

Metodologia Computacional para Validação da Acuidade em Marcações Cefalométricas

Daniel Duarte Abdala¹, Rafael Floriani Bertoldi², Aldo Von Wangenheim³, ⁴Heraldo Luis Dias da Silveira, ⁵Heloísa Emília Dias da Silveira

^{1,2,3}Laboratório de Processamento de Imagens Projeto Cyclops, Departamento de Informática e Estatística (INE), Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

^{4,5}Faculdade de Odontologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

Resumo – Apresentamos um novo sistema para validação da acuidade no processo de marcação de pontos cefalométricos. O sistema proposto trabalha com os conceitos de gerente do processo de avaliação, avaliadores e testadores, permitindo assim a moderação do processo de avaliação. A utilização de avaliadores e testadores fornece dados suficientes para a avaliação da acuidade por meio de análise estatística de variância.

Palavras-chave: cefalometria, portabilidade, marcação de pontos, acuidade.

Abstract – We present a new system to validate the accuracy of the identification of cephalometric landmarks. The proposed system works with the concepts of evaluation process manager, evaluators and testers, allowing thus the moderation of the evaluation process. The utilization of testers and evaluators supplies enough data to evaluate the accuracy through statistical analysis of variance.

Key-words: cephalometry, portability, accuracy, landmarks identification.

Introdução

A cefalometria radiográfica tem como objetivo servir como uma etapa de prospecção e planejamento em tratamentos ortodônticos e cirúrgicos. A realização desta é feita através da identificação de pontos de controle sobre imagens radiográficas. Estes pontos são utilizados para mensurações e cálculos guiando assim o processo de planejamento e acompanhamento do tratamento [1].

Uma característica interessante da cefalometria é que ela fornece avaliações objetivas, diferentes dos normalmente subjetivos exames clínicos, tornando-a uma ferramenta fundamental para o diagnóstico e também avaliação de planejamento e acompanhamento para tratamentos ortodônticos [2]. Assim, o uso de cefalograma para o planejamento fornece uma maior possibilidade de exatidão.

Todavia, para uma boa análise na cefalometria são necessários exatidão nas medidas e técnicas adotadas além de conhecimento e experiência na análise dos objetos encontrados nas radiografias. Há, porém, que se considerar o fato da dificuldade de marcação dos pontos em geral tridimensionais serem marcados sobre uma imagem 2D de radiografia e a imprecisão demonstrada pelos especialistas em suas avaliações.

Dessa forma, a comparação entre conjuntos de pontos cefalométricos de diferentes origens provavelmente apresentará diferença e

pode resultar em diferentes e até mesmo conflitantes diagnósticos para um mesmo paciente [3].

Esse problema pode ocorrer sejam os pontos obtidos manualmente, sofrendo com a marcação imprecisa dos pontos, ou automaticamente, sofrendo com as limitações de algoritmos de detecção.

Diversos estudos e pesquisas já foram realizados com o objetivo de estudar os problemas que podem surgir por essas diferentes avaliações no momento da marcação dos pontos [4][5][6]. Verificou-se que o erro interobservador na marcação de pontos sobre uma mesma imagem é maior que o erro intra-observador.

Uma forma possível de quantificar a questão envolvendo o erro entre diferentes observadores consiste em verificar estatisticamente a concordância entre conjuntos de pontos em comparações interobservadores, sendo os observadores separados em conjuntos de especialistas mais e menos experientes em cefalometria. Com os dados obtidos é possível se realizar a avaliação se há coerência entre a análise das radiografias executadas por diferentes especialistas e assim obter uma melhor medida da diferença entre essas observações. Uma quantificação semelhante foi realizada por [7], comparando os resultados obtidos em trinta cefalogramas entre residentes de ortodontia e cirurgia bucomaxilofacial, com diferentes níveis de experiência. O resultado encontrado foi que

houve uma grande diferença dos resultados entre os diferentes examinadores.

Em outro estudo [3], foi realizada a comparação das análises cefalométricas em diferentes momentos por três diferentes clínicas para um mesmo conjunto de 40 telerradiografias laterais. Os resultados observados foram que somente quatro fatores não apresentaram diferenças entre as três clínicas, enquanto todos outros fatores avaliados apresentaram diferenças significativas na comparação entre os resultados de duas ou até mesmo das três clínicas. Para salientar os problemas encontrados, diferenças de até 11.33 mm foram encontradas para medidas lineares.

Usando forma de quantificação semelhante à empregada nestes estudos e com a motivação de criar uma forma de quantificar essa comparação entre cefalogramas, o projeto Cyclops sediado na Universidade Federal de Santa Catarina em trabalho conjunto com o programa de pós-graduação em Odontologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul desenvolveu um software de análise de imagens de cefalometria radiográfica, capaz de servir como um instrumento de aprendizado para futuros especialistas nessa área e como uma prática ferramenta de análise estatística, fornecendo melhor compreensão das diferenças inerentes da análise cefalométrica entre observadores diversos.

Metodologia

O primeiro passo foi separar claramente os papéis dos possíveis usuários do software. Foram definidos três tipos de usuários:

a) *Administrador*: gerente do software, ele tem a capacidade de gerenciar a informação dos usuários. É quem possui a capacidade de criar os projetos onde serão armazenados a imagem e os pontos cefalométricos correspondentes, além de ser o responsável pelo cadastro dos testadores e examinadores habilitados a participar da análise cefalométrica de tal projeto.

Também pode visualizar as estatísticas produzidas com os dados contidos nos projetos, conferindo-lhe adicionalmente o poder de auditor;

b) *Examinador*: usuário que tem como principal capacidade marcar pontos cefalométricos em projetos. Ele tem acesso também a ferramentas auxiliares de análise de imagem como zoom e deslocamento de imagens.

O produto final gerado por esse tipo de usuário são conjuntos de pontos que serão usados como referência na produção das estatísticas de avaliação. Normalmente, é esperado que um usuário deste tipo seja um especialista experiente na análise de imagens cefalométricas;

c) *Testador*: esse usuário tem acesso essencialmente às mesmas ferramentas que o tipo examinador, porém o conjunto de pontos gerado por esse tipo de usuário é usado como conjunto de comparação com os conjuntos de referência criados pelos examinadores.

O usuário esperado do tipo testador é um especialista mais inexperiente ou estudante.

Cada um desses usuários poderá acessar como explanado acima, diferentes e específicas funcionalidades. Uma das principais características providas pelo software é a capacidade de criar, armazenar e recuperar projetos. Um projeto é um arquivo comprimido pelo algoritmo de compressão ZIP, contendo uma imagem cefalométrica e um arquivo XML onde são armazenados dados sobre o próprio projeto além de todas as coordenadas das listas de pontos marcadas pelos usuários na imagem relativa a esse projeto. A estrutura dos arquivos XML pode ser vista na figura 1.

```
<?xml version="1.0" encoding="ISO-8859-1"?>
<project>
  <name>exemplo</name>
  <description>exemplo</description>
  <image_name>exemplo</image_name>
  <image_kind>17</image_kind>

  <testers>
    <ctrl_points user="testador" password="hash_password">
      <point R="255" G="0" B="0">524;522</point>
      ...
    </ctrl_points>
  </testers>

  <examiners>
    <ctrl_points user="examinador" password="hash_password">
      <point R="255" G="0" B="0">567;617</point>
      ...
    </ctrl_points>
  </examiners>
</project>
```

Figura 1. Exemplo teórico da estrutura do arquivo XML de um projeto.

Somente usuários do tipo administrador poderão criar projetos, disponibilizando-os assim para usuários testadores e examinadores. Porém, um administrador não é capaz de adicionar pontos a um projeto e, assim, ele não possui permissão para armazenar ou carregar projetos.

É essencial aos usuários administradores, porém, cadastrar os usuários que poderão ter acesso a cada projeto criado, classificando esses usuários nas categorias de testador ou examinador, sendo este o único usuário que possui tal permissão. Vale ressaltar que passo é absolutamente necessário para o uso correto do software.

Os usuários do tipo testador e examinador, não podem criar projetos, porém a eles é permitido carregar e armazenar projetos, pois como descrito, seu papel refere-se a marcação dos pontos cefalométricos de forma a permitir a extração das estatísticas de comparação.

O número total de pontos que um usuário pode adicionar à imagem de um projeto é 24 (vinte e quatro). Esses pontos escolhidos são bastante difundidos e divulgados na literatura mundial [7]. Todos esses pontos devem ser adicionados com a seleção da ferramenta de adição de pontos e, em seguida, clicando o botão esquerdo do mouse, sobre a região da imagem cefalométrica do projeto, mostrada ao usuário.

Tabela 1 - Tabela com os 24 pontos cefalométricos esperados.

Sigla	Nome
A	Subespinal
Aii	Ápice do incisivo inferior
Ais	Ápice do incisivo superior
Ar	Articular
B	Supramentoniano
Ba	Básio
Co	Condílio
D	Centro de sínfise mentoniana
E	Eminência
ENA	Espinha Nasal Anterior
ENP	Espinha Nasal Posterior
Go	Gônio
Gn	Gnátio
lii	Incisal do incisivo inferior
lis	Incisal do incisivo superior
Me	Mentoniano
Ms	Topo da cúspide mesial do primeiro molar superior
N	Násio
Or	Orbital
P ou Pog	Pogônio
Pó	Pório
Ptm	Pterigomaxilar
S	Sela
Xi	Centro do ramo ascendente

Os pontos cefalométricos além de poderem ser marcados sobre uma dada imagem podem ser deslocados ou removidos pelos testadores ou examinadores que os marcaram. Um usuário somente tem acesso aos pontos marcados por ele próprio, impedindo a interferência indesejada por outros usuários e garantindo assim a integridade dos dados. Todos os pontos marcados pelos usuários e as modificações realizadas nestes são mostradas em uma tabela a direita do software onde são apresentadas as coordenadas em milímetros de todos os pontos que se espera a marcação referentes ao ponto de origem da imagem, adotado como sendo o canto superior esquerdo da mesma. O software indica ainda sempre qual deve ser o próximo ponto a ser marcado, apresentando os mesmos em ordem. No entanto, o usuário pode manualmente selecionar o ponto que deseja marcar no momento simplesmente clicando sobre sua linha na tabela localizada no lado direito da tela principal do software.

Como ferramentas auxiliares à análise das imagens cefalométricas são oferecidas as possibilidades da alteração de zoom da imagem e também de deslocar a imagem de sua posição original. Assim, o usuário que observa as imagens pode fazer uma análise mais detalhada e precisa.

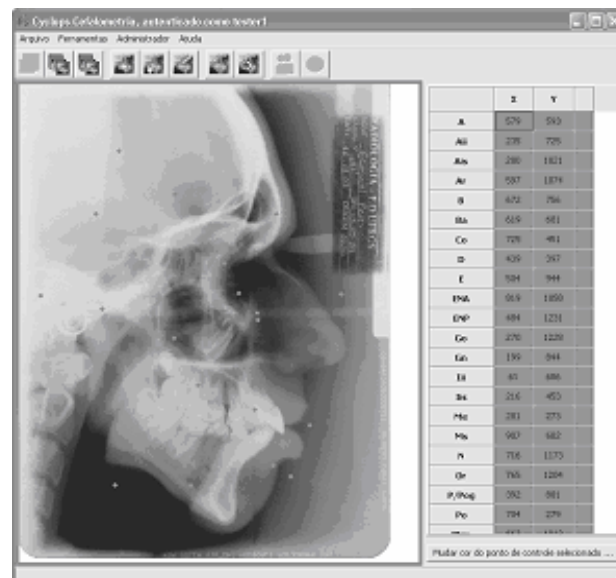


Figura 2. Visão geral da interface principal do software.

A calibragem de escala do sistema teve como base as dimensões padrão de uma telerradiografia que mede exatamente 178x238mm. Tal calibragem permite que a marcação milimétrica dos pontos de controle seja precisa.

Os projetos podem ter a informação dos pontos cefalométricos contida nele analisada por um usuário administrador. Usuários desse tipo podem visualizar as estatísticas de um projeto através da região específica dedicada a esse propósito no software, acessível somente por esta classe de usuários. Nessa seção do software, é possível ao administrador carregar, somente para leitura, um projeto e as estatísticas referentes a esse projeto serão calculadas automaticamente. As estatísticas produzidas são:

- Lista de pontos médios cefalométricos dos conjuntos de pontos dos usuários testadores desse projeto, além do desvio padrão encontrado para cada um dos 24 pontos médios gerados;
- Lista de pontos médios cefalométricos dos conjuntos de pontos dos usuários examinadores desse projeto, além do desvio padrão encontrado para cada um dos 24 pontos médios gerados;
- Lista da distância encontrada entre os 24 pares de pontos médios entre testadores e examinadores;

- Média das distâncias entre os 24 pares de pontos médios, além do desvio padrão encontrado para a média gerada.

Todas as estatísticas são mostradas no canto direito da janela do software, sendo as informações relativas aos testadores mostradas em vermelho e as relativas aos examinadores em azul. As estatísticas referentes a distância são apresentadas em verde.

À esquerda dessa janela pode ser vista a imagem relativa ao projeto aberto e nessa imagem são representados os pontos cefalométricos encontrados nos conjuntos de testadores e examinadores. Estes conjuntos de pontos seguem a mesma convenção de cores adotada nas tabelas onde os dados são apresentados. Com isso, o usuário além de poder comparar numericamente os valores dos diferentes conjuntos de pontos pode também visualizar as diferenças encontradas.

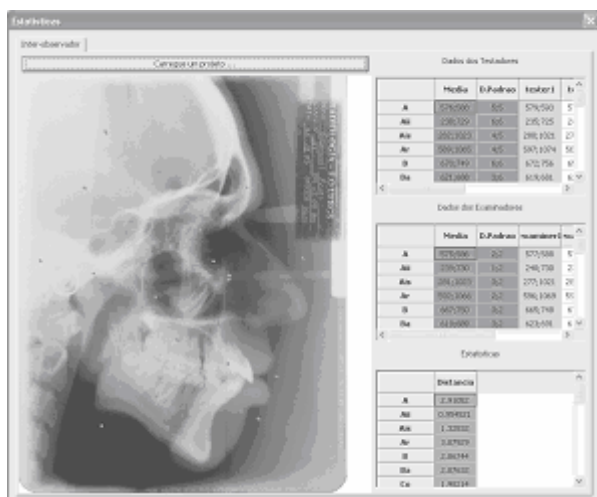


Figura 3. Visão geral da interface relativa à produção e visualização das estatísticas no software.

Resultados

O software está em estágio de testes de uso por especialistas em cefalometria do departamento de odontologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. O conjunto de imagens a serem analisadas por todos os especialistas envolvidos é formado 15 radiografias cefalométricas. De forma a produzir o conjunto de dados comparativos, cada especialista identificará os 24 pontos cefalométricos determinados em cada uma dessas imagens.

Os conjuntos de pontos produzidos serão usados ao final para produzir estatísticas comparativas como, por exemplo, a distância média encontrada para o mesmo tipo de ponto cefalométrico entre diversos especialistas de diferentes capacidades e experiências.

O resultado será um conjunto de dados que poderá ser aplicado em estudo específico de forma a avaliar e tentar qualificar as consequências devido à discrepância entre diferentes análises ou, também, para orientar estudantes aprendendo o processo de marcação cefalométrica de forma a indicar a elas deficiências em suas avaliações.

Discussão e Conclusões

Embora o software ainda esteja em fase de testes, já conta com a aquiescência no que tange a usabilidade do sistema de um considerável número de possíveis usuários.

O software foi modelado de modo a oferecer características que o tornem prático e funcional sem deixar de cumprir o seu papel principal referente a comparação entre diferentes conjuntos de dados de diferentes especialistas.

Por exemplo, escolhas de modelagem como a autenticação através dos projetos e não de banco de dados locais permite uma utilização descentralizada do sistema proposto. Assim, médicos e especialistas distribuídos geograficamente podem interagir com um mesmo projeto sem maiores problemas.

Uma ferramenta como essa pode indicar uma nova forma de se avaliar a acuidade dos resultados na cefalometria, garantindo formas de quantificar a qualidade do resultado das análises. Com isso, planejamentos pré-operatórios dos procedimentos a que a cefalometria se presta podem ter sua qualidade verificada para que não tenha sua aplicabilidade clínica comprometida pela imprecisão do avaliador.

Agradecimentos

Gostaríamos de agradecer a todos os integrantes do projeto Cyclops pelo apoio e úteis sugestões durante o desenvolvimento deste projeto. Em especial gostaríamos também de agradecer aos pesquisadores Heraldo e Heloisa da Silveira por ter nos apresentado este tema de pesquisa que muito nos motivou nos últimos meses.

Referências

1. FONSECA, R.C. (2001), "Análise Cefalométrica, Diagnóstico e Planejamento Ortodôntico", São Paulo: Santos.
2. YOU, Q.L.; HÄAG, U. (1999), "A comparison of three superimposition methods", European Journal of Orthodontics. Oxford, v. 21, p. 717-725.
3. SILVEIRA, H.L.D., SILVEIRA, H.E.D. (Maio, 2006), "Reproducibility of Cephalometric Measurements Made by Three Radiology

Clinics”, Angle Orthodontist. Appleton, v. 76, n. 3, p. 394-399.

4. STABRUN, A.E., DANIELSEN, K. (Agosto, 1982), “Precision in cephalometric landmark identification”, European Journal of Orthodontics. Oxford, v. 4, n. 3, p. 185-196.
5. RUDOLPH, D.J.; SINCLAIR, P.M.; COGGINS, J.M. (Fevereiro, 1998), “Automatic computerized radiographic identification of cephalometric landmarks”, American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics, Saint Louis, v. 113, n. 2, p. 173-179.
6. TRENOUTH, M.J.; LAITUNG, G.; NAFTEL, A.J. (Fevereiro, 1999), “Differences in cephalometric reference values between five centers: relevance to the Eurocleft Study”, British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery, Edimburgo, v. 37, n. 1, p. 19-24.
7. LAU, P.Y.W., COOKE, M.S., HÄGG, U. (Outono, 1997), “Effect of training and experience on cephalometric measurement errors on surgical patients”, International journal of adult orthodontics and orthognathic surgery. Chicago, v. 12, n. 3, p. 204-213.

Contato

Laboratório de Telemedicina, Projeto Cyclops,
Departamento de Informática e Estatística (INE),
Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)
Florianópolis – Santa Catarina – Brazil
Telefone: +55 48 3331-9516
Fax: +55 48 3331-9516