

Desenvolvimento de uma ferramenta para a realização de traçados cefalométricos

Development of an applet to perform cephalometric tracings

Igor L. O. Bastos¹ e Michele F. Angelo²

¹Instituto de Matemática – Universidade Federal da Bahia (UFBA) – Salvador (BA), Brasil.

²Departamento de Tecnologia – Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS) – Feira de Santana (BA), Brasil.

Resumo

Este artigo visa apresentar o desenvolvimento de uma ferramenta para a realização de traçados cefalométricos. Estes traçados tomam como base a marcação de pontos cefalométricos sobre a imagem do paciente o qual se deseja analisar, provendo a obtenção de resultados que permitem diagnosticar patologias e/ou más-formações relativas às estruturas ósseas e moles da face deste paciente. É válido ressaltar que a ferramenta foi desenvolvida utilizando a tecnologia *Java Applet*, a qual permite a sua fácil integração em páginas web.

Palavras-chave: circunferência craniana, diagnóstico por imagem, interpretação de imagem assistida por computador.

Abstract

This paper aims to present the development of a tool for performing cephalometric tracing. These tracings are based on the marking of cephalometric points on the image of the patient which is to be analyzed, providing results which allow diagnosing pathologies and/or malformations related to soft and bony structures of the face of this patient. It is worth noting that the tool was developed using Java Applet technology, which allows easy integration into web pages.

Keywords: cephalometry, diagnostic imaging, computer-assisted image interpretation.

Introdução

Desde a sua formalização como um mecanismo de diagnóstico moderno, no ano de 1931, por Broadbent¹, a cefalometria radiográfica vem sendo utilizada e abordada por diversos teóricos, tais como Broadie, Tweed, Wylie, Bjork, Downs e Steiner². Esta é considerada como parte da ciência odontológica que se dedica à mensuração de grandezas lineares e angulares em radiografias da cabeça, sendo estas grandezas, elementos essenciais ao diagnóstico ortodôntico e à avaliação de padrões de crescimento facial³.

A abundância de informações geradas através da cefalometria radiográfica passou a ser organizada em análises cefalométricas, também conhecida como traçados cefalométricos. Estes traçados provêm informações que permitem classificar os pacientes analisados com relação a anormalidades esqueléticas e dentárias, as quais incluem aspectos relativos à mandíbula, maxila, base do crânio e tecido mole⁴. Estas medidas, assim como o seu processo de obtenção, têm sido estudadas no decorrer das últimas décadas, levando ao surgimento de diversos traçados cefalométricos, os quais abordam aspectos distintos quanto à estrutura facial dos pacientes e possuem conjuntos de pontos cefalométricos distintos².

Concomitantemente aos avanços da cefalometria, avanços na informática ocorreram no decorrer das últimas décadas e, em 1980, iniciou-se uma nova era da cefalometria, que é baseada na aplicação do computador no processo de diagnóstico e tratamento ortodôntico, dando origem à chamada cefalometria computadorizada².

As melhorias provenientes desta inserção do computador na realização dos traçados cefalométricos são inúmeras, as quais incluem, principalmente, ganho de precisão na realização de marcações e obtenção de medidas, a possibilidade de editar a imagem a fim de melhorar a visualização de aspectos importantes nesta, além de ganho de tempo nas marcações e na realização dos traçados por parte do profissional da área. Estes fatores fazem com que o uso do computador nessa área torne-se cada vez mais indispensável⁵.

De forma análoga ao desenvolvimento da informática, vale ressaltar que, durante os últimos anos, houve um crescimento considerável de pessoas com acesso a Internet, assim como a quantidade de dados dissipados nesta. Estes fatores estimularam o desenvolvimento de tecnologias voltadas para a web, as quais podem ser mais facilmente acessadas e disponibilizadas ao público.

Neste contexto enquadra-se o presente trabalho, o qual apresenta o desenvolvimento de uma ferramenta para a

realização de traçados cefalométricos sobre imagens cefalométricas digitais. Esta ferramenta, além de dar suporte à realização dos traçados (marcação de pontos cefalométricos, edição destes e obtenção do traçado e dos resultados), provê uma gama adicional de recursos, tais como efeitos de melhoramento de imagens e inserção/edição de estruturas anatômicas, os quais facilitam o processo de marcação dos pontos cefalométricos e a visualização das estruturas ósseas e moles na imagem. É importante ressaltar que esta ferramenta foi desenvolvida utilizando a tecnologia *Java Applet*, a qual pode ser facilmente associada a uma página web.

Metodologia

Para o desenvolvimento da ferramenta, intitulada de "*CefaloApplet*", empregou-se uma metodologia dividida em 4 grandes etapas, as quais podem ser vistas, de forma detalhada, na Tabela 1, a seguir.

Tabela 1. Metodologia empregada no desenvolvimento da ferramenta.

Etapas de metodologia	Descrição da etapa
Levantamento e estudo da bibliografia	Nesta etapa foi levantada e estudada a bibliografia relacionada aos temas Cefalometria e Processamento de imagens digitais (PDI), os quais foram de suma importância para a construção do produto.
Desenvolvimento do módulo de edição e manipulação de imagens	Nesta etapa foram desenvolvidas as rotinas de PDI. Estas envolvem as operações de ajuste de brilho, detecção de contornos, aplicação de negativo e binarização de imagens.
Desenvolvimento do módulo de traçados cefalométricos	Nesta etapa foi desenvolvido todo o mecanismo de realização dos traçados cefalométricos. Foram implementadas as regras específicas de cada traçado suportado pela <i>CefaloApplet</i> , além de prover todo o mecanismo de marcação e manipulação dos pontos cefalométricos.
Desenvolvimento do módulo de inserção / manipulação de estruturas anatômicas e realização de testes	Nesta etapa, utilizou-se modelos (vetorizados) de estruturas faciais, tomadas como referência no processo de marcação de pontos cefalométricos. Foi desenvolvido o mecanismo de adição e ajuste destas estruturas, permitindo que elas se adequem à imagem do paciente que está sendo analisado. Além disso, realizou-se nesta etapa um conjunto de testes, os quais abrangeram a interação do usuário com a ferramenta e a obtenção das medidas provenientes dos traçados cefalométricos.

Desenvolvimento da ferramenta

Como visto anteriormente na Tabela 1, o desenvolvimento da *CefaloApplet* se deu basicamente nas três últimas etapas da metodologia, tomando como base o conhecimento adquirido na primeira fase. A seguir, é apresentado o desenvolvimento dos módulos que compõem a ferramenta, abordando uma breve descrição das técnicas envolvidas neste processo.

Desenvolvimento do módulo de edição e manipulação de imagens

Para que este módulo fosse desenvolvido, houve a necessidade de entendimento a respeito da teoria que trata de imagens digitais (sua estrutura e especificidades), além do entendimento a respeito da teoria envolvida em cada um dos efeitos implementados.

Primeiramente, foi importante compreender a estrutura das imagens digitais. Estas imagens podem ser entendidas como grandes matrizes bidimensionais, onde cada um de seus elementos é intitulado de *pixel* (*Picture element*), e estes correspondem à intensidade da imagem naquele ponto⁶.

Na Figura 1, a seguir, pode ser vista a estrutura de uma imagem digital. Os termos N e M correspondem, respectivamente, às largura e altura da imagem.

Após a compreensão da estrutura, foi possível desenvolver os efeitos para edição das imagens. Os efeitos desenvolvidos foram de ajuste de brilho, binarização, realce de bordas e aplicação de negativo e estes são descritos na Tabela 2, a seguir.

Desenvolvimento dos módulos de traçados cefalométricos e estruturas anatômicas

O desenvolvimento destes módulos foi feito seguindo o proposto na bibliografia a respeito dos traçados cefalométricos^{2,8} e das estruturas anatômicas que auxiliam a marcação dos pontos cefalométricos.

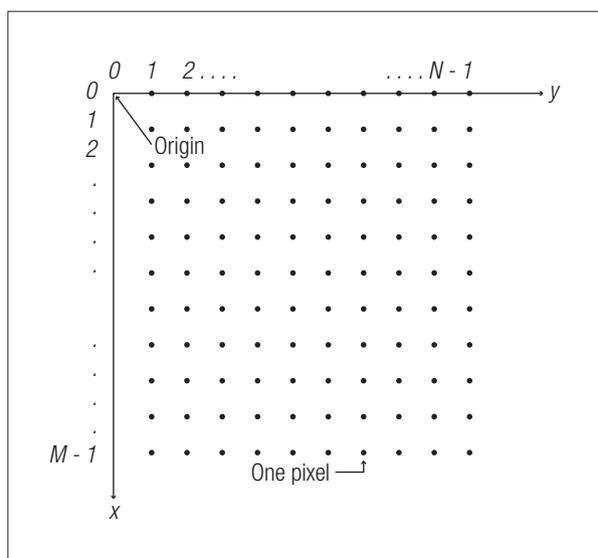


Figura 1. Estrutura da imagem digital.

Tabela 2. Efeitos implementados na *CefaloApplet*

Efeitos	Descrição do efeito e implementação
Ajuste de brilho	O ajuste de brilho é um efeito realizado a partir da varredura da imagem e atuação, com acréscimo ou diminuição de valor, sobre cada <i>pixel</i> da imagem. Acréscimos do valor do <i>pixel</i> tendem a clarear a imagem. Em contrapartida, decréscimos deste valor a escurecem.
Aplicação de Negativo	O efeito de negativo, assim como o de brilho, ocorre em cada <i>pixel</i> da imagem. Neste efeito, é feita a subtração do valor máximo que o <i>pixel</i> pode assumir (255 para imagens de 8 bits) do valor de cada <i>pixel</i> da imagem.
Efeito de binarização	Assim como o brilho e negativo, o efeito de binarização é também aplicado sobre cada <i>pixel</i> da imagem. Neste efeito, são atribuídas duas colorações distintas (preto e branco, no caso) para separar a imagem em duas regiões. A pertinência de cada <i>pixel</i> da imagem em relação a cada uma das regiões é dada pela satisfação de um valor de limiar, calculado, no presente trabalho, utilizando o algoritmo de Otsu ⁷ .
Realce de bordas	Diferentemente dos efeitos anteriores, o realce de bordas é uma operação feita considerando não somente o valor de cada <i>pixel</i> , mas também dos seus vizinhos. No caso da presente aplicação, utilizou-se o realce de bordas baseado nos filtros de Sobel ⁶ , os quais, quando convoluídos com a imagem, permitem a obtenção do realce de contornos presentes nela.

Tabela 3. Estruturas anatômicas disponibilizadas na *CefaloApplet*.

Tipos de estrutura	Nome da estrutura
Estruturas Dentárias	Molar Superior, Molar Inferior Incisivo Superior e Incisivo Inferior
Estruturas Ósseas	Sela, Pório, Órbita, Maxila, Mandíbula, Fossa Pterigomaxilar, Sínfise, Frontal e Ossos Nasais
Estruturas Moles	Tecido Mole Superior e Tecido Mole Inferior

É interessante notar que estes módulos, por estarem diretamente envolvidos com operações de adição e manipulação de dados sobre a imagem (pontos cefalométricos e/ou estruturas anatômicas), “exigiram” um desenvolvimento robusto da interface da ferramenta, a qual teve de prover funcionalidade para as interações do usuário, como clicar na imagem, clicar sobre pontos, arrastar o cursor, entre outras. Cabe ressaltar que a linguagem Java e a sua principal biblioteca para o desenvolvimento de interfaces (Java Swing) dão suporte a este tratamento de eventos, cabendo ao desenvolvedor definir a resposta da ferramenta para cada um deles.

Voltando aos traçados, implementou-se, nesta ferramenta, três dos traçados cefalométricos mais utilizados por profissionais da área de odontologia e radiologia². Estes são os traçados de Steiner, Downs e Harvold.

Quanto às estruturas anatômicas disponibilizadas ao usuário, estas são citadas na Tabela 3, a seguir. É importante salientar que, ao requisitar a exibição destas estruturas sobre a imagem, estas aparecem seguindo um modelo padrão, o qual foi definido por um especialista da área. Cabe ao usuário ajustar os pontos que as compõem, moldando-as de acordo com a imagem a qual se deseja analisar.

Resultados

Obteve-se, com o desenvolvimento da *CefaloApplet*, bons resultados provenientes dos seus três módulos, os quais, mostraram-se em concordância com a bibliografia levantada^{2,8} e serão demonstrados a seguir.

Na Figura 2, pode ser visualizada a interface da ferramenta. Nota-se que esta interface é composta, basicamente, por um painel principal, onde a imagem cefalométrica escolhida pelo usuário é exibida, e por uma barra de ferramentas lateral, sendo esta constituída por três abas. Cada aba permite o acesso às funções de cada módulo desenvolvido. Por exemplo, na aba “Efeitos”, tem-se acesso às funções de edição e manipulação de imagem. Como visto na Figura 2, o sistema conta ainda com as abas de “Traçados” e “Estruturas”.

**Figura 2.** Interface da *CefaloApplet*.

Após a abertura da imagem, o usuário pode aplicar efeitos de edição e manipulação de imagem através da aba “Efeitos”, demonstrada na Figura 2. Como pode ser visto nesta figura, são apresentados ao usuário botões, que correspondem aos efeitos implementados e descritos anteriormente. Cada um dos efeitos citados pode ser visto na Figura 3, a seguir, onde utilizou-se a própria ferramenta para a obtenção dos resultados.

O módulo de traçados também apresentou bons resultados. Como citado anteriormente, foram implementados os traçados cefalométricos de Steiner, Harvold e Downs. Na Figura 4, pode-se visualizar as retas e planos provenientes da execução destes traçados utilizando a ferramenta. Vale ressaltar que as marcações de pontos cefalométricos realizadas nesta figura não foram realizadas por um profissional da área e servem como uma tentativa de demonstrar o funcionamento da *CefaloApplet*.

Com a marcação dos pontos e a geração das retas e planos que compõem um determinado traçado, pode-se requisitar à ferramenta o cálculo das medidas resultantes para a realização do diagnóstico do paciente. Estas medidas são apresentadas em uma nova janela, onde seus nomes são listados ao lado do valor encontrado com base nas marcações. É importante dizer que, para o cálculo de distância e obtenção de resultados precisos destas, é necessário que o usuário, ao acessar a aba de traçados, realize uma calibração do sistema, marcando sobre a cefalometria radiográfica, a qual geralmente apresenta uma régua, o correspondente a 2 cm na imagem.

Na Figura 5 pode ser visualizado o resultado para o traçado de Downs.

Por fim, na Figura 6, pode ser visto o resultado do módulo de estruturas anatômicas. Estas estruturas estão dispostas e ajustadas à imagem a qual se está analisando.

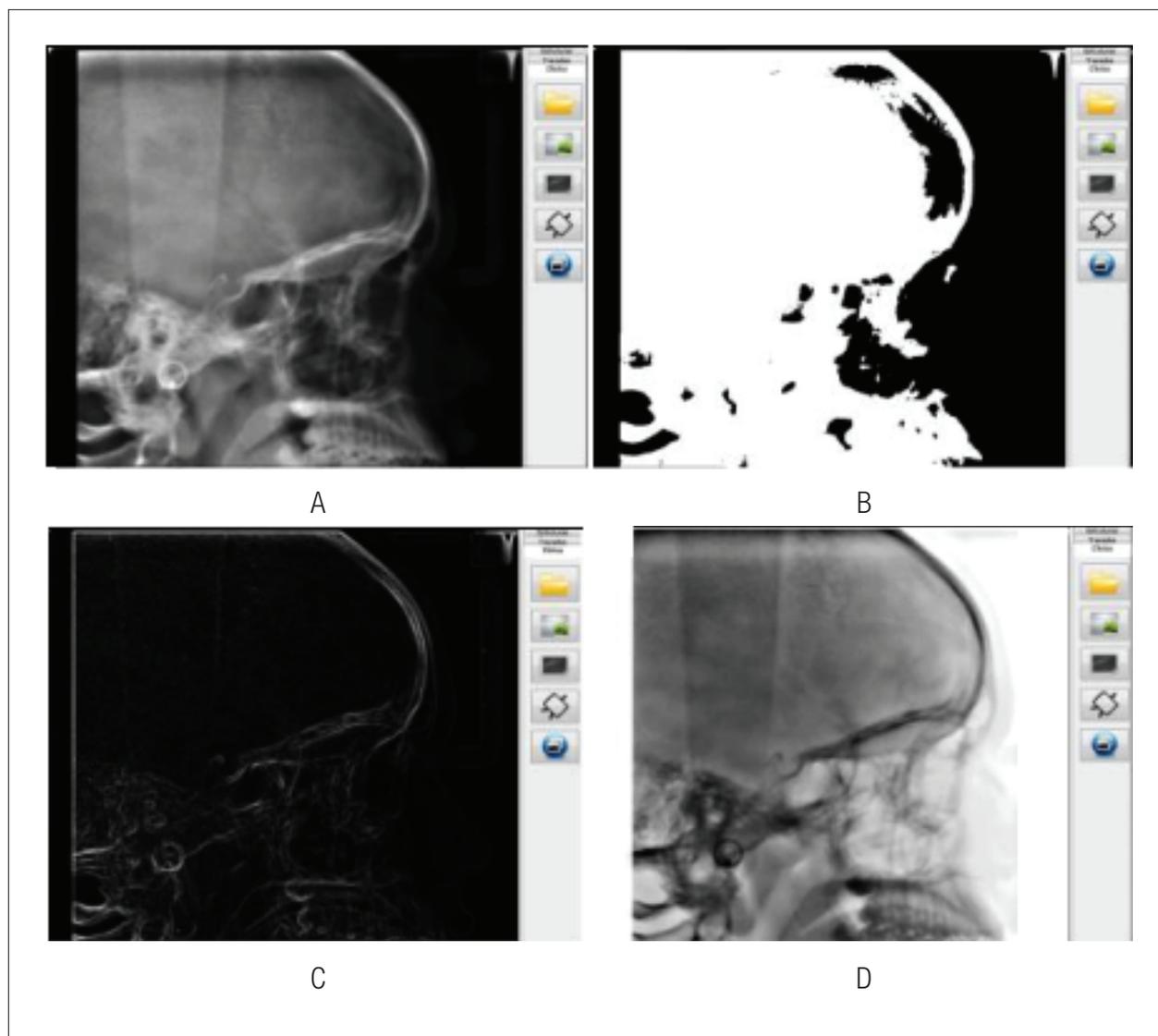


Figura 3. Efeitos aplicados na *CefaloApplet*. (A) Imagem Original com acréscimo de brilho. (B) Binarização. (C) Realce de bordas. (D) Aplicação de negativo.

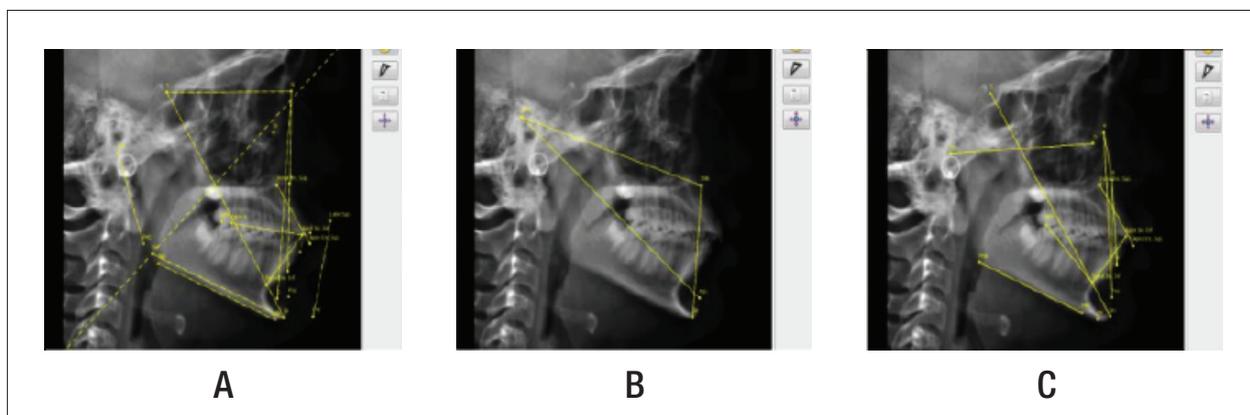


Figura 4. Realização de traçados cefalométricos na *CefaloApplet*. (A) Traçado de Steiner. (B) Traçado de Harvold. (C) Traçado de Downs.

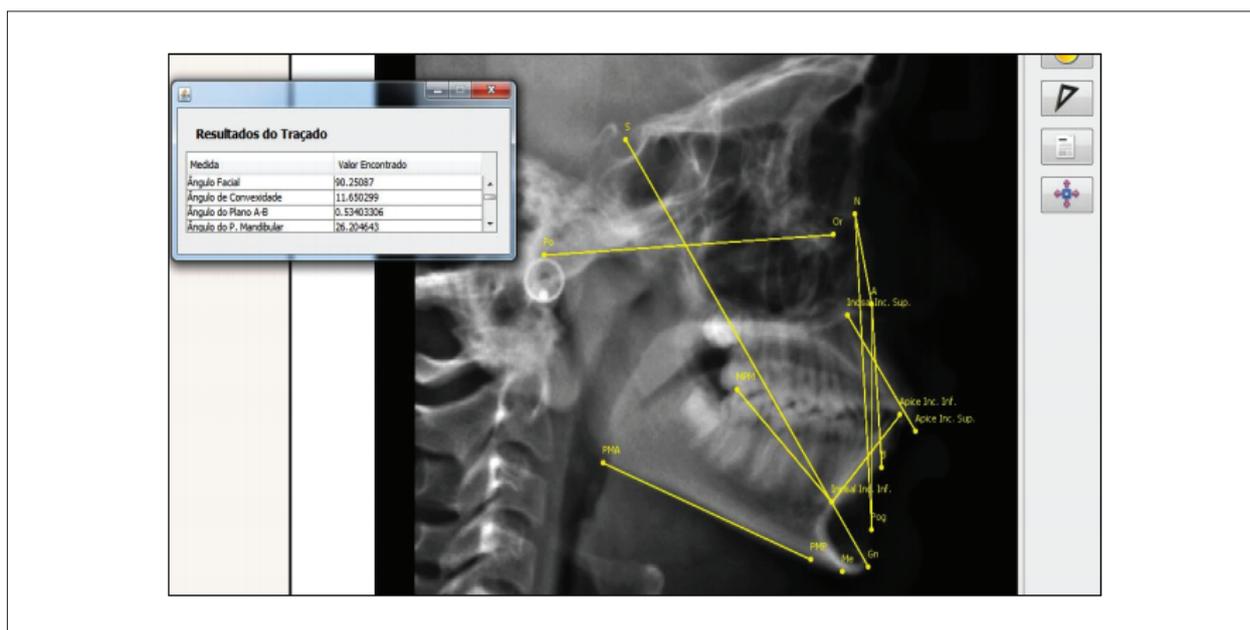


Figura 5. Obtenção dos resultados provenientes da realização do traçado de Downs.

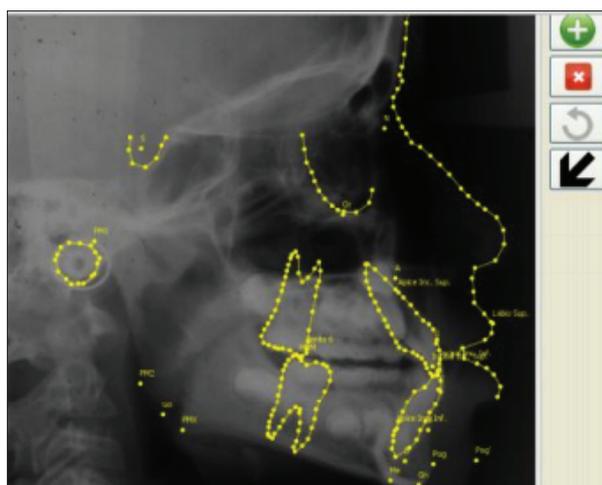


Figura 6. Resultados provenientes do módulo de estruturas anatômicas.

Pode-se dizer que as estruturas anatômicas atuam como facilitadoras da marcação dos pontos cefalométricos, os quais possuem regras para associar a sua posição a estas. As estruturas são formadas por pontos que podem ser ajustados, remodelando assim, o seu contorno.

Discussão e Conclusões

De acordo com os resultados demonstrados, pode-se dizer que o desenvolvimento da *CefaloApplet* foi satisfatório. Porém, há pontos passíveis de melhoras, como a pouca quantidade de traçados cefalométricos disponibilizados. A disponibilização deste recurso na Internet é outro ponto que deve ser abordado. Esta disponibilização, ainda em andamento, será feita com a associação do mesmo ao portal Banco de Imagens Cefalométricas,

desenvolvido na Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS) e hospedado em um servidor da instituição. Com a disponibilização da *CefaloApplet*, uma bateria de testes será realizada pelos alunos da disciplina Odontopediatria III do curso de Odontologia da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS) a fim de realizar a sua validação e também receber sugestões de melhorias de especialistas (professores) da área.

Referências

1. Broadbent BH. A new x-ray technique and its application to orthodontia. *Angle Orthod.* 1981;51(2):93-114.
2. Raveli DB, Santos-Pinto A, Gandini Junior LG, Martins LP. Ortodontia: Análises cefalométricas mais usuais ao seu alcance. São Carlos: Rima; 2007.
3. Mundstock CA, Berthold TB. Introdução à cefalometria radiográfica. São Paulo: Pancast; 1998.
4. Munandar S. Cephalometric Analysis of Deutero-Malay Indonesian [Tese de Mestrado]. Sydney: University of Sydney; 1992.
5. Lauris JRP, Costa ET, Bóscolo FN. Radiografia Odontológica Digitalizada: Técnicas dos principais processamentos digitais. *Rev ABRO.* 2001; 2(1):1-5.
6. González RC, Woods RE. Processamento de Imagens Digitais. São Paulo: Edgar Blucher; 2010.
7. Sahoo PK, Soltani S, Wong AKC, Chen YC. A survey of thresholding techniques. *Rev Computer Vision, Graphics and Image Processing.* 1988;41(Issue 2):233-60.
8. Vedovello Filho M. Cefalometria – Técnicas, diagnósticos e procedimentos. São Paulo: Odontomedicina/Napoleão Ltda.; 2007.