais ocorrem como resultado de variações no posicionamento do paciente no cefalostato e na densidade e contraste radiográficos, assim como, pela dificuldade na marcação de determinados pontos. A cefalometria não é uma ciência exata. Embora os cefalogramas possam ser medidos com razoável precisão, o erro padrão de uma determinada estrutura pode variar significativamente (McNAMARA, 1990). O erro em cefalometria é uma constante, mesmo quando o traçador é experiente e o uso do computador não reduz significativamente os erros sistemáticos ou casuais evidenciando a necessidade de replicar as mensurações nas pesquisas científicas (RUDOLPH; SINCLAIR; COGGINS, 1998).

Aprendizagem interativa

O consumo das novas tecnologias de comunicação, em especial da internet e da televisão, é uma realidade inquietante, não só pela quantidade de tempo que diariamente é dedicada a estes meios, pelos diversos setores da sociedade, mas também pelos valores das mensagens transmitidas. Hoje em dia, praticamente tudo é visto pela tela da televisão ou do computador (AMARAL, 2003). A revolução tecnológica produziu uma geração de alunos que cresceu em ambientes ricos de multimídia, com expectativas e visão de mundo diferentes das gerações anteriores. Portanto, a revisão das práticas educacionais é condição necessária para que se possa dar-lhes educação apropriada (SANTOS, 2001). Assim, é preciso que a instituição escolar esteja preparada para educar com os meios de comunicação

atuais. A educação deverá capacitar pessoas que irão enfrentar um mundo digital de uma forma reflexiva e crítica (AMARAL, 2003).

Os profissionais ligados à educação vêm percebendo a necessidade de adaptação e assimilação de novos modelos de aprendizagem, tais como o uso de recursos para melhor apresentar o conteúdo, como projetores multimídia, até a transposição deste para o meio de aprendizagem virtual e colaborativo que a internet, a partir de um correto *design* instrucional, pode vir a proporcionar, inclusive como suporte a aula presencial. Surge, a partir desta mudança, um novo repertório necessário ao professor para exercer seu apurado ofício e criam-se novos papéis para este, no ambiente tecnológico em ebulição, enfatizando a mudança da educação transmitida para a educação interativa (MIRSHAWKA JR, 2004). O conhecimento diferencia-se da informação enquanto se entende conhecimento como um processo dinâmico de interpretação, de reelaboração das informações a que são conferidos sentido e significados operados pelos sujeitos no processo da comunicação (CATAPAN, 2001).

Estudos comprovam que a utilização de computadores de forma interativa não apenas aumenta a motivação para o estudo, como também facilita a absorção do conhecimento, quando o material é apresentado de forma gráfica adequada à participação do usuário (WILLIS, 1995).

Quanto à proposta pedagógica, o uso do computador para ensinar determinado conceito tem sido explorado basicamente a partir de duas concepções: a primeira, no sistema tradicional de Instrução Apoiada por Computador (CAI), em que o modelo de *software* segue métodos dirigidos de pergunta e resposta com base na teoria skinneriana. Este é o modelo que mais se propagou nos processos de trabalho pedagógico, tendo como modelagem original a técnica de instrução programada. Essa modalidade caracteriza uma versão computadorizada dos métodos tradicionais de ensino. Encontram-se em grande escala comercial *softwares* desenvolvidos nesse modelo, por exemplo os tutoriais, os de exercício e práticas e a maioria dos jogos. Nesse modelo, a tecnologia pode ser a mais avançada, mas a concepção pedagógica e metodologia de ensino continuam no modelo tradicional da transmissão de conhecimentos e pode tornar o processo ainda menos produtor, no sentido da aprendizagem, do que a aula expositiva presencial, reforçando uma cultura escolar de passividade e reprodução. Uma

abordagem mais recente é a EIAC (Ensino Interativo Assistido por Computador) baseada na ciência da cognição, bastante explorada pelos sistemas de interatividade que utilizam recursos de multimídia e hipermídia. Atualmente esses programas têm sido enriquecidos com hipertextos, imagens em vídeo, som e animação, superando a linguagem linear pelos recursos da hipermídia. Nessa abordagem, um avanço pedagogicamente interessante, que se tem observado ultimamente, é a exploração dos sistemas de simulação apoiados nos princípios de interação e imersão como ferramenta básica no processo de trabalho pedagógico. Porém, a utilização desses modelos ainda é bastante restrita como instrumental de ensino em virtude do alto investimento que demandam e por não se encontrarem em escala comercial. Acredita-se que o computador associado às tecnologias de comunicação pode ser um recurso educacional mais efetivo se utilizado como mediação de aprendizagem num processo interacional. Nessa perspectiva, o computador não é encarado como um instrumento que ensina o aprendente, e sim como uma ferramenta que este utiliza para executar um plano de estudos, explorando todos os recursos que o mesmo pode lhe proporcionar: banco de dados, banco de textos; processo de resolução de problemas; simulações de fatos e fenômenos; experimentação em realidade virtual. De maneira geral a potencialidade dos recursos da TACD (Tecnologia Avançada de Comunicação Digital) pode ser explorada para se efetivar uma aprendizagem baseada na demonstração e resolução de conflitos e de construções conceituais de forma compartilhada numa dinâmica de espaço e tempo inigualável (CATAPAN, 2001).

Trata-se, portanto, de verificar a inter-relação entre tecnologia e pedagogia, e na dinâmica de suas interdeterminações, explorar recursos que facilitem a interação promovendo um processo dinâmico e cooperativo de aprendizagem (CATAPAN, 2001). O estudante acostuma-se ao ambiente da discussão e intercâmbio de conhecimento e, o mais importante, prepara-se para enfrentar "os desafios pós-modernos e o perfil das novas gerações marcadamente digitais e visuais" (SILVA, 1998).

O processo de ensino e aprendizagem, nos dias atuais, exige menos conteúdos e tempos fixos e mais processos de pesquisa e comunicação (SANTOS, 2001). Surge uma renovada liberdade de escolha para o aprendiz, não mais limitada por fatores como deslocamento ou proximidade da instituição de ensino. O E-

Learning pode ser uma atividade solitária/individual (auto-estudo individual ou treinamento baseado em computador), ou colaborativa/grupal (grupos colaborativos ou comunicação mediada por computador). Também sugere que o processo de comunicação pode ser síncrono (ocorrendo em "tempo real", com todos os participantes *on-line* no mesmo momento) ou assíncrono (ROMISZOWSKI, 2003; MIRSHAWKA JR, 2004).

O futuro da odontologia também está intimamente ligado ao uso da tecnologia aplicada a computadores (KORDA, 2002). Desde 1986 pesquisadores já tinham definido idéias de como os computadores poderiam ser usados no ensino e na prática da odontologia. As aplicações descritas e visionadas para a informática incluíam planejamento financeiro, auxílio para instrução e diagnóstico via computador, informações *on-line* e comunicação entre profissionais pela rede, permitindo a automatização em larga escala da profissão odontológica. Atualmente, muitos consultórios dentários adotaram o correio eletrônico, a radiologia digital, as câmaras intra-orais e os *softwares* para a educação de pacientes, além de vários outros recursos da internet e, a cada ano, novos e modernos produtos apresentam-se como uma vasta opção para inovar a tecnologia utilizada na prática odontológica. Entretanto, alguns pontos importantes não obtiveram progresso ao longo desses anos, entre eles a demanda de programas relacionados ao ensino que se resumem a páginas escritas com algumas figuras disponíveis na internet. Contudo, a verdadeira inovação na educação pelo computador consiste em programas que não podem ser alcançados pelos métodos tradicionais, como seria o estudo da anatomia dental a partir do modelo 3D de um dente real.

Muitos estudantes não recebem educação formal sobre computadores, pois poucas escolas oferecem cursos de informática aplicada a odontologia ou tópicos relacionados ao uso do computador. Da mesma forma, muitos não tem tempo ou motivação para gastar nas diversas possibilidades e oportunidades que os computadores oferecem para a prática odontológica (SCHLEYER, 2002). Os educadores sempre tiveram ferramentas para auxiliar no processo de transformar a informação em conhecimento. Leitura, estudo individual ou em grupo, estudo experimental e outras estratégias de aprendizado ampliam as possibilidades de escolha para o aprendizado. O computador é um dos mais versáteis instrumentos educacionais, possível de ser empregado também para o estudo da odontologia

(ABBEY, 2002) e o ensino assistido por computador está se tornando cada vez mais presente na educação médica e odontológica (HENNESSEY et al, 1990).

O trabalho em conjunto entre o autor de um livro sobre prótese parcial e um perito em educação com tecnologia culminou no desenvolvimento de um *software* do tipo aprendizagem assistida por computador (CAL) com a maior interatividade possível que o tutorial pudesse oferecer. O material foi utilizado por alunos do terceiro ano da graduação, e sua avaliação realizada através do preenchimento de um questionário pelos alunos. Dos participantes, 66% disseram que sua experiência individual sobre o assunto aumentou e 78% que este é um método positivo para a aprendizagem. Da mesma forma, a maioria relatou ser o programa um meio melhor e mais efetivo do que fitas de áudio, vídeos ou livros para o ensino. Os autores sustentam que o desenvolvimento de programas de computador é uma realidade, podendo se tornar uma forma efetiva e popular para a educação e que, mesmo não sendo aprovada por todos, o uso de *softwares* irá se tornar um mecanismo comum para a educação na odontologia em geral (POLLARD e DAVENPORT, 1994).

O processo de aprendizagem não pode ser interrompido após a graduação e existe consenso entre os profissionais da necessidade constante de atualização na prática clínica. Numa era, em que é cada vez maior o número de consultórios dentários informatizados, nada melhor do que explorar o ensino por computador também para atualização profissional. Os autores avaliaram o desempenho de dois programas independentes e mostraram que é possível utilizar a aprendizagem assistida por computador (CAL) em um contexto de ensino à distância. Entretanto, também foi enfatizado que programas do tipo CAL não devem ser vistos como um meio de substituição a outras formas de atualização mas, sim, como uma maneira mais flexível para desenvolver novos conhecimentos e habilidades, se tornando um meio complementar para a atualização profissional (LONG et al., 1994).

Um *software* interativo desenvolvido para cirurgia foi testado por profissionais da área odontológica, obtendo aprovação de 78% dos usuários, como sendo uma ferramenta positiva para o ensino. Após o uso do programa, 48% alegaram um aumento no seu nível individual de conhecimento sobre a área, tanto na teoria (71%) como nas habilidades práticas (46%). A grande maioria dos usuários que testou o novo método considerou-o melhor do que vídeo, livro, fita de áudio ou artigo de jornal. Este mostrou ser um método efetivo para prover informação clínica até um

determinado grau para profissionais da área odontológica em geral. Um dos motivos para o sucesso é a possibilidade de interação com o programa, o que não é possível com outros meios (MATTHEW et al, 1998).

A tecnologia de realidade virtual tem um forte impacto na pesquisa, desenvolvimento e produção industrial. A realidade virtual aplicada a odontologia poderá ser usada para fornecer melhor educação e treinamento em diversas especialidades odontológicas, permitindo a visualização de relações complexas (como a oclusão dentária), sob novas perspectivas, diferentes ângulos de observação e análises dinâmicas dos sistemas em ação, numa visão 3D, favorecendo o aprendizado e melhorando e facilitando o atendimento clínico (KORDA, 2002)

A multimídia no ensino odontológico tem sido utilizada para simulação de pacientes virtuais. Através de programas, qualquer disciplina pode criar simulações de casos clínicos, ensinando na resolução de problemas e estimulando o pensamento crítico dos estudantes. A experiência de uma simulação interativa com um paciente situa o aluno desde cedo dentro do ambiente clínico, introduzindo os princípios e os processos da solução dos problemas e facilitando a sua entrada definitiva na prática clínica (BUCHANAN, 2001; ABBEY, 2002; LEBLANC et al. 2004; SILVEIRA et al. 2005; WIERINCK et al. 2005; WIERINCK et al. 2006).

Testes em educação

A experiência dos que se dedicam à mensuração educacional, associada às inúmeras pesquisas e trabalhos teóricos (TYLER, 1951; EBEL, 1967; OPPENHEIM, 1992; BÊRNI, 2002), permitiu estabelecer um conjunto de princípios que orientam a construção dos instrumentos de medida do desempenho escolar. O caráter básico desses princípios leva a destacar três. Primeiro, a medida do desempenho escolar é fundamental para uma educação eficiente. A mensuração do desempenho escolar permite, assim, determinar até que ponto os objetivos foram realmente alcançados. Segundo, os instrumentos de medida facilitam as observações que o professor realiza do desempenho do estudante. E por último, todos os objetivos educacionais importantes podem ser mensurados.

O teste, quando bem planejado, não considera apenas comportamentos simples, como o conhecimento de terminologia e de fatos específicos, que exigem

memorização, mas outros mais complexos, como compreensão, aplicação, análise, síntese e avaliação. Podem-se verificar todos estes comportamentos através de questões objetivas, desde que o construtor de itens domine a tecnologia dos testes. A validade e a fidedignidade são considerados requisitos básicos do teste. Somente quando essas características estão presentes é possível considerar o teste um instrumento hábil para fins de verificação e avaliação. A validade de conteúdo, estabelecida a partir de um universo de conhecimentos e comportamentos, que se supõe o examinado deva ter adquirido após a sua experiência educacional, é o mais importante a introduzir-se num teste de desempenho escolar. Uma redução da área examinada, como frequentemente ocorre nas provas de resposta livre, afeta de modo sensível a representatividade do conteúdo e dos comportamentos a verificar. Ao mesmo tempo, aumenta a influência do fator sorte, pela inclusão acidental de algumas áreas de conhecimento. O progresso de qualquer domínio do conhecimento humano está associado à natureza dos instrumentos de medida que emprega e à precisão dessas medidas (VIANNA, 1987).

OBJETIVO GERAL

Desenvolver e testar um modelo interativo para aprendizagem e calibragem em cefalométrie radiográfica.

Objetivos específicos

- a) Desenvolver e testar um software para calibragem de examinadores na identificação de pontos cefalométricos (artigo 1).
- b) Desenvolver e validar um modelo interativo para o aprendizado e treinamento da cefalometria radiográfica (artigo 2).
- c) Avaliar a aprendizagem da cefalometria radiográfica por meio de um modelo interativo LVO- *Learning Virtual Object* (artigo 3).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBEY, L.M. Interactive multimedia patient simulations in dental and continuing dental education. *Dent Clin North Am.*, Philadelphia, v. 46, no. 3, p. 575-587, jul. 2002.

AMARAL, S.F.; PACATA, D.M. A TV Digital interativa no espaço educacional. *Jornal da Unicamp.*, São Paulo. Ed 229, set.2003. Disponível em: <http://www.unicamp.br/unicamp/unicamp_hoje/ju/setembro2003/ju229_pg2b.html>. Acesso em: 7 jun. 2004.

ARAÚJO, T.M. Cefalometria, Conceitos e Análises. Rio de Janeiro, 1983. Dissertação (Mestrado em Odontologia) – Faculdade de Odontologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1983.

ARÚS, N.A. Reprodutibilidade de Medidas Cefalométricas entre Especialistas e Clínicas de Radiologia. Porto Alegre, 2005. Dissertação (Mestrado em Odontologia) – Faculdade de Odontologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005.

BÊRNI, D.A. Técnicas de Pesquisa em Economia. São Paulo: Saraiva, 408p, 2002.

BUCHANAN, J.A. Use of simulation technology in dental education. *J Dent Educ.*, Washington, v. 65, n. 11, p. 1225–1231, 2001.

CATAPAN, A.; FIALHO, F.A.P. Pedagogia e Tecnologia: a comunicação digital no processo pedagógico. In: VIII Congresso Internacional de Educação à Distância, 10/09/2002, Brasília. Anais Eletrônicos. Disponível em:<<http://www.abed.org.br/publique/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?UserActiveTemplate=4abed&inoid=131&sid=117&tpl=printerview>> . Acesso em: 7 jun. 2004.

- CHAN, C.K. et al. Effects of cefalometric landmark validity on incisor angulation. *Am. J. Orthod., St. Louis*, v. 106, n. 5, p. 487-495, Nov. 1994.
- CHEN, Y.J. et al. Comparison of landmark identification in traditional versus computer-aided digital cephalometry. *Angle Orthod., Appleton*, v. 70, n. 5, p.387-392, Oct. 2000.
- COHEN, A.M. Uncertainty in cephalometrics. *Br. J. Orthod., Oxford*, v. 11, n. 1, p. 44-48, Jan. 1984.
- COOKE, M.S.; WEI, S.H. Cephalometric errors: a comparison between repeat measurements and retaken radiographs. *Aust. Orthod. J., Sydney*, v. 36, n. 1, p. 38-43, Feb. 1991.
- EBEL, R.L. The relation of item discrimination to test reliability. *Journal of educational measurement*, 4, 3, Fall. 1967.
- FONSECA, R.C. *Análise Cefalométrica, Diagnóstico e Planejamento Ortodôntico*. São Paulo: Santos, 2001.
- FRANCHI, L.; BACCETTI, T.; McNAMARA, J.A. Jr. Cephalometric floating norms for North American adults. *Angle Orthod., Appleton*, v. 68, n. 6, p. 497-502, Dec. 1998.
- FREITAS, A.; ROSA, J.E. ; SOUZA, I.F. *Radiologia Odontológica*. 6.ed. São Paulo : Artes Médicas, 2004.
- HAAG, U. et al. The reproducibility of cephalometric landmarks: a experimental study on skulls. *Aust. Orthod. J., Sydney* v. 15, n. 3, p. 177-185, Oct. 1998.
- HENNESSEY, J.G. et al. Computer-Based Learning in Radiology: A Hipermedia Aplication in CT. *American Journal of Roentgenology*, v. 155, p. 1317-1320, 1990.
- HOUSTON, W.J.B. The analysis of errors in orthodontic measurements. *Am. J. Orthod., St. Louis*, v. 83, n. 5, p. 382-390, May 1983.

HUANG, W.J.; TAYLOR, R.W.; DASANAYAKE, A.P. Determining cephalometric norms for Caucasians and African Americans in Birmingham. *Angle Orthod.*, Appleton, v. 68, n. 6, p. 503-511, Dec. 1998.

KAZANDJIAN, S.; KILIARIDIS, S.; MAVROPOULOS, A. Validity and Reliability of a New Edge-based Computerized Method for Identification of Cephalometric Landmarks. *Angle Orthod.*, Appleton, v. 76, n. 4, p. 619–624, July 2006.

KORDA, B. et al. The virtual articulator in dentistry : concept and development. *Dent Clin North Am.*, Philadelphia, v. 46, no. 3, p. 493-506, 2002.

LANGLADE, M. *Cefalometria Ortodôntica*. São Paulo: Santos, 1993.

LAU, P.Y.W.; COOKE, M.S. ; HÄGG, U. Effect of training and experience on cephalometric measurement errors on surgical patients. *Int. J. Adult Orthodon. Orthognath. Surg.*, Chicago, v. 12, n.3, p. 204-213, Fall 1997.

LEBLANC, V., URBANKOVA, A., HADAVI, F., LICHTENTHAL, R. A preliminary study in using virtual reality to train dental students. *J Dent Educ.*, Washington, v. 68, n. 3, p. 378–383, 2004.

LIU, J.K.; CHEN, Y.T.; CHENG, K.S. Accuracy of computerized automatic identification of cephalometric landmarks. *Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop.*, St. Louis, v. 118, n. 5, p. 535-540, Nov. 2000.

LONG, A.F. et al. The evaluation of three computer-assisted learning packages for general dental practioners. *Br. Dent. J.*, London, v. 177, no. 11-12, p.410-415, dec. 1994.

MARTINS, L.P. et al. Erro de reprodutibilidade das medidas das análises cefalométricas de Steiner e Ricketts, pelo método convencional e método computadorizado. *Ortodontia*, São Paulo, v. 28, n. 1, p. 4- 17, Jan-Abr. 1995.

MATTHEW, I.R.; POLLARD D.J.; FRAME, J.W. Development and evaluation of a computer-aided learning package for minor oral surgery teaching. *Medical Education*, v. 32, no. 1, p. 89-94, jan. 1998.

McNAMARA, J.A. A method of cefalometric evaluation. Am. J. Orthod., St. Louis, v. 86, n. 6, p. 449-469, Dec. 1990.

MIRSHAWKA J.R., V. A revolução do aprendizado online. Disponível em: <http://www.miniweb.com.br/Atualidade/Tecnologia/Artigos/rev_online.html>. Acesso em: 7 jun. 2004.

MOYERS, R.E. Ortodontia. 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara koogan, 1991.

OPPENHEIM, A.N. Questionnaire Design, Interviewing and Attitude Measurement. London: Pinter Publishers, 303p, 1992.

PEREIRA, C.B.; MUNDSTOCK, C.A. ; BERTHOLD, T.B. Introdução à cefalometria radiográfica. 3 ed. São Paulo: Pancast, 1998.

POLLARD, D.J.; DAVENPORT, J.C. An evaluation of training general dental practitioners in partial denture desingn using a computer-assisted learning program. Br. Dent. J., London, v. 177, no. 11-12, p. 405-409, dec. 1994.

RICKETTS, R.M. The evolution of diagnosis to computerized cephalometrics. Am. J. Orthod., St. Louis, v. 55, n. 6, p. 795-803, June 1969.

ROMISZOWSKI, A. O futuro de E-Learning como inovação educacional: fatores influenciando o sucesso ou fracasso de projetos. Revista Brasileira de Aprendizagem Aberta e a Distância, vol. 2, n. 2, set. 2003. Disponível em: <<http://www.abed.org.br/publique/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?infoid=855& sid = 69>>. Acesso em: 7 jun. 2004.

RUDOLPH, D.J.; SINCLAIR, P.M.; COGGINS, J.M. Automatic computerized radiographic identification of cephalometric landmarks. Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop., St. Louis, v. 113, n. 2, p. 173-179, Feb. 1998.

SANTOS, E.F.G.; CRUZ, M.D.; PAZZETTO, V.T. Ambiente educacional rico em tecnologia: a busca do sentido. In: VIII Congresso Internacional da Abed, 8., ago/2001, Brasília. Anais Eletrônicos...Brasília. Disponível em: <<http://www.abed.org.br/publique/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?UserActiveTemplate=4 abed&infoid=187&sid=102>>. Acesso em: 7 jun. 2004.

SCHLEYER, T. Application service providers in dentistry. *Dent Clin North Am.*, Philadelphia, v. 46, no. 3, p. 477-491, jul. 2002.

SCHLEYER, T. Dental informatics. *Dent Clin North Am.*, Philadelphia, v. 46, no. 3, p. xi-xiv, jul. 2002.

SILVA, M. Comunicação interativa e educação. In: Congresso Internacional Sobre Comunicação e Educação, 1., 1998, São Paulo. *Anais Eletrônicos...* São Paulo, 1998. Disponível em: <<http://www.eca.usp.br/nucleos/ntc/ntcat.htm>>. Acesso em: 7 jun. 2004.

SILVEIRA, H.L.D.; SILVEIRA, H.E.D.; DALLA-BONA, R.R. A influência da identificação de pontos anatômicos nos resultados obtidos em análise cefalométrica. *R. Fac. Odontol.*, Porto Alegre, v. 42, n. 2, p. 41-43, Dez. 2000.

SILVEIRA, H.L.D.; SILVEIRA, H.E.D. Reproducibility of Cephalometric Measurements Made by Three Radiology Clinics. *Angle Orthod.*, Appleton, v. 76, n. 3, p. 394–399, May. 2006.

SILVEIRA, H.L.D.; WORTMANN, R.S.; DALLA-BONA, R.R.; SILVEIRA, H.E.D., Utilizando recursos virtuais no ensino da odontologia. *Actas da Conferência Iadís Ibero-Americana WWW/Internet 2005*, Lisboa: Iadís, vol 1, p.524 – 527, 2005.

STABRUN, A.E.; DANIELSEN, K. Precision in cephalometric landmark identification. *Eur. J. Orthod.*, Oxford, v. 4, n. 3, p. 185-196, Aug. 1982.

TRENOUTH, M.J.; LAITUNG, G.; NAFTEL, A.J. Differences in cephalometric reference values between five centers: relevance to the Eurocleft Study. *Br. J. Oral Maxillofac. Surg.*, Edinburgh, v. 37, n. 1, p. 19-24, Feb. 1999.

TYLER, R.W. The functions of measurement in improving instruction. *The journal of educational research*, v. 35, p.492-501. 1951.

VIANNA, H.M. Testes em educação. Ibrasa: São Paulo, 6ed. 220p. 1987.

WIERINCK, E.; PUTTEMANS, V. and VAN STEENBERGHE, D. Effect of tutorial input in addition to augmented feedback on manual dexterity training and its retention. *Eur J Dent Educ.*, v. 10, p. 24–31, 2006.

WIERINCK, E.; PUTTEMANS, V.; SWINNEN S. and Van STEENBERGHE, D. Effect of augmented visual feedback from a virtual reality simulation system on manual dexterity training. *Eur J Dent Educ.*, v. 9, p. 10–16, 2005.

WILLIS, B. *Computers in Distance Education*. Oct/1995. Disponível em: <<http://www.uidaho.edu/eo/dist6.html>>. Acesso em: 7 jun. 2004.

YEN, P.K.J. Identification of landmarks in cephalometric radiography. *Angle Orthod.*, Appleton, v. 30, n. 1, p. 35-41, 1960.

YOU, Q.L.; HÄAG, U. A comparison of three superimposition methods. *Eur. J. Orthod.*, Oxford, v.21, p.717-725, 1999.

A software system for calibrating examiners in cephalometric point identification

ABSTRACT

Introduction: The literature has shown that subjective concepts lead to inter-observer variation in the definition and identification of cephalometric landmarks. Observers have to be trained and calibrated to conduct any scientific research using cephalometric comparisons. This study aimed at developing and testing a computational model called *Cyclops Cephalometry* in radiographic cephalometry training and calibration. **Methods:** The system proposed uses the concepts of evaluation process manager, examiners and testers, thus affording uniformity to cephalometric evaluation. The system was tested with 5 orthodontists and 5 postgraduation students who located 28 landmarks in 10 lateral cephalometric radiographs before and after training. **Results:** Before training, the Student's *t* test revealed significant differences ($P < .05$) in accuracy from orthodontists and students (71.4% and 54.9%). However, a considerable improvement was observed after training in accuracy for both groups (86,5% and 83%, respectively), without significant differences ($P = .30$) between groups. Users of the system agreed as to software usability aspects such as effectiveness, efficiency and satisfaction. **Conclusion:** This model was shown to be a useful and efficient tool in the calibration process, and may come in assistance to the diverse comparative cephalometry investigations conducted.

Keywords: Cephalometry; Reproducibility; Accuracy

Introduction:

Apart from being an essential investigation resource in clinical practice, radiographic cephalometry is extremely important in comparative scientific studies. Three approaches to cephalometric analyses are currently available: manual, computer-assisted, and computerized. In this third approach, the software automatically locates landmarks and obtains cephalometric distances. Yet, research has proved the

advantages of computer-assisted cephalometry in terms of result reliability.¹⁻³ As for the computerized identification of landmarks, the studies conducted to date have failed to reveal the reliability of computerized results.⁴

Although several softwares have been developed for computer-assisted cephalometry,⁵⁻⁶ the inconsistency observed in the generation of landmarks is a significant source of procedural errors.⁷⁻⁹ Studies have demonstrated that inter-observer variance depends on individual concepts that inevitably present themselves as of landmark identification and definition.¹⁰⁻¹³

The validity of any measurement obtained from cephalometric radiographs depends on the reproducibility of cephalometric landmarks. The quality of radiographs, the conditions under which measurements are made, and the skill and training of the person who traces cephalograms are all variables that affect error magnitude in landmark identification.^{14,15} Thus, it becomes evident that examiner calibration is required in the conduction of any research paper involving cephalometric comparisons.^{11,13,16}

One of the possible pathways toward improvements in inter- and intraobserver error rates consists in statistically assessing reproducibility. As a rule, statistical analyses resort to the intraclass correlation coefficient (ICC) calculated for the sets of landmarks generated on the X and Y coordinates in telerradiographs. This coefficient works as a reproducibility index for continuous data by establishing whether different examiners are trained for uniformity and reproducibility in the conduction of cephalometric analyses.

This study aimed at developing and testing a radiographic cephalometry software to work as a training and calibration tool in the identification of anatomic landmarks. The software should also work as a support tool to innumerable studies that require comparisons between cephalometry results.

Material and methods

The first step in this methodology consisted in clearly defining the roles played by the potential software users. Three user types were defined:

- a) *Manager* — The person responsible for information management for users. The manager should be capable of developing projects to store teleradiographic images. He or she is in charge of keeping the list of trained examiners that qualify for the identification and location of landmarks. The manager may likewise examine project data as auditor;
- b) *Examiner* — The examiner is the person who locates cephalometric landmarks in projects, assisted by tools like *zoom* and *shift*. The final product generated by this user type is a set of landmarks to be used in statistical analyses. The examiner should be a qualified specialist in cephalometric image analyses;
- c) *Tester* — Essentially, the tester has access to the same tools as the examiner, though the set of landmarks generated by the tester may be compared to the reference set generated by examiners. Previous experience is not required, and the tester may be a student.

Each user type may access different and specific functionalities. One of the main characteristics offered by the software is the capacity to generate, store and recover projects. A project is a file compressed by the ZIP compression algorithm. The ZIP file contains a cephalometric image and an XML file with all coordinates of landmarks as defined and located on the respective project image. The compressed file also stores other project information.

Only the manager class of users may generate projects, which are then made available to examiners and testers. Apart from this, the manager lists the users who may access the projects generated and ranks these users under the “examiner” or “tester” categories. Scale calibration in the system is based on the film size used in teleradiographs, which has to be calibrated as soon as it is imported into the project. Such calibration affords accuracy to the millimetric location of control landmarks. When the software is used for training purposes, the manager is free to define the acceptance range for differences, expressed as millimeters, in landmarks defined by testers as compared to those defined by examiners.

Tester and examiner users may not start new projects, though they are allowed

to import and store projects. As previously mentioned, these users' roles are the location of cephalometric landmarks so as to afford the extraction of comparative statistics.

The final number of landmarks a user may add to one project image is 28 (Table I). The landmarks used are consistently reported in the literature worldwide. These landmarks should be chosen using the *add landmarks* tool, and then located on the cephalometric image by clicking on the mouse left button.

The cephalometric landmarks may be shifted or removed by the testers or examiners who identified them. The user has access granted only to the landmarks identified, which guarantees data integrity. The software also indicates the next landmark to be located, and presents all landmarks in order. Nevertheless, the user may select the landmark he or she wishes to locate at a specific moment, simply by clicking on the respective line on the table shown on the right-side screen (Fig 1). After locating the landmarks, the testers may verify their own performance as compared to the average performance calculated for the other users using a tool called *Landmarking assessment*. With this tool, landmarks correctly located are highlighted in green, whereas incorrectly located and non-located landmarks are highlighted in red and yellow, respectively.

Table I. Landmarks

Landmarks	Description
N	Nasion
S	Sella
Po	Porion
Ba	Basion
Co	Condilion
Ar	Articulare
Ptm	Pterygomaxillary

Or	Orbitale
ANS	Anterior nasal spine
PNS	Posterior nasal spine
A	Point A
Pr	Prostion
Uia	Upper incisor apex
Uii	Upper incisor incisal
Lii	Lower incisor incisal
Lia	Lower incisor apex
Id	infradentale
B	Point B
Pog	Pogonion
Me	menton
Gn	Gnation
D	Point D
M6	Mesio-buccal cusp of the lower first molar
Go	Gonion
P'	Soft pogonion
Pn	Pronasale
UL	Upper lip
LL	Lower lip

Each projects automatically calculates:

- The position (in mm) of each landmark on the X and Y axes.
- The mean number of landmarks located by examiners of the project, on the X and Y axes, which work as reference (gold standard) for the training of testers.

The data concerning landmark location for projects are assessed by the manager. In this software module, the manager may load a table and export an XLS file into a statistical analysis software, and thus verify the reproducibility of data using the ICC.

Finally, the landmark sets produced are used to generate comparative statistical information, such as mean distance calculated for values obtained by specialists with different skills and capabilities, for the same type of cephalometric landmarks.

The following attributes facilitate the calibration process:

- a) User-based definition of the gold standard – Each institution using the software may define the gold standard over their own images and landmark identification.
- b) The gold standard is defined as the mean of landmarks located by a number of examiners to be defined by the institution.
- c) The software allows to define a variable range of error acceptance. The project manager may define the range of error acceptance in millimeters, against the predefined gold standard.
- d) The user being trained may check his or her landmarks at any time, in a process that reveals any mistake made for each landmark. The user may then restart the landmarking process, which facilitates and improves the training process based on the understanding of how landmarks are correctly located.
- e) It is possible to identify the landmarks that raise more identification difficulties for each group of testers. This approach is a guideline for training requirements, and therefore becomes a useful assessment tool for managers.

In order to test the software, a gold standard was generated based on the mean number of landmarks located by three different expert cephalometry researchers who

have been calibrated for the role of examiners. Calibration consisted in the identification of landmarks in 10 lateral cephalometric radiographs that did not belong to the study sample. This identification process was repeated after a 15-day interval. Results for the two-time measurements were evaluated using the ICC to check intra- and inter-observer reproducibility. The values obtained for ICC were above 0.8.

Five orthodontists and 5 postgraduate students took part in the training process for testers. The participants were requested to identify the 28 cephalometric landmarks over a set of 10 lateral radiographs. After 2 weeks and the training using the landmark location software, each participant identified the same landmarks on the images, once again. In total, 5,600 landmarks were located. The diagnostic accuracy of each observer and each time was compared to the gold standard. The margin of error against the gold standard defined for the test was 2 mm, both for the X and Y axes.

All data were exported into Excel 2003 (Microsoft, Redmond, Wash). Means for correctly located landmarks of 10 images were used to generate a mean accuracy index for each tester. The data files were coded so as to be used with the Statistical Package for the Social Sciences (version 15.0, SPSS, Chicago, Ill). Means for correctly located landmarks were compared for the 2 groups of testers and the two-time measurements using the Student's *t* test, with significance level $P = .05$.

A 7-point Likert scale was used to rate specific aspects of the software and the related usability experience.

Results

Table II shows that the accuracy level of orthodontists before training was 71,4%, and went up to 86,5% after the training period. For students, accuracy values were 54,9% and 83%, before and after training, respectively. These accuracy values were obtained based on the number of correct landmarking of the 28 landmarks, in the 10 radiographs. Therefore, the gold standard represents 280 correctly located landmarks.

Table II. Accuracy level of orthodontists (O) and of students (S) at the two landmarking times (T) 1 and 2.

	OT1	OT2	ST1	ST2
%	71.4	86.5	54.9	83.0
mean	199.8	242.2	153.8	232.4

Table III shows that the number of correct landmarks identified by orthodontists increased by 42.4 on average, when comparing landmarking times 2 and 1 (pair 1). As for students, this number increased by 78.6 on average (pair 2). When correct landmarks are compared between orthodontists and students at landmarking time 1 (pair 3), the former identified on average 46 correctly located landmarks on top of the number obtained by the latter. In turn, at landmarking time 2, this difference fell to 9.8 correctly located landmarks, on average (pair 4).

The Student's *t* test revealed significant differences ($P < .05$) in accuracy levels for orthodontists and students. However, after training, the Student's *t* test did not show any significant difference in means of correctly located landmarks between orthodontists and students ($P = .30$) (Table III).

Table III. Comparisons between the numbers of correct landmark location (Student's *t* test) for orthodontists (O) and students (S) at the two landmarking times (T) 1 and 2.

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)	
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference					Std. Error Mean
					Lower Bound	Upper Bound				
Pair 1	OT1 - OT2	-42.4	14.826	6.630	-60.808	-23.992	-6.395	4	.003	
Pair 2	ST1 - ST2	-78.6	35.543	15.895	-122.732	-34.467	-4.945	4	.008	
Pair 3	OT1 - ST1	46.0	23.728	10.611	16.538	75.462	4.335	4	.012	
Pair 4	OT2 - ST2	9.8	18.727	8.375	-13.453	33.053	1.170	4	.307	

Table IV shows a high agreement between software usability aspects as effectiveness, efficiency and satisfaction.

Table IV. Software evaluations (7-point Likert scale: 7 = strongly agree; 1 = strongly disagree).

Questions: Degree of agreement*											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Overall
Mean for Professionals	6.40	6.20	6.20	6.00	6.40	5.80	5.80	5.40	6.40	5.80	6.04
SD	0.49	0.75	0.75	0.63	0.49	0.75	0.75	1.02	0.80	0.40	0.68
Mean for Students	6.20	6.40	6.20	6.20	6.40	6.00	6.20	6.20	6.40	4.80	6.10
SD	0.75	0.80	0.75	1.17	0.49	0.63	0.75	0.75	0.80	1.94	0.88

* 1, The software was constructed so that it was easy to use; 2, I think that I would like to use this product frequently; 3, The content of the software was presented and explained clearly; 4, I found that the method used in the software was effective in landmark identification; 5, I found the various functions in this system were well integrated; 6, I was attentive and involved while using the software; 7, The ability to interact with the softwares was helpful in increasing my understanding of the content; 8, Overall, I was satisfied with quality of the software; 9, This approach was effective as a teaching tool. 10, I didn't feel lost using the software.

Discussion

The correct computer-assisted cephalometric analysis conducted over good quality images is based on the performance of examiners as of locating anatomic landmarks. Several studies have demonstrated the difficulties encountered in this identification process.^{4,7,8,8,15} This issue becomes evident in the literature, especially when comparative studies are conducted by non-calibrated examiners.^{11,13,16}

The calibration process requires training and testing, effort and time available to the team, until a given level of reproducibility that reveals data consistency is reached. The *Cyclops Cephalometry* software was developed to speed up and facilitate this learning process. *Cyclops Cephalometry* was modeled so as to offer practical, functional features in keeping with the software's main purpose, i.e., the comparison between different data sets generated by different users.

The reproducibility assessment should be carried out considering data types that have to be evaluated. For continuous data, the ICC is indicated, whereas the kappa index is best used with categorical data. The system proposed may work with two classes of tests: the kappa index may be used to generate a gold standard based on experts' landmark location, and the ICC may be used to export XLS files.

For example, modeling options such as authentication through projects and not by databanks afford the decentralized use of the system. Thus, researchers at different geographic locations may interact using one same project, with no major problems.

Softwares like *Cyclops Cephalometry* may contribute towards a more efficient way to obtain accurate cephalometric results, which ensures the reliable, quantitative evaluation of results. It makes possible to check the quality of the planning, follow-ups and assessment of clinical results to which cephalometry comes as a valuable tool. Thus, the clinical use of cephalometric measurements is not jeopardized by examiner-related inaccuracies.

Inter-observer reproducibility depends on subjective concepts as of the identification and location of landmarks.¹⁰⁻¹³ This was corroborated by the low accuracy by examiners before training. Computer-aided training is encouraged as a way to improve training performances in various fields of knowledge. The present study also reports that orthodontists and students exhibited a significant progress in the identification of landmarks after training (21.2% and 50.1%, respectively).

In general, it is impracticable to specify the usability of softwares without first defining who are the intended users.¹⁷ The participants in the present study, orthodontists and postgraduate students, are potential users of this software, which may be successfully employed in comparative cephalometric studies. The participants'

assessment of the software usability aspects like effectiveness, efficiency and satisfaction was positive.

Conclusion

The *Cyclops Cephalometry* has proved to be a valuable, efficient, and reliable evaluation tool. It can be used in a variety of research involving cephalometric studies.

References

1. Chen YJ, Chen SK, Yao JC, Chang HF. The Effects of differences in landmark identification on the cephalometric measurements in traditional versus digitized Cephalometry. *Angle Orthod.* 2004; 74: 155–161.
2. Chen SK, Chen YJ, Yao JC, Chang HF. Enhanced speed and precision of measurement in a computer-assisted digital cephalometric analysis system. *Angle Orthod.* 2004; 74:501–507.
3. Schulze RK, Gloede MB, Doll GM. Landmark identification on direct digital versus film-based cephalometric radiographs: a human skull study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2002; 122: 635-642.
4. Leonardi R, Giordano D, Maiorana F, Spampinato C. Automatic cephalometric analysis. *Angle Orthod.* 2008; 78:145–151.
5. Baskin HN, Cisneros GJ. A comparison of two computer cephalometric programs. *J Clin Orthod.* 1997; 31:231–233.
6. Gotfredsen E, Kragkov J, Wenzel A. Development of a system for craniofacial analysis from monitor-displayed digital images. *Dentomaxillofac Radiol.* 1999; 28:123–126.
7. Houston WJ. The analysis of errors in orthodontic measurements. *Am J Orthod.* 1983; 83:382–390.

- 8.** Houston WJ, Maher RE, McElroy D, Sherriff M. Sources of error in measurements from cephalometric radiographs. *Eur J Orthod.* 1986; 8:149–151.
- 9.** Kamoen A, Dermaut L, Verbeeck R. The clinical significance of error measurement in the interpretation of treatment results. *Eur J Orthod.* 2001; 23:569–578.
- 10.** Chan CK, Tng TH, Hägg U, Cooke MS. Effects of cephalometric landmark validity on incisor angulation. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1994; 106:487–495.
- 11.** Lau PY, Cooke MS, Hägg U. Effect of training and experience on cephalometric measurement errors on surgical patients. *Int J Adult Orthodont Orthognath Surg.* 1997; 12:204–213.
- 12.** Ongkosuwito EM, Katsaros C, van't Hof MA, Bodegom JC, Kuijpers-Jagtman AM. The reproducibility of cephalometric measurements: a comparison of analogue and digital methods. *Eur J Orthod.* 2002; 24:655–665.
- 13.** Silveira HLD, Silveira HED. Reproducibility of cephalometric measurements made by three radiology clinics. *Angle Orthod.* 2006; 76: 394-399.
- 14.** Trenouth MJ, Laitung G, Naftel AJ. Differences in cephalometric reference values between five centers: relevance to the Eurocleft Study. *Br J Oral Maxillofac Surg.* 1999; 37:19–24.
- 15.** Rudolph DJ, Sinclair PM, Coggins JM. Automatic computerized radiographic identification of cephalometric landmarks. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1998; 113:173–179.
- 16.** Perillo MA, Beideman RW, Shofer FS, Jacobsson-Hunt U, Higgins-Barber K, Laster LL, Ghafari JG. Effect of landmark identification on cephalometric measurements: guidelines for cephalometric analyses. *Clin Orthod Res.* 2000; 3: 29–36.
- 17.** Brooke, J. (1986) SUS: A Quick and Dirty Usability Scale. Retrieved 07/06/07 from <http://www.usability.serco.com/trump/methods/satisfaction.htm>

Desenvolvimento e validação do Ceph-learning – aplicação multimédia para a aprendizagem e prática da cefalometria radiográfica

Heraldo L.D. Silveira^a, Heloísa E. D. Silveira^b, Maria J. Gomes^c

^aEstudante de pós-graduação (PhD), Departamento de Cirurgia e Ortopedia, Faculdade de Odontologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Brasil

^bProfessor Associado, Departamento de Cirurgia e Ortopedia, Faculdade de Odontologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Brasil

^cProfessor Associado, Departamento de Tecnologia Educativa, Universidade do Minho (UM), Portugal

RESUMO

No campo da educação e formação clínica, como em muitos outros, os educadores e os profissionais clínicos vêm progressivamente reconhecendo o potencial das tecnologias de informação e comunicação (TIC), em termos de aprendizagem. O impacto das TIC, particularmente no que concerne aos mais recentes avanços tecnológicos no domínio da informática e das redes de computadores, tem sido muito significativo no campo clínico, nas mais diversas especialidades, quer no campo do desenvolvimento de técnicas de diagnóstico, quer no desenvolvimento de metodologias de trabalho de que a telemedicina é um paradigma importante, quer no campo da educação/formação. A cefalometria radiográfica, por exemplo, é uma das áreas da odontologia que se apropriou de excelentes recursos tecnológicos nomeadamente através do desenvolvimento de software específico para realização de análises cefalométricas computadorizadas. Em termos gerais, as análises cefalométricas computadorizadas, baseiam-se na marcação de pontos anatómicos pelo examinador sobre imagens radiográficas digitalizadas. Todavia, diversos estudos têm demonstrado falta de consolidação de conhecimentos por parte dos executores, evidenciada pela falta de reprodutibilidade dos exames, o que sugere a necessidade de promover novas abordagens no ensino e na prática da cefalometria

radiográfica que permitam promover e consolidar conhecimentos e intervenções neste domínio. Neste contexto, surgiu a ideia de desenvolver uma aplicação multimédia interactiva que pudesse promover a aprendizagem de conteúdos relacionados com cefalometria radiográfica e a que demos o nome de *Ceph-Learning*. É sobre este processo de desenvolvimento e validação do sistema *Ceph-Learning* que se centra o texto que apresentamos.

INTRODUÇÃO

Os profissionais ligados à educação vêm percebendo a necessidade de adaptação e assimilação de tecnologias da informação e comunicação (a que passaremos a referir-nos por TIC) como recurso para melhor apresentar seus conteúdos por meio de objectos virtuais e colaborativos de aprendizagem que a informática e a internet, a partir de um correcto *design* instrucional, podem vir a proporcionar (Mirshawka JR, 2004). Diversos estudos comprovam que a utilização de computadores de forma interactiva não apenas aumenta a motivação para o estudo, como também facilita a integração do conhecimento, quando o material é apresentado de forma adequada aos utilizadores aos quais se destina (Willis, 1995). Esta perspectiva de exploração pedagógica das TIC é transversal a todas as áreas do conhecimento, com as devidas adaptações em função das especificidades próprias de cada área e dos diferentes graus de complexidade das temáticas em causa. A exploração pedagógica das TIC tem também uma abordagem longitudinal, na acepção de que os contextos de exploração pedagógica das TIC abarcam desde os níveis mais básicos da educação pré-escolar até à formação graduada e pós-graduada do ensino superior, incluindo também o domínio da formação contínua. Evidentemente, as práticas de utilização e integração das TIC na educação não são uniformes, nem nas abordagens adoptadas nem nas temáticas tratadas, havendo áreas onde o leque de integração e utilização está significativamente menos desenvolvido. Todavia,

cada vez a área de intervenção das TIC nos processos de educação e formação é mais diversificado e abrangente.

No campo da educação e formação clínica, como em muitos outros, os educadores e os clínicos vêm progressivamente reconhecendo o potencial das TIC para efeitos de aprendizagem, prática e avaliação de conhecimentos. Al-Rawahi (2006), refere mesmo que:

As well as elsewhere in the world, medical educators are becoming increasingly aware of the importance of using technology for teaching and assessment purposes. Interactive, computer-based instruction has become an essential component of (our) medical education. It plays an essential role in the education process, such as supplementing lectures, laboratory experiments and dissections throughout the curriculum, which in the past required the existence of real patients. More and more, students are interacting with computer-based programs to acquire factual information, and to learn and practice medical problem-solving techniques. Practicing physicians are using computers to expand and strengthen their professional skills as well. (Al-Rawahi, 2006:336).

Harden (2003; citado em Al-Rawahi, 2006:337) identifica mesmo um conjunto de desafios que a formação clínica nas escolas de medicina enfrenta: (i) transformar o modo como o qual os estudantes aprendem; (ii) partilhar *expertise* e recursos; (iii) disponibilizar programas de formação de alta qualidade e financeiramente sustentáveis; (iv) trabalhar em colaboração com os domínios de formação pós-graduada e contínua e com outros profissionais da área da saúde. Programas informáticos de formação e treino médico podem ajudar a resolver problemas no domínio da educação/formação clínica, sob uma variedade de formas tais como sistema de simulação clínica, sistemas tutoriais inteligentes, ambientes de aprendizagem multimédia-interactivos e sítios de aprendizagem baseados na web (Al-Rawahi, 2006:337-338).

As tecnologias no domínio da prática profissional e na prática pedagógica em odontologia

O conhecimento científico e a tecnologia utilizada na prática odontológica evoluíram muito. A cefalometria radiográfica, por exemplo, é uma das áreas da odontologia que se apropriou de excelentes recursos tecnológicos para sua execução, nomeadamente através do desenvolvimento de software específico para realização de análises cefalométricas computadorizadas. Em termos gerais, as análises cefalométricas computadorizadas, baseiam-se na marcação de pontos anatómicos pelo examinador sobre imagens radiográficas digitalizadas. Todavia, diversos estudos têm demonstrado falta de consolidação de conhecimentos por parte dos executores, evidenciada pela falta de reprodutibilidade dos exames (Lau, Cooke e Hägg, 1997; Rudolph; Sinclair e Coggins, 1998; Chen et. al., 2000 Arús, 2005; Silveira e Silveira, 2006) o que sugere a necessidade de promover novas abordagens ao ensino e na prática da cefalometria radiográfica que permitam promover e consolidar conhecimentos e intervenções neste domínio. Neste contexto, surgiu como natural a ideia de explorar as potencialidades dos meios informáticos através do desenvolvimento de uma aplicação multimédia interactiva que pudesse promover a aprendizagem de conteúdos relacionados com a cefalometria radiográfica, considerando que o computador associado às tecnologias de comunicação pode ser um recurso educacional muito mais efectivo se utilizado como mediação de aprendizagem num processo interacional (Catapan, 2001).

Neste sentido, foi desenvolvida uma aplicação multimédia a que demos o nome de *Ceph-Learning*, cuja eficácia em termos educacionais, medida através dos resultados de aprendizagem num teste objectivo de avaliação de conhecimentos, será testada através da realização de um estudo empírico de carácter experimental envolvendo um grupo experimental e um grupo controlo, constituídos de forma aleatória, de entre os alunos da disciplina de

“Interpretação Radiográfica” da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Rio Grande do Sul. A anteceder este estudo, está em curso todo o processo de desenvolvimento da aplicação multimédia, da sua validação de conteúdo e de construção e de avaliação da usabilidade da mesma, no âmbito do projecto de investigação de doutoramento do primeiro autor deste texto. É sobre o processo de desenvolvimento e validação do sistema *Ceph-Learning* que se centra o texto que apresentamos. A descrição do processo completo e exaustivo de avaliação da usabilidade do sistema junto dos utilizadores finais ficará para outra oportunidade.

Principais motivações para o estudo

Em alguns países, tornou-se prática corrente a realização dos cefalogramas por clínicas de radiologia odontológica, sendo legítimo supor que os profissionais que solicitam tais exames, dificilmente questionam os valores das medidas cefalométricas, fundamentando os seus tratamentos em medidas que podem ou não estar correctas. Os resultados do estudo de Silveira e Silveira (2006), por exemplo, mostraram uma diferença significativa entre a grande maioria das medidas cefalométricas radiográficas realizadas por profissionais de três diferentes clínicas odontológicas, relativamente a uma mesma radiografia. A análise dos dados recolhidos nesse estudo permitiu constatar que a marcação dos pontos cefalométricos sobre as mesmas radiográficas foi executada em localizações diferentes o que, em contexto real, poderia conduzir a tratamentos ortodônticos inadequados, por estarem baseados em medições pouco rigorosas. Estes achados corroboram resultados encontrados por vários outros investigadores em relação à variação inter-examinador na execução de um cefalograma (Lau; Cooke; Hagg, 1997; Chen et. al., 2000; Kamoen; Dermaut e Verbeeck, 2001). Da análise destes estudos fica evidente a necessidade de se avaliar com muito cuidado os valores apresentados nas análises cefalométricas, pois os valores das diferentes medidas cefalométricas apresentados nos cefalogramas

realizados pelas clínicas de radiologia odontológica não apresentam reprodutibilidade e existe disparidade significativa de valores na grande maioria das medidas cefalométricas (Silveira e Silveira, 2006). Esta informação é extremamente importante, pois essas diferenças podem influir na tomada de decisão em um planejamento ortodôntico ou cirúrgico ortognático dependendo da clínica que realizou a análise cefalométrica. Torna-se também evidente a necessidade de assegurar a calibração dos examinadores, tendo em vista a grande possibilidade de ocorrência de erros na ausência dessa calibração.

Tendo em vista os aspectos referenciados, justifica-se a execução de um estudo com o intuito de desenvolver e testar um modelo interativo de aprendizagem e calibragem em cefalometria radiográfica para ser utilizado quer no ensino de alunos da graduação e na formação contínua de profissionais, quer no suporte ao desenvolvimento de estudos cefalométricos comparativos, tendo presente que o progresso de qualquer domínio do conhecimento humano está associado à natureza dos instrumentos de medida que emprega e à precisão dessas medidas (Vianna, 1987). Este texto apresenta algumas das etapas deste longo processo de desenvolvimento, avaliação e validação de um produto multimídia para o ensino e a prática no domínio da cefalometria radiográfica e que conduziu à implementação do protótipo avançado da aplicação multimídia *Ceph-Learning*, disponível na web, a partir de um site desenvolvido para o efeito. Neste texto daremos conta essencialmente do processo de desenvolvimento e validação da aplicação *Ceph-Learning*.

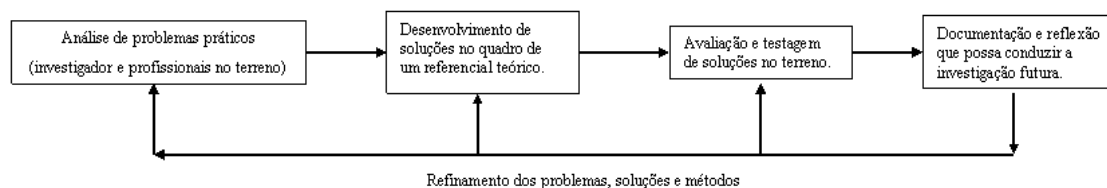
METODOLOGIA

A informática clínica, incluindo aqui também os dispositivos informáticos para educação e formação na área clínica, é um campo multidisciplinar que envolve engenheiros e cientistas de computação, educadores e clínicos (Al-Rawahi, 2006:337). Neste contexto, o desenvolvimento de produtos

(aplicações) multimédia interactivos para o ensino/formação no domínio clínico cruza-se também com o domínio da investigação no campo da tecnologia educativa (*instructional technology*) particularmente no que se refere às suas mais recentes tendências de promoção de actividades de investigação baseadas nas chamadas “metodologias de desenvolvimento – *development research*” (Coutinho & Chaves; 2001:899), as quais “(...) podem surgir na literatura sob designações diversas, como é o caso dos chamados ‘design experiments’ (Brown, 1992) ou da ‘formative research’ (Newman, 1990)” (*ibidem*).

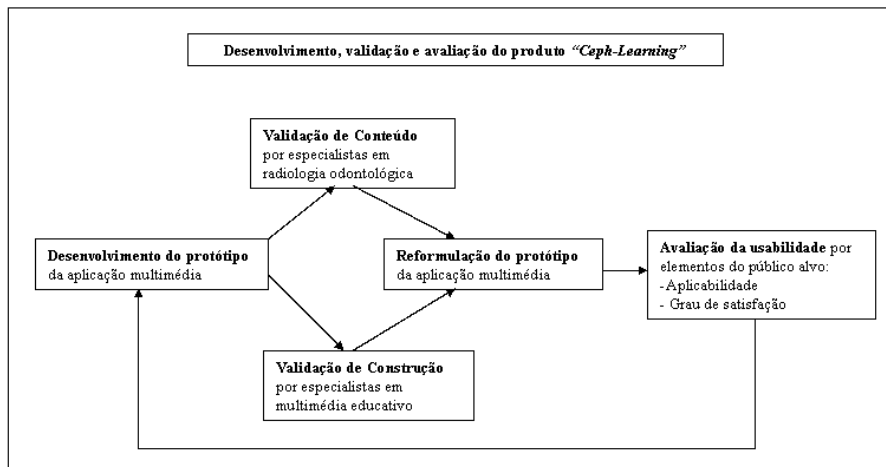
O principal traço distintivo das metodologias de desenvolvimento situa-se mais no plano das finalidades da investigação do que ao nível dos métodos utilizados (Van Den Akker; 1999:9). Para este autor, “[m]ais ainda do que outras abordagens metodológicas, a investigação com fins de desenvolvimento visa dar ao mesmo tempo, contributos práticos e científicos. Na busca de soluções inovadores para os problemas educativos, a interacção com os profissionais no terreno é... essencial! (...) A interacção com quem trabalha no terreno é necessária para clarificar o problema na sua fase inicial e para ajuizar da sua potencial solução. É por um processo iterativo de “aproximações sucessivas” e de “evolução do protótipo” que se ruma intervenção “ideal”.” (Van Den Akker; 1999:8-9). Coutinho e Chaves (2001:900) sistematizam a abordagem da investigação de acordo com uma metodologia de desenvolvimento através da representação esquemática (figura 2).

Figura 2. Representação esquemática da metodologia de desenvolvimento segundo Coutinho e Chaves (2001) - adaptação



As metodologias de desenvolvimento revelaram-se particularmente adequadas ao contexto deste estudo. De facto, a motivação para a sua realização decorre da prática profissional do primeiro autor e de trabalhos prévios de investigação que levou a cabo (Silveira, Silveira & Bona, 2000, Marques, Silveira, Silveira & Dallabona, 2004, Silveira & Silveira, 2006) que lhe permitiram identificar claramente a existência de problemas no domínio do rigor das marcações cefalométricas, as quais têm implicações nas opções dos profissionais em termos de tratamento ortodôntico, ortopédico ou cirúrgico. Das constatações neste domínio, e partindo do conhecimento existente no domínio da utilização educativa das TIC, optamos pelo desenvolvimento de uma aplicação multimédia interactiva de aprendizagem e prática da cefalometria que está a ser objecto de avaliação, testagem e refinação no sentido de atingirmos um produto que revele ser um contributo efectivo para a aprendizagem e prática de exames cefalométricos, com aplicações no campo da formação inicial e contínua no domínio da odontologia, contribuindo assim para a resolução de um problema identificado na prática odontológica: a existência de um baixo nível de acordos nas marcações de pontos anatómicos. Neste sentido, estamos a levar a cabo um processo de desenvolvimento, validação e avaliação do *Ceph-Learning*, organizado em várias fases que tentamos sistematizar na representação esquemática da figura 3.

Figura 3. Representação esquemática do processo de desenvolvimento, validação e avaliação do produto multimédia “Ceph-Learning”



Princípios gerais de desenvolvimento de software educativo – validação da aplicação multimédia Ceph-Learning

Na criação de ambientes tecnológicos de aprendizagem, os sistemas hipertexto e hipermédia têm vindo a assumir-se como uma ferramenta tecnológica capaz de promover a construção do conhecimento. Todavia, programas e computadores de alta performance não são uma solução mágica para resolver todos os problemas da educação. As novas médias devem ser desenvolvidas dentro de uma abordagem pedagógica cuidadosamente delineada (Dede, 1995), sem contudo descurar um conjunto de outros aspectos fundamentais para a maximização do potencial dos sistemas e produtos multimédia, como sejam os aspectos relacionados com os aspectos de interface, navegação e interactividade a que fazem referência muitos investigadores (Dias, Gomes e Correia, 1998; Mayer, 1999; entre outros). No campo do multimédia/hipermédia por exemplo, os investigadores têm demonstrado que a interface dos modelos hipermédia tem um papel fundamental, visto que mudanças no design das interfaces podem originar diferenças substanciais no tempo de aprendizagem, na velocidade da performance, nas taxas de erro e na satisfação do utilizador com o produto (Shneiderman, 1992).

Neste contexto, procurámos estruturar e implementar uma aplicação multimédia levando em conta os principais critérios de qualidade associados ao desenvolvimento de um software educativo: validade, praticabilidade e eficácia.

No que se refere à validação de conteúdo da aplicação *Ceph-Learning*, esta foi feita através da análise cuidada do seu conteúdo científico por parte de especialistas e profissionais no domínio, entre os quais o primeiro autor deste texto. Para esse efeito, foi elaborada uma listagem exaustiva dos conteúdos/conceitos abordados na aplicação *Ceph-Learning* a partir da qual se criou uma *check-list* utilizada pelos especialistas de conteúdo na qual estes registavam a sua concordância ou discordância em relação a três dimensões de análise dos conteúdos em causa: (i) rigor científico do conceito; (ii) clareza de linguagem utilizada; (iii) exercícios práticos adequados, sem que isso fosse impeditivo de fazerem observações, comentários ou sugestões adicionais. O conteúdo da aplicação multimédia *Ceph-Learning* foi analisado por dois especialistas/profissionais na área da odontologia, para além dos dois co-autores deste texto que são também profissionais na área. Com base no preenchimento da *check-list*, foram feitos os reajustamentos necessários à versão inicial da aplicação, concluindo-se com esse processo esta fase de validação de conteúdo.

No desenvolvimento de qualquer software ou aplicação multimédia é importante assegurar a sua validade de construção, considerando o estado da arte nesse domínio, assegurando a qualidade do produto em relação a diversas dimensões, entre as quais podemos destacar algumas dimensões: (i) consistência de interface; (ii) adequação dos média; (iii) facilidade de navegação e orientação.

A validação de construção da aplicação *Ceph-Learning* foi feita através da análise cuidada do seu conteúdos científico por parte de especialistas e profissionais no domínio, entre os quais o primeiro e segundo autor deste estudo. Para esse efeito, foi elaborada uma listagem exaustiva dos

conteúdos/conceitos abordados na aplicação *Ceph-Learning* a partir da qual se criou uma *check-list* utilizada pelos especialistas de conteúdo na qual estes registavam a sua concordância ou discordância em relação a três dimensões de análise dos conteúdos em causa: (i) rigor científico do conceito; (ii) clareza de linguagem utilizada; (iii) exercícios práticos adequados, sem que isso fosse impeditivo de fazerem observações, comentários ou sugestões adicionais.

No sentido de se proceder à validação de construção da aplicação *Ceph-Learning*, foram realizadas três sessões de análise da aplicação, nas quais, individualmente, 3 professores e investigadores no domínio da tecnologia educativa (dois da Universidade do Minho – Portugal e um da Universidade de Aveiro – Portugal), procederam à análise do protótipo inicial da aplicação e apresentaram os seus comentários e sugestões que foram posteriormente incorporadas na versão final do produto.

Durante o processo de validação de construção, adoptou-se como principal técnica de recolha de dados a técnica dos “protocolos verbais” (*think aloud protocols*), inspirados nas ideias de Ericsson (2002), e adaptando esta técnica ao contexto de análise do software educativo. No nosso contexto, uma das adaptações da técnica, consistiu em observações esporádicas por parte do observador, no sentido de chamar a atenção os avaliadores de eventuais áreas da aplicação *Ceph-Learning* que não tivessem sido ainda “visitadas”, quando detectava sinais de que o avaliador estaria prestes a dar por concluída a sua “missão”. Trata-se de uma utilização mais flexível desta técnica, decorrente do objectivo para a qual a mesma foi utilizada e da natureza da tarefa em causa: analisar uma aplicação multimédia no sentido de validar aspectos da sua construção a que já nos referimos: (i) consistência de interface; (ii) adequação dos média; (iii) facilidade de navegação e orientação. Note-se que Boren e Ramey (2000) consideram igualmente esta possibilidade referindo que muitas vezes o principal objectivo que temos subjacente, não é compreender as estratégias e técnicas de resolução de problemas por si só (objectivo para o qual normalmente se utiliza a técnica do

think aloud protocol), mas identificar problemas ou barreiras criadas pelo interface de um produto específico. Esta apropriação da técnica dos relatórios verbais, por outras áreas que não as áreas da psicologia, na qual obteve o seu reconhecimento primeiro, não é nova, e abarca áreas diversificadas como sejam, por exemplo, no estudo dos processos de compreensão de textos, no desenho de *surveys* e entrevistas e na testagem de software por utilizadores (Ericsson, 2002: s/pág.). A técnica dos relatórios verbais, foi complementada pelo registo de todos os movimentos que os avaliadores da aplicação realizaram ao longo da exploração da mesma, de modo a facilitar o processo de interpretação dos reportórios verbais obtidos.

Após o processo de desenvolvimento da primeira versão do protótipo da aplicação *Ceph-Learning* e realizados os processos de “validação de conteúdo” e “validação de construção” da mesma, introduziram-se as alterações daí decorrentes, dando origem a uma segunda versão da aplicação que posteriormente será sujeita a uma fase da avaliação da sua usabilidade, com sujeitos correspondendo ao perfil do público-alvo a que a mesma se destina. Faremos de seguida uma apresentação da aplicação desenvolvida e algumas reflexões sobre desenvolvimentos futuros quer em termos de ampliação das potencialidades do produto *Ceph-Learning*, quer em termos dos estudos e investigações passíveis de serem realizados com base na mesma.

Descrição do produto multimédia interactivo Ceph-Learning

O computador escolhido para o desenvolvimento deste projecto foi um Pentium com 512mb de memória RAM e HD de 80Gb, pois apresenta memória suficiente para utilização e armazenamento das imagens com que foi necessário trabalhar no desenvolvimento deste produto. Em termos finais, estas características serão também as necessárias para a exploração do *Ceph-Learning* pelos utilizadores finais. O produto final será apresentado em cd-rom, com um dispositivo auto-executável e com hiperligações a sítios web.

O programa utilizado para a criação do modelo foi o Flash 8 (Macromedia, San Francisco - EUA), que permite o desenvolvimento de produtos multimédia com importação de imagens e criação de ferramentas interactivas. Foi com base neste software de autoria, que se implementou o produto multimédia referente à temática da cefalometria radiográfica, que se designou por *Ceph-Learning*. Este está estruturado em duas secções principais. A primeira secção do *Ceph-Learning* orienta-se para a aprendizagem e/ou revisão e consolidação de conhecimentos teóricos, sendo abordados os aspectos anatómicos do complexo crânio-facial necessários para a identificação dos pontos e interpretação das medidas cefalométricas sob a forma de tutoriais. Esta secção inclui uma secção interactiva destinada à auto-avaliação de conhecimentos por parte do utilizador, o qual obtém feedback imediato quanto ao seu desempenho, no que respeita aos conteúdos abordados na aplicação.

A segunda secção da aplicação *Ceph-Learning* permite a prática da identificação e marcação cefalométrica feita sobre imagens digitalizadas de telerradiografias. As marcações realizadas pelo utilizador do sistema podem ser comparadas automaticamente com o padrão-ouro pré-estabelecido. Deste modo, o utilizador do sistema, pode verificar se identificou correctamente, dentro de uma margem de erro pré-estabelecida, os pontos anatómicos. Esta secção da aplicação *Ceph-Learning*, pode ser utilizada não só como forma de treino da prática de marcação cefalométrica mas também como suporte ao desenvolvimento de trabalhos científicos nesta área e na própria prática clínica.

Após a entrada no ecrã principal do produto *Ceph-Learning*, o utilizador tem acesso a um conjunto de 4 menus principais designados Sobre... (apresentação do historial do conceito de cefalometria e aspectos associados); Aprendizagem; Calibragem e Quiz. Os dois primeiros menus são referentes à apresentação de conteúdos, o menu Calibragem dá acesso a um programa de calibragem em telerradiografias por meio do coeficiente de correlação intraclasse (ICC) e o menu Quiz é referente à testagem-avaliação

de conteúdos, dando acesso a um conjunto de perguntas e exercícios que o utilizador pode realizar obtendo no final. Existem ainda 2 botões interactivos que permitem aceder a uma secção de links relevantes e à ficha técnica do produto. O produto inclui ainda um mapa (interactivo) de representação da estrutura conteúdal do *Ceph-Learning* que se constitui como uma forma alternativa de navegação no conteúdo do produto.

Linhas de desenvolvimento futuro do protótipo.

A necessidade de contínuo treino e aperfeiçoamento da cefalometria radiográfica é extremamente importante, atendendo ao facto de cada paciente ser um caso específico em termos morfológicos e funcionais, o que tem implicações directas nos tratamentos ortodônticos a adoptar. Este facto sugere a necessidade de incluir na aplicação multimédia desenvolvida o maior número possível de radiografias, representando diferentes problemáticas do ponto de vista morfológico, e de correspondentes necessidades em termos de intervenções ortodônticas. Parece-nos também importante enriquecer o módulo de aprendizagem incluído no produto *Ceph-Learning*, com um conjunto diversificado de casos de estudo, incorporando o percurso de apresentação das radiografias, as marcações devidamente calibradas e aferidas entre peritos, a descrição dos problemas associados à análise cefalométrica, a descrição dos processos e tratamentos ortodônticos aplicados e a visualização dos resultados finais obtidos. Assim, uma das linhas de desenvolvimento futuro do protótipo construído será a sua colocação online ou a sua interligação a uma base de dados online que possa ser progressivamente alimentada com novas imagens radiológicas e respectivas marcações calibradas e enriquecida com progressivos casos clínicos. Este processo, desenvolvendo-se online, permitiria disponibilizar os recursos criados a toda a comunidade académica e profissional do Brasil (e exterior) criando novas oportunidades de formação inicial e contínua nesta área. Por outro lado, sendo um dispositivo acessível através da Internet, o seu

desenvolvimento pode vir a ser organizado envolvendo acadêmicos e clínicos conceituados, independentemente do seu local de residência. Estamos convictos de que o potencial da aplicação das tecnologias informáticas ao domínio da aprendizagem e consolidação de conceitos no campo da odontologia está ainda a dar os primeiros, mas seguros, passos, que permitem perspectivar novos desenvolvimentos neste e em outros produtos multimédia para a educação.

Agradecimentos

Agradecemos à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), órgão do Ministério da Educação do Brasil pelo apoio e concessão da bolsa de doutoramento sanduíche ao autor Heraldo Luís Dias da Silveira sem a qual não seria possível a realização deste estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Akker, J. J. H. (1999). *Design approaches and tools in education and training*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Al-Rawahi, Zahra (2006). The e-Learning Evolution at Sultan Qaboos Univeristy (OMAN) College of Medicine and Health Sciences. *Ed-Media 2006 Proceedings*; 336-341.
- Arús, N.A. (2005). *Reprodutibilidade de Medidas Cefalométricas entre Especialistas e Clínicas de Radiologia*. Porto Alegre, 2005. Dissertação (Mestrado em Odontologia) – Faculdade de Odontologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Catapan, A., & Fialho, F.A.P. (2001). Pedagogia e Tecnologia: a comunicação digital no processo pedagógico. In: *VIII Congresso Internacional De Educação À Distância*; Brasília. Anais Eletrônicos; Brasília. Disponível em: <http://www.ead.ufsc.br/profor/disciplinas/textos/texto007.pdf>. Acedido em: 7 de Junho de 2004.
- Chen, Y.J. et al. (2000). Comparison of Landmark Identification in Traditional versus Computer-aided Digital Cephalometry. *Angle Orthod.*, 70 (5), 387-392.

- Coutinho, C. & Chaves, J. (2001). Desafios à investigação em TIC na educação: as metodologias de desenvolvimento. In Paulo Dias & Cândido Varela de Freitas (orgs.), *Desafios 2001 : actas da Conferência Internacional de Tecnologias da Informação e Comunicação na Educação*, Braga: Centro de Competência Nónio Século XXI da Universidade do Minho; ISBN 972-98456-1-1. p. 895-903.
- Coutinho, C.P. (2005). Construtivismo e investigação em hipermedia: aspectos teóricos e metodológicos, expectativas e resultados. In International Institute of Informatics and Systemcis (Ed.), *Tecnologia educativa: Métodos de investigação*; pp.68-73.
- Dede, Chris. (1995). The Transformation of Distance Education to Distributed Learning. [Online]. Disponível em <http://www2.gsu.edu/~wwwitr/docs/distlearn/index.html> ; consultado em 21 de Fevereiro de 2007.
- Dias, P. (1993). Processamento da Informação, Hipertexto e Educação. *Revista Portuguesa de Educação*, 6 (1), , 71-83.
- Dias, P., Gomes, M. J., & Correia, A. P. (1998). *Hipermédia e Educação*. Braga: Edições Casa do Professor.
- Ericsson, K. (2002). Protocol Analysis and Verbal Reports on Thinking – an update and extracted version from Ericsson. [online] www.psy.fsu.edu/faculty/ericsson/ericsson.proto.thnk.html (consultado em 12.Fevereiro.2007).
- Hornbaek, K. (2006). Current practice in measuring usability: Challenges to usability studies and research. *International Journal of Human-Computer Studies*, 64, 79-102.
- Kamoen, A., Dermaut, L., & Verbeeck, R. (2001). The Clinical Significance of Error Measurement in the Interpretation of Treatment Results. *Eur. J. Orthod.*, 23 (5), 569-578.
- Lau, P.Y.W., Cooke, M.S., & Hägg, U. (1997). Effect of training and experience on cephalometric measurement errors on surgical patients. *Int. J. Adult Orthodon. Orthognath. Surg.*, 12 (3), 204-213.
- Marques, A. G., Silveira, H. L. D., Silveira, H. E. D., & Dallabona, R. R. (2004). Avaliação Cefalométrica de Medidas Envolvendo os Incisivos por Diferentes Examinadores e sua Relação com o Tratamento Ortodôntico. *Revista Odonto Ciência*, 19 (44), 152-156.
- Mayer, R., (1999). Designing Instruction for Constructivist Learning. In C. Reigeluth (Ed) *Instructional Design Theories and Models. A New*

Paradigm of Instrucional Theory. Vol II. (pp.141-161). New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.

- Mirshawka Jr, V. Eaprender: A revolução do aprendizado on-line. Retrieved jun 7, 2004. Disponível em: http://www.eaprender.com.br/tiki-smartpages_view.php?page=eap_artigos_20.
- Rudolph, D.J., Sinclair, P.M., & Coggins, J.M. (1998). Automatic computerized radiographic identification of cephalometric landmarks. *Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop.*, 113 (2), 173-179.
- Shneiderman, B. (1992). *Designing the user Interface: Strategies for effective Human-Computer Interaction*. New York: Addison-Wesley.
- Silveira, H.L.D., & Silveira, H.E.D. (2006). Reproducibility of Cephalometric Measurements Made by Three Radiology Clinics. *Angle Orthod.*, 76 (3), 394–399.
- Silveira, H. L. D., Silveira, H. E. D., & Bona, R. D. (2000). A Influência da identificação de pontos anatômicos nos resultados obtidos em análise cefalométrica. *Revista da Faculdade de Odontologia de Porto Alegre*, 42 (2), 41-43.
- Willis, B. (2004). *Distance Education at a Glance Guide 6: Computers in Distance Education*, Disponível em <http://www.uidaho.edu/eo/dist6.html> , consultado em 22 de Fevereiro de 2007.

Evaluation of the radiographic cephalometry learning process by a learning virtual object (LVO)

Heraldo Luis Dias Silveira^a, Heloísa Emilia Dias Silveira^b, Maria João Gomes^c

^aPos-graduate student (PhD), Department of Surgery and Orthopedics, School of Dentistry, University of Rio Grande do Sul (UFRGS).

^bAssociate Professor, Department of Surgery and Orthopedics, School of Dentistry, University of Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

^cAssociate Professor, Department of Education Technology, University of Minho (UM)

ABSTRACT

Introduction: Radiographic cephalometry is a complex area of study. The literature has revealed the lack of inter-observer reproducibility in the definition and identification of cephalometric landmarks. The aim of this study was to test a learning virtual object (LVO) called *Ceph-learning* used in the teaching of radiographic cephalometry and to verify whether it improves performance of the landmarking process. **Methods:** A total of 40 undergraduate students was divided into 2 groups. Group A was taught according to the conventional teaching method of theory and practical classes, while group B was taught with the adoption of an LVO. Students' learning performance was tested using multiple-choice questionnaire that covered the knowledge and understanding of cephalometry and by the index of correct landmark identification. The Student's *t* test was carried out to check statistical differences between the two groups. LVO usability was evaluated using a questionnaire based on the System Usability Scale (SUS). **Results:** In the first post-test the Student's *t* test did not reveal significant differences ($P > .05$). However, in a second post-test conducted after 15 days, a decrease was observed in the scores of Group A, with significant differences ($P < .05$). Students approved LVO usability aspects such as effectiveness, efficiency and satisfaction (82.45 ± 6.78). **Conclusion:** LVO was shown to be a useful

and efficient tool in the learning process, and may come in assistance to the learning of practice of cephalometry.

Keywords: Cephalometry; Learning; Computed-aided Learning.

Introduction

The future of dentistry is closely linked to the use of computer technology.¹ Every year, new and more modern products are introduced as great options to innovate the technology used in dentistry practice. Yet, some important aspects have not evolved significantly in the recent past, among which is the considerable demand for softwares used in teaching.² Teachers have always resorted to different assistance tools in the process of converting information into knowledge. Reading, individual or group studies, experimental research and other strategies have multiplied the choices in terms of learning approaches.³ Nevertheless, the computer is currently one of the most versatile teaching tools, and may be used also in the teaching of dentistry.⁴⁻⁸ In this scenario, the computed-aided teaching strategies are becoming more and more employed in medicine and dentistry education.⁹

In some areas such as radiographic cephalometry, learning problems persist. This becomes clear with the observed lack of inter-examiner reproducibility in the identification and definition of landmarks.¹⁰⁻¹³ Although a considerable number of computer-aided softwares specially developed for cephalometry are available in the market^{14,15}, no such tool is more specifically directed to learning. This approach is based on the supposition that software users already have the knowledge to appropriately identify landmarks. At the same time, it is possible to say that this approach is behind the inconsistency observed in cephalometric landmarking.¹⁶⁻¹⁸ Several studies have shown that the occurrence of inter-observer variability depends on individual concepts as of landmark definition and characterization.¹⁰⁻¹³ Therefore, the development of a system that contributes and improves the learning of the radiographic anatomy, the capacity to recognize the several contrasts in the gray scale of images are aspects that point to the appropriate pathway towards the correct

identification of landmarks and interpretation of measurements.

The aim of this study was to develop and test a Learning Virtual Object (LVO) as a learning tool in the teaching of radiographic cephalometry.

Methods

The LVO for radiographic cephalometry evaluated in this study was developed and validated by a School of Dentistry and an Institute of Education Technology in a partnership between two Universities.¹⁹ The LVO presents sessions that address the learning of anatomical aspects of the craniofacial complex, the identification of landmarks, and the interpretations of cephalometric measurements with didactic, interactive, simple animation, and self-assessment components. Mastering this content is a requirement for the correct conduction and interpretation of cephalograms.

In order to assess the effectiveness of the radiographic cephalometry LVO, undergraduate students taking the Oral Radiology course took part in this study. Forty students were randomly selected to form two groups with 20 students each: Group A (conventional learning), and Group B (interactive learning). Participation was voluntary and every student was given the choice of not taking part in this study.

A pre-test was conducted to verify whether the sample was homogeneous as regards the level of information on cephalometry and the familiarity with the use of computers. The cephalometry syllabus was taught according to the conventional teaching of the subject for Group A, that is, by means of classes with explanations by the teacher and subsequent practice. Students from Group B were given the same contents as offered through an LVO.

Learning was assessed according to two ways: 1) a post-test with 10 multiple-choice questions about radiographic cephalometry; 2) the index of correct landmark identification.

In order to assess the number of correct landmark identification, participants were requested to identify 28 cephalometric landmarks (Table 1) in the *Cyclops Cephalometry software*. The index of correct landmarks of each student was compared to the gold standard. The gold standard was generated based on the mean number of

landmarks located by three different expert cephalometry researchers who have been calibrated using the ICC to check intra- and inter-observer reproducibility. The values obtained for ICC were above 0.8. The margin of error against the gold standard defined for the test was 2 mm, both for the X and Y axes.²⁰

Aiming to assess the conservation of knowledge by the participants in the two groups, two weeks later each student was assessed by a second post-test with 10 questions about radiographic cephalometry and to identify the same landmarks on the image once again. In total, 2,240 landmarks were located.

All data were exported into Excel 2003 (Microsoft, Redmond, Wash.). The data files were coded so as to be used with the Statistical Package for the Social Sciences (version 15.0, SPSS, Chicago, Ill.). The tests were assessed by calculating the total score of correct answers. Means for correctly located landmarks and for correct answers were compared for the 2 groups of students and the two-time measurements using the Student's *t* test with significance level $P = .05$.

A questionnaire (Fig. 1), based on the System Usability Scale (SUS) (Digital Equipment Co., Reading, UK) was used to rate specific aspect of the LVO and the related usability experience.

Using SUS

The SUS scale was used after the respondent has had an opportunity to use the system being evaluated, but before any debriefing or discussion takes place. Respondents were asked to record their immediate response to each item, rather than thinking about items for a long time. All items had to be checked. If a respondent felt that he or she could not respond to a particular item, the centre point of the scale should then be scored.²¹

Scoring SUS

SUS yields a single number representing a composite measure of the overall usability of the system being studied. Note that scores for individual items are not meaningful on their own. To calculate the SUS score, first sum the score contributions

from each item. Each item's score contribution will range from 0 to 4. For items 1, 3, 5, 7, and 9 the score contribution is the scale position minus 1. For items 2, 4, 6, 8 and 10, the contribution is 5 minus the scale position. Multiply the sum of the scores by 2.5 to obtain the overall value of SU. SUS scores have a range of 0 to 100.²¹

This study was approved by the Research Commission and by the Ethics Committee of the University.

Table I. Landmarks

Landmarks	Description
N	Nasion
S	Sella
Po	Porion
Ba	Basion
Co	Condilion
Ar	Articulare
Ptm	Pterygomaxillary
Or	Orbitale
ANS	Anterior nasal spine
PNS	Posterior nasal spine
A	Point A
Pr	Prostion
Uia	Upper incisor apex
Uii	Upper incisor incisal

Lii	Lower incisor incisal	
Lia	Lower incisor apex	
Id	Infradentale	
B	Point B	
Pog	Pogonion	
Me	Menton	
Gn	Gnation	
D	Point D	
M6	Mesio-buccal cusp of the lower first molar	
<p>System Usability Scale</p> <p>© Digital Equipment Corporation, 1986.</p> <p style="text-align: center;">Strongly disagree Strongly agree</p> <p>1. I think that I would like to use this system frequently <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5</p> <p>2. I found the system unnecessarily complex <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5</p> <p>3. I thought the system was easy to use <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5</p> <p>4. I think that I would need the support of a technical person to be able to use this system <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5</p> <p>5. I found the various functions in this system were well integrated <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5</p> <p>6. I thought there was too much inconsistency in this system <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5</p> <p>7. I would imagine that most people would learn to use this system very quickly <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5</p> <p>8. I found the system very cumbersome to use <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5</p> <p>9. I felt very confident using the system <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5</p> <p>10. I needed to learn a lot of things before I could get going with this system <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5</p>		

Figure 1. SUS usability questionnaire.

Results

The pre-test revealed that the students did not previously know the contents that

were to be taught and that no statistically significant difference occurred between the two groups. It was also observed that all students were familiar with the use of computers.

Table II shows that the mean score of grades of Group A students was 7.35 in the first pre-test, and that it decreased to 5.2 at the second post-test, conducted 15 days later. For Group B students, score values were 7.60 and 7.25, in the first post-test and in the post-test carried out 15 days later, respectively. These values were obtained based on the number of correct answers for the 10 questions in the two post-test conducted.

Table II. Scores of Group A students (A) and of Group B students (B) at the two post-tests conducted (T), 1 and 2.

	Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
AT1	7.350	20	1.309	.29267
AT2	5.200	20	1.152	.25752
BT1	7.600	20	1.231	.27530
BT2	7.250	20	1.019	.22798

Table III shows that the numbers of correct landmark location of Group A students was 18.55, and went down to 13.85, 15 days later. For Group B students, the numbers of correct landmark location were 18.85 and 18.25, at the first post-test and 15 days later, respectively.

Table III. Number of correct landmarks of Group A students (A) and of Group B students (B) at the two post-tests conducted (T) 1 and 2.

	Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
AT1	18.550	20	1.905	.426
AT2	13.850	20	2.870	.641
BT1	18.850	20	2.560	.572

BT2	18.250	20	2.613	.584
-----	--------	----	-------	------

Table IV shows that the score do post-test do Group A decreased by 2.15 on average, when comparing landmarking times 2 and 1 (pair 1). As for Group B students, this number decreased by 0.35 on average (pair 2). When the scores do post-test are compared between Group A students Group B students at landmarking time 1 (pair 3), the latter identified on average 0.25 correct landmarks on top of the number obtained by the former. In turn, at landmarking time 2, this difference increased to 2.05 correct landmarks, on average (pair 4).

The Student's *t* test did not show any significant differences ($P = .543$) in the scores of the post-test for students of Groups A and B at landmarking time 1. However, for the post-test conducted 15 days later, the Student's *t* test revealed significant difference in means of the score of the post-test between groups ($P < .05$) (Table IV).

Table IV. Comparisons between the scores of tests (Student's *t* test) for Group A students (A) and Group B students (B) at the two tests conducted (1 and 2).

		Paired Differences					T	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower Bound	Upper Bound			
Pair 1	A1 - A2	2.150	1.694	.379	1.357	2.943	5.675	19	.000
Pair 2	B1 - B2	.350	1.565	.350	-.383	1.083	1.000	19	.330
Pair 3	A1 - B1	-.250	1.803	.403	-1.094	.594	-.620	19	.543
Pair 4	A2 - B2	-2.050	1.701	.380	-2.846	-1.254	-5.391	19	.000

Table V shows that the number of correct landmarks identified by Group A students decreased by 4.7 on average, when comparing landmarking times 2 and 1

(pair 1). As for Group B students, this number decreased by 0.6 on average (pair 2). When correct landmarks are compared between students of Group A and students Group B at landmarking time 1 (pair 3), the latter identified on average 0.3 correctly located landmarks on top of the number obtained by the former. Nevertheless, at landmarking time 2, this difference increased to 4.4 correctly located landmarks, on average (pair 4).

The Student's *t* test did not show any significant differences ($P > .05$) in the number of correct landmark identifications for students of Groups A and B at landmarking time 1. However, after 15 days, the Student's *t* test revealed significant difference in means of correctly located landmarks between students ($P < .05$) (Table V).

Table V. Comparisons between the numbers of correct landmark location (Student's *t* test) for Group A students (A) and Group B students (B) at the two landmarking times (1 and 2).

		Paired Differences				T	df	Sig. (2-tailed)	
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
Pair 1	A1 - A2	4.700	2.556	.571	3.503	5.896	8.221	19	.000
Pair 2	B1 - B2	.600	3.470	.776	-1.024	2.224	.773	19	.449
Pair 3	A1 - B1	-.300	2.203	.493	-1.331	.731	-.609	19	.550
Pair 4	A2 - B2	-4.400	3.331	.745	-5.959	-2.841	-5.908	19	.000

Table VI shows a high agreement between Learning Virtual Object usability aspects as effectiveness, efficiency and satisfaction.

Table VI. LVO usability aspects by System Usability Scale (SUS) (mean and standard deviation) for Group B students.

	Mean	N	Std. Deviation
Group B	82.45	20	6.78

Discussion

The use of new information and communication technologies (ICT) in the teaching of dentistry has been stressed as a means to facilitate and assist in the learning process.⁴⁻⁹ Radiographic cephalometry is a field of study that requires consistent, reliable knowledge to afford good performances in the identification and characterization of landmarks. Yet, in this scenario, a lack of softwares that come to assist in this process is currently an issue in teaching cephalometry.¹⁶⁻¹⁸ For this reason, the authors developed an LVO and evaluated the learning of the related content in undergraduate students.

Radiographic cephalometry is a complex area of teaching contents, as it analyzes dentomaxillofacial relationships under a wide variety of standards based on radiographic images.¹⁰⁻¹³ The present study resorted to an LVO developed for radiographic cephalometry and validated¹⁹ for teaching according to the theory of cognitive flexibility. The theory is based on the learning of complex contents that are related under diverse standards and on the interaction between apparently similar concepts. The student transfers knowledge acquired in order to address new situations and thus play a more active role in the learning process. The *Ceph-learning software* may be classified as a CFH cognitive flexibility hypertext, as it is directed to address learning situations based on the case studies observed in knowledge areas that are complex and poorly structured. The aim is to acquire advanced knowledge, that is, to master complexity and to promote the development of the capacity to flexibly put knowledge to practice in a wide array of cases observed in the real world.

The learning process is influenced by aspects of the individual who is learning.

Even if several students are receiving information at the same time, from one teacher or from one LVO, the way each student constructs knowledge is based on personal experience. When new information is received, the student compares it to existing experience and mastered knowledge, and with this comparison new knowledge is acquired.²² The present study conducted a preliminary evaluation, which verified the very low level of previous knowledge of the syllabus proposed. This means that students were being introduced to new information for the very first time. It is important to mention that the participant students formed a homogeneous sample, which made possible an unbiased evaluation of the learning process.

Several approaches are available to educators to assist the teaching process. In this sense, LVO not only is versatile, but also efficient.^{3,5} This could be verified by the good learning performance of students as of the first evaluation, which may be seen as an indication of the possibility to teach contents in a virtual environment. LVO, when well constructed, may be used in an independent and sensible way by students.

In the first post-test, Group B, in which students used LVO, presented a higher mean score and a greater number of correctly identified landmarks as compared to Group A, but this difference was not statistically significant. Nevertheless, in the second post-test conducted 15 days later, statistically significant differences were observed between groups. In this second test, Group B presented better results than Group A. Thus, learning in a virtual environment was more effective than conventional learning, since the students presented better consolidation of knowledge and a higher performance in the identification of landmarks. This may be imputed to the fact that *Ceph-learning* was developed within a constructivist framework, with emphasis placed on interaction aspects that actively involved the student in the process. Such observation is corroborated by the students' assessment of LVO usability. Aspects like effectiveness, efficiency and satisfaction were given highly positive scores.

The fact that this LVO uses hypertext and non-linear network navigation makes it possible to generate knowledge according to the learning capabilities of each student individually. This facilitates consolidation of newly acquired knowledge.

Researchers have consistently proved that computed-aided learning (CAL) is at least as good as conventional teaching, and occasionally better.⁶ The results of the present study show that CAL produced better results, which points to LVO's as promising candidates as tools used in the learning of complex contents, such as cephalometry.

Conclusion

The *Ceph-learning* was shown to be a useful and efficient tool in the learning process of cephalometry.

References

1. Korda B et al. The virtual articulator in dentistry : concept and development. *Dent Clin North Am.* 2002; 46: 493-506.
2. Schleyer T. Application service providers in dentistry. *Dent Clin North Am.* 2002; 46: 477-491.
3. Abraham RA, Upadhyya S, Torke S, Ramnarayan K. Clinically oriented physiology teaching: strategy for developing critical-thinking skills in undergraduate medical students. *Adv Physiol Educ.* 2004; 28: 102-104.
4. Engilman WD, Cox TN, Bednar ED, Proffit WR. Equipping orthodontic departments for interactive distance learning, *Am J Orthod Dentofacial Orthop* **131** (2007), pp. 651–655.
5. Abbey, L.M. Interactive multimedia patient simulations in dental and continuing dental education. *Dent Clin North Am.*, v. 46, no. 3, p. 575-587, Jul. 2002.
6. Aly M, Elen J, Willems G. Instructional multimedia program versus standard lecture: a comparison of two methods for teaching the undergraduate orthodontic curriculum. *Eur J Dent Educ.* 2004; 8: 43-46.
7. Aly M, Elen J, Willems G. Learner-control vs. program-control instructional multimedia: a comparison of two interactions when teaching principles of orthodontic appliances. *Eur J Dent Educ.* 2005; 9:157-63.
8. WT Al-Rawi, R Jacobs, BA Hassan, G Sanderink and WC Scarfe. Evaluation of web-based instruction for anatomical interpretation in maxillofacial cone beam computed tomography. *Dentomaxillofacial Radiology* 2007; 36: 459-464.
9. Hennessey, J.G. et al. Computer-Based Learning in Radiology: A Hypermedia Application in CT. *American Journal of Roentgenology*, v. 155, p. 1317-1320, 1990.
10. Chan CK, Tng TH, Hägg U, Cooke MS. Effects of cephalometric landmark validity on incisor angulation. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1994; 106:487–495

11. Lau PY, Cooke MS, Hägg U. Effect of training and experience on cephalometric measurement errors on surgical patients. *Int J Adult Orthodont Orthognath Surg.* 1997; 12:204–213.
12. Ongkosuwito EM, Katsaros C, van't Hof MA, Bodegom JC, Kuijpers-Jagtman AM. The reproducibility of cephalometric measurements: a comparison of analogue and digital methods. *Eur J Orthod.* 2002; 24:655–665.
13. Silveira HLD, Silveira HED. Reproducibility of cephalometric measurements made by three radiology clinics. *Angle Orthod.* 2006; 76: 394-399.
14. Baskin HN, Cisneros GJ. A comparison of two computer cephalometric programs. *J Clin Orthod.* 1997; 31:231–233.
15. Gotfredsen E, Kragtkov J, Wenzel A. Development of a system for craniofacial analysis from monitor-displayed digital images. *Dentomaxillofac Radiol.* 1999; 28:123–126.
16. Houston WJ. The analysis of errors in orthodontic measurements. *Am J Orthod.* 1983; 83:382–390
17. Houston WJ, Maher RE, McElroy D, Sherriff M. Sources of error in measurements from cephalometric radiographs. *Eur J Orthod.* 1986; 8:149–151.
18. Kamoen A, Dermaut L, Verbeeck R. The clinical significance of error measurement in the interpretation of treatment results. *Eur J Orthod.* 2001; 23:569–578.
19. H.L.D. Silveira, M.J. Gomes , H.E.D. Silveira, Development and validation of ceph-learning - a multimedia tool for learning and training of radiographic cephalometrics (full), *Proceedings of the World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia & Telecommunications* (2007) June 25-29; Vancouver, BC.
20. H.L.D. Silveira, H.E.D. Silveira, R.R. Dalla-Bona, D.D. Abdala, R.F. Bertoldi and A. Von Wangenheim, A software system for calibrating examiners in cephalometric point identification, *Am J Orthod Dentofacial Orthop* (2008) (in press).
21. Brooke, J. (1986) SUS: A Quick and Dirty Usability Scale. Retrieved 07/06/07 from <http://www.usability.serco.com/trump/methods/satisfaction.htm>
22. Spiro, R., Feltovich, P., Jacobson, M. e Coulson, R. (1991). Cognitive Flexibility, Constructivism, and Hypertext: random access instruction for advanced knowledge acquisition in ill-structured domains. *Educational Technology.*1991;31: 24-33.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O exame cefalométrico é um método importante de diagnóstico por imagem quando se deseja avaliar as relações dentárias e esqueléticas da face e crânio do paciente. Desta forma, a sua correta realização é fundamental para que se possa complementar o diagnóstico clínico e auxiliar na elaboração do planejamento e acompanhamento de tratamentos ortodônticos, ortopédicos dentofaciais e cirúrgicos ortognáticos.

A confiabilidade de um exame por imagem depende do desempenho profissional na interpretação correta das estruturas projetadas e, no caso da cefalometria, principalmente da identificação correta dos pontos anatômicos que servirão de referência para as medidas posteriores. A literatura tem demonstrado falta de reprodutibilidade quando resultados de análises cefalométricas, para um mesmo grupo de pacientes, são confrontados.

O presente estudo se propôs a criar e testar um *software* de calibragem (Cyclops Cephalometry) e um objeto virtual de aprendizagem –LVO (Ceph-learning) para o ensino e prática da cefalometria radiográfica com o objetivo de melhorar a performance dos executores e possibilitar o estudo e aprendizagem de forma autônoma e a qualquer tempo contribuindo para a manutenção do bom desempenho.

Os resultados obtidos no presente estudo mostraram que o Cyclops Cephalometry representa uma ferramenta eficiente para a calibragem de examinadores e que o Ceph-learning contribui de maneira positiva para o aprendizado e desempenho dos alunos na área da cefalometria.

Espera-se, desta forma, disponibilizar na internet o material produzido e testado para que venha a contribuir e facilitar o processo de calibragem em estudos científicos, assim como, o aprendizado da cefalometria.

CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos, apresentados e discutidos no presente trabalho, pode-se concluir em relação a amostra estudada que:

- a) O *Cyclops Cephalometry* provou ser uma valiosa ferramenta de avaliação, mostrando-se eficiente e confiável. Este pode ser usado para uma variedade de pesquisas envolvendo estudos cefalométricos;
- b) O *Ceph-learning* mostrou ser uma ferramenta útil e eficiente no processo de aprendizagem da cefalometria.