



DESENVOLVIMENTO DE UM *FRAMEWORK* PARA GERAR ANÁLISES CEFALOMÉTRICAS

DEVELOPMENT OF A FRAMEWORK TO GENERATE CEPHALOMETRIC ANALYSIS

Michele Fúlvia Angelo

Professora do Departamento de Ciências Exatas e do Programa de Pós-Graduação em Computação Aplicada (PGCA) da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS). Doutora em Engenharia Elétrica pela Escola de Engenharia de São Carlos – EESC, Universidade de São Paulo (USP).

mfangelo@ecomp.uefs.br

Maurício Cunha Escarpinati

Professor da Universidade Federal de Uberlândia (UFU). Doutor em Engenharia Elétrica pela Escola de Engenharia de São Carlos – EESC, Universidade de São Paulo (USP). escarpinati@gmail.com

José Amancio Macedo Santos

Professor do Departamento de Tecnologia da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS). Doutor em Ciência da Computação pela Universidade Federal da Bahia (UFBA). zeamancio@gmail.com

Ezequiel de Oliveira Pereira Netto

Graduado em Engenharia de Computação pela Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS).

eopnetto@gmail.com

Luiz Bernardo Souza e Souza

Graduado em Engenharia de Computação pela Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS).

bernardo.uefs@gmail.com

Daniela Vieira de Souza

Graduada em Odontologia pela Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS).

daniela.odonto@hotmail.com



RESUMO

Este artigo apresenta o desenvolvimento de um *framework* que contém funções para implementar as análises cefalométricas mais usadas em clínicas de radiologia odontológica. O objetivo deste *framework* é receber como parâmetros de entrada as coordenadas dos pontos cefalométricos, a imagem radiográfica e a análise cefalométrica escolhida. E, após processar estes

dados, calcular a distância, ângulos e bissetrizes, e gerar um relatório contendo todas essas medidas e desenhar o traçado cefalométrico correspondente. Utilizando o *framework* foram implementadas treze Análises Cefalométricas no Odontoradiosis: Steiner, Downs, Wylie, Tweed, Harvold, McNamara, USP-Unicamp, Ricketts, Resumida de Ricketts, Jarabak, Unesp/Araraquara, USP e Unicamp. Todas as regras

de cada análise cefalométrica foram implementadas, sempre com o auxílio de especialistas da área de odontologia. Em seguida, as análises de McNamara e de Tweed foram validadas. Esta validação se deu através da realização das análises, de forma manual, e através da ferramenta Odontoradiosis por um especialista da área de odontologia. Em seguida, foram feitas as comparações dos resultados obtidos através da marcação manual e através do *software*. Para esta validação foram utilizadas cinco radiografias e através da análise dos resultados pôde-se verificar resultados discrepantes para alguns valores das duas análises validadas quando comparados os dados da marcação manual em relação a marcação realizada pelo *software*. Assim, pôde-se concluir que todas as análises cefalométricas implementadas necessitam passar por uma validação com o auxílio de um especialista da área de odontologia, e que a partir das regras das treze Análises Cefalométricas já implementadas no *framework*, a inserção de novas análises será facilitada, pois mesmo que uma análise cefalométrica possua alguma característica diferente, será necessária a codificação apenas desta particularidade no *framework* como uma nova regra.

PALAVRAS-CHAVE: Análise Cefalométrica, Traçado Cefalométrico, *Framework*, Pontos Cefalométricos.

ABSTRACT

This paper presents the development of a framework that contains the functions to implement the cephalometric analysis more used in the oral radiology clinics. The purpose of this framework is to receive as input parameters the coordinates of the cephalometric points, the radiographic image and the cephalometric analysis chosen. And, after processing these data, calculate the straight lines, angles and bisectors and generate a report with all measurements and drawing of the cephalometric tracing. Using the framework were implemented thirteen cephalometric analyzes in Odontoradiosis: Steiner, Downs,

Wylie, Tweed, Harvold, McNamara, USP, Unicamp, Ricketts, Summary of Ricketts, Jarabak, Unesp/Araraquara, USP and Unicamp. All the rules for each cephalometric analysis were implemented, always with the help of dentistry experts. The McNamara and Tweed analyzes were validated. This validation occurred by performing the analysis manually and through Odontoradiosis tool by specialist dentistry and was then made comparisons of the results obtained by manual dialing and through the software. To validate we used five radiographs and through analysis of the results can be seen discrepant results for some values of two analyzes validated when compared with manual dialing data regarding the marking performed by the software. Thus, it can be concluded that all cephalometric analyzes implemented need to go through a validation with the aid of an expert in dentistry, and from the rules of the thirteen analysis cephalometric already implemented in the framework, the inclusion of new analyzes on will facilitated, because even if a cephalometric analysis has some different characteristics, encoding only this particularity in the framework as a new rule will be necessary.

KEY-WORDS: Cephalometric Analysis, Cephalometric Tracing, Framework, Cephaometric Points.

INTRODUÇÃO

Dentre os avanços promovidos pela informática aplicada à saúde, a área de sistemas para o auxílio ao diagnóstico, a partir de técnicas de Processamento Digital de Imagens, tem se destacado, principalmente pelo crescente avanço de sistemas de radiografia digital [1]. Estes sistemas permitem ao especialista, através do uso de estações de trabalho, realizar uma série de ajustes na representação digital das imagens, de modo a realizar uma análise mais eficiente do que aquelas com as obsoletas lupas e negatoscópios.

À margem deste avanço tecnológico, seguem as ferramentas voltadas ao mercado

odontológico. As poucas soluções computacionais existentes para este setor se concentram em torno de sistemas de apoio administrativo, sendo poucas àquelas que trazem soluções para o auxílio ao diagnóstico. A área de análise ortodôntica é uma das poucas, dentro da odontologia, que se beneficia de sistemas computacionais especializados no auxílio à realização de exames envolvendo análises de imagens, sendo que os principais recursos disponíveis são os de Análise Facial, Idade Óssea e Análise Cefalométrica. Entretanto, estas ferramentas são extremamente dependentes da interação do usuário para a realização de suas tarefas fundamentais, por exemplo, pode-se citar a Análise Cefalométrica, que necessita da marcação manual dos pontos cefalométricos pelo especialista para que o traçado seja realizado e as medidas sejam calculadas. Tal fato pode ser justificado pelo desafio dispendioso em termos de tempo que é implementar as rotinas de várias análises cefalométricas existentes.

As Análises Cefalométricas ou Traçados Cefalométricos são compostos por um conjunto de pontos cefalométricos que, por sua vez, unidos a outros, específicos das estruturas ósseas, dentárias e tegumentar por meio do desenho de linhas permitem a realização das mensurações (ângulos e distâncias) ditadas pelas diferentes análises cefalométricas [2,3]. Estas análises são realizadas a partir da cefalometria radiográfica, exame que corresponde às mensurações da imagem radiográfica da cabeça (ossos, dentes e tecido mole) [4].

As aplicações da cefalometria na Ortodontia são diversas, entre elas: o estudo do crescimento e desenvolvimento craniofacial do paciente; o diagnóstico radiográfico de possíveis patologias instaladas; a detecção de alterações nas várias regiões do crânio, permitindo a avaliação do local exato da anormalidade morfológica, estrutura dentária, esquelética e/ou tegumentar; entre outros [2-4].

Diante deste cenário e considerando que algumas regras podem ser utilizadas por várias análises cefalométricas, este trabalho tem como objetivo apresentar o desenvolvimento de um *framework* que contenha todas as funções necessárias para

a implementação das análises mais utilizadas nas clínicas de radiologia odontológica e utilizá-lo no Odontoradiosis, ferramenta que vem sendo desenvolvida por estudantes e professores dos cursos de Engenharia de Computação e Odontologia da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS) [5-12].

O Odontoradiosis é um sistema *desktop* que possui três módulos: Análise Facial [10], Idade Óssea [11, 12] e Análise Cefalométrica [5-7]. Considerando o módulo de Análise Cefalométrica, no qual está o foco deste trabalho, o usuário pode modificar a imagem facilitando a melhor visualização dos pontos cefalométricos através de técnicas como negativo da imagem, binarização e detecção de bordas [8], visualizar e adequar as estruturas anatômicas [9], bem como, através da escolha de uma análise cefalométrica, obter seus traçados e medidas [5-7].

A finalidade da criação do *framework* proposto neste trabalho é receber como parâmetros de entrada as coordenadas dos pontos cefalométricos, a imagem radiográfica e a análise que se deseja gerar para que sejam usados os métodos correspondentes a esta análise, visto que cada uma possui características particulares. E, após o processamento destes dados, calcular as retas, ângulos e bissetrizes e gerar um relatório com todas as medidas geradas e uma representação gráfica do traçado.

Além da implementação do *framework* e sua utilização na ferramenta Odontoradiosis, serão apresentadas neste trabalho a validação de duas análises cefalométricas: a de McNamara e a de Tweed. Esta validação se dará através da comparação das medidas calculadas pelo *software* com as medidas geradas, de forma manual, por um especialista da área de odontologia.

METODOLOGIA

Para o desenvolvimento do *framework* optou-se pelo o uso da linguagem de programação Java e da biblioteca JAI (*Java Advanced Image*) [13], utilizada para auxiliar no desenvolvimento das rotinas de manipulação de imagens [8]. Para a implementação

do código, como forma de estratégia de desenvolvimento do projeto, foram utilizados alguns princípios da metodologia XP (Programação Extrema).

A metodologia XP é baseada no desenvolvimento ágil de *software* visando atender às necessidades do cliente durante a implementação do produto. Ela é baseada em quatro conceitos básicos que definem as prioridades da equipe: *feedback*, comunicação, simplicidade e coragem [14]. Esta metodologia busca um aproveitamento máximo de cada dia de trabalho para que o cliente possa ter um produto em mãos no menor tempo possível e apresenta alguns conceitos importantes que foram seguidos neste projeto: *Release* e *Iteração*. *Release* é uma versão do *software* a ser obtida em um período determinado pela equipe, e *Iteração* é onde são definidos os planos das atividades e as tarefas dos desenvolvedores. Além destes conceitos, as práticas de Programação em Pares, Refatoração e realização de testes constantemente também foram utilizadas [15].

Definidas as ferramentas e a metodologia de desenvolvimento do *framework*, a partir de consultas a especialistas da área de radiologia odontológica, as regras de treze Análises Cefalométricas (Steiner, Downs, Wylie, Tweed, Harvold, McNamara, USP-Unicamp, Ricketts, Resumida de Ricketts, Jarabak, Unesp/Araraquara, USP e Unicamp) [2,3] foram escolhidas para compor o *framework*. Analisando estas análises foi feita uma abstração dos elementos que compõem cada traçado correspondente a sua análise: retas, ângulos, distâncias, projeções e bissetrizes.

Para o desenvolvimento do *framework* foram criadas classes (Figura 1) que são utilizadas para auxiliar na implementação dos traçados. Essas classes são responsáveis pelos cálculos de ângulos, distâncias, bissetrizes em geral, pela elaboração de um relatório no qual constam todas as medidas geradas e pela representação gráfica do traçado. Na Figura 1 é apresentado um diagrama onde estão representadas todas as classes que foram usadas para desenvolver o *framework*. O objetivo da criação e a função de cada uma dessas classes serão apresentados a seguir.

Como descrito anteriormente, de forma resumida, um traçado cefalométrico é um conjunto de retas, ângulos, bissetrizes e distâncias, todos relacionados, de acordo com uma determinada análise cefalométrica, uma vez que a relação entre estes elementos depende da análise em questão. Neste trabalho, foi necessário modelar a relação que existe entre esses elementos, transformando-a em classes. Sendo assim, a classe "Tracado" está associada às classes "Distancias", "Angulos", "Bissetriz" e "Retas", como pode ser observado no diagrama de classes (Figura 1). Essa associação representa a ligação e a interação que existe entre estas classes no sistema.

Essa padronização fez com que os traçados pudessem ser elaborados mais rapidamente devido ao fato de depois de construídos os objetos retas, ângulos, distâncias e bissetrizes correspondentes ao traçado, só restaria aplicar a "lógica" do traçado que se deseja realizar. Sendo assim, as retas, ângulos, distâncias e bissetrizes são instanciadas no momento em que é executado o método `executarTracado()` da classe "Tracado".

Para se realizar um traçado é necessário que seja passado como parâmetro um `ArrayList` com todos os pontos cefalométricos necessários para este traçado. Para que todos os pontos estivessem disponíveis para todos os traçados foi criada uma classe "PontosExistentes". Esta classe possui uma `HashTable` (ou tabela hash) que contém todos os pontos existentes em todos os traçados usados no sistema. O padrão Singleton [16] foi aplicado nesta classe para permitir que a `HashTable` possuísse uma única instância acessível por todo o sistema, evitando assim, que outras instâncias de "PontosExistentes" fossem criadas desnecessariamente sempre que um tipo de traçado fosse executado.

A tabela hash foi uma solução que melhorou visivelmente o desempenho na realização dos traçados, pois os pontos são indexados pela própria sigla dos mesmos na tabela. Se o `ArrayList` recebido como parâmetro precisasse ser percorrido a todo momento que um ponto necessitasse ser buscado, isso causaria uma queda de performance no sistema, pois seriam muitas as

iterações realizadas. No sistema, este ArrayList de pontos é utilizado para atualizar as coordenadas dos pontos disponíveis na tabela hash, pois caso essa atualização não fosse realizada, o “desenho” dos traçados sairia incorreto ou ocasionaria um erro no sistema.

Com a HashTable atualizada, os primeiros objetos instanciados são as retas, pois os ângulos, bissetrizes e distâncias necessitam, na maioria das vezes, desses objetos. Uma reta possui como atributos dois pontos como é apresentado no diagrama de classes (Figura 1). Alguns traçados possuem ângulos e não possuem distâncias e bissetrizes e vice-versa. Devido a isso qualquer um dos objetos pode ou não ser instanciado em seguida.

Na Figura 1 é apresentada a associação das classes “Distancias”, “Angulos” e “Bissetriz” com a classe “Calculo”. Isso ocorre porque todos esses objetos precisam de cálculos para que sejam obtidos seus valores. Todos os tipos de cálculos necessários nos traçados são efetuados nesta classe: cálculo de ângulos, de distâncias, coeficientes angulares, coeficientes lineares, equações de reta, entre outros.

Com todos os elementos de um traçado instanciados, o próximo passo é desenhá-los na imagem cefalométrica. Para isso é passado como parâmetro um ArrayList contendo todas as retas instanciadas no traçado. Na classe “PaintTracado” esse ArrayList de retas é percorrido e cada reta é desenhada na imagem utilizando-se recursos do pacote AWT (*Abstract Window Toolkit*) do Java, que dá suporte a alguns métodos de desenho de formas geométricas básicas como pontos, retas e polígonos em um componente visual (por exemplo, um JFrame ou um JPanel).

Por último, um relatório é gerado, neste relatório são relatadas todas as medições obtidas na execução do traçado, incluindo-se principalmente os ângulos e as distâncias. Vale ressaltar que nem todos os traçados utilizam distâncias e ângulos como fatores de análise, isso varia de traçado para traçado. A classe “Relatorio” foi criada com o intuito de gerar o relatório de análise do traçado. Esta recebe como parâmetro uma lista de ângulos e distâncias para que sejam mostrados os seus valores na forma de um relatório definido previamente.

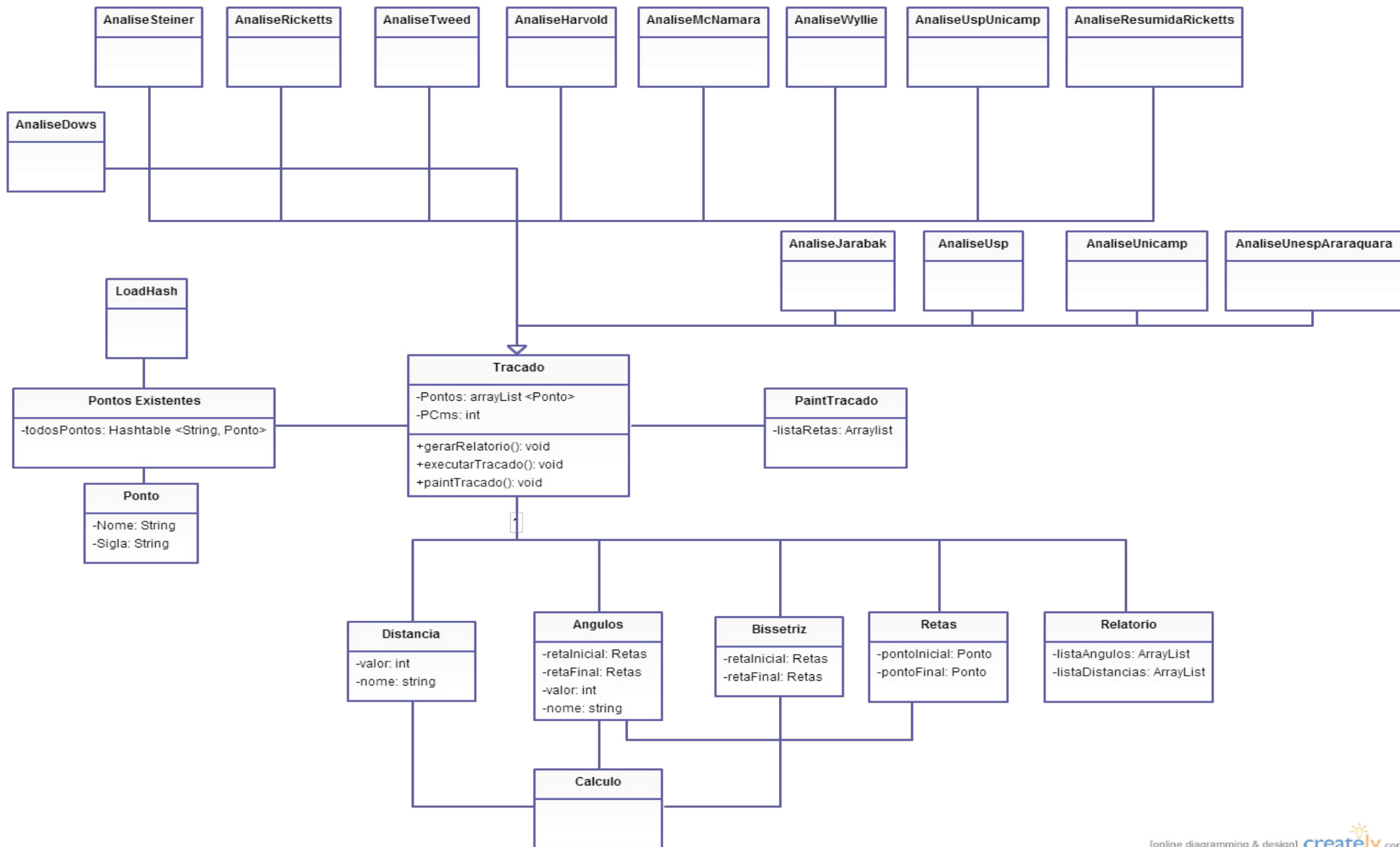


Figura 1 - Diagrama de classes do sistema.

Com o *framework* desenvolvido, ele foi integrado ao módulo de Análise Cefalométrica do Odontoradiosis [5-9] e treze Análises Cefalométricas foram implementadas: Steiner, Downs, Wylie, Tweed, Harvold, McNamara, USP-Unicamp, Ricketts, Resumida de Ricketts, Jarabak, Unesp/Araraquara, USP e Unicamp. Todas as regras de cada análise cefalométrica foram implementadas com o auxílio de especialistas da área de odontologia, e duas delas foram validadas até o presente momento.

Esta validação foi realizada para as Análises de McNamara e Tweed, seguindo as seguintes etapas:

1 - Escolha dos casos que foram utilizados para a validação

As radiografias de perfil utilizadas para os testes foram obtidas de pacientes que já tinham finalizado o tratamento ortodôntico preventivo e interceptativo na clínica de odontopediatria da UEFS. Estas radiografias haviam sido solicitadas para efeito de diagnóstico e planejamento ortodôntico.

Foram utilizadas um total de 5 radiografias de pacientes distintos para a realização da validação das análises de McNamara e Tweed.

2 - Marcação Manual de Pontos Cefalométricos e Traçados para as Análises de McNamara e Tweed

Nesta etapa foi realizada a marcação manual dos pontos cefalométricos e traçados para a Análise de McNamara e Tweed em todas as radiografias dos casos escolhidos por um especialista da área de odontologia. Para a realização desta marcação manual foram seguidos os seguintes passos:

Posicionamento da radiografia cefalométrica em um negatoscópio numa sala com redução de iluminação;

Fixação do papel de acetato na radiografia com fita adesiva, deixando a borda inferior do papel livre para permitir a inspeção direta da radiografia, quando necessário;

Obtenção do desenho anatômico (com lápis), que consiste em decalcar as estruturas ósseas e o perfil mole;

Remoção do papel de acetato com desenho anatômico e a radiografia cefalométrica do negatoscópio;

Interposição de uma folha de papel branco entre o traçado e a radiografia;

Marcação dos pontos, das linhas e dos planos, que compõem o traçado de orientação;

Cálculo das medidas geradas.

Os passos descritos acima foram realizados para os 5 casos selecionados, e para as duas Análises Cefalométricas escolhidas.

3 - Utilização da Ferramenta Odontoradiosis

Após a digitalização das radiografias dos casos escolhidos, em um scanner UMAX PowerLook 1120, gerando imagens digitais com uma resolução de 150 dpi (*dots per inch*), a ferramenta Odontoradiosis foi utilizada a fim de gerar a Análise de McNamara e Tweed.

Com as imagens já digitalizadas, foi feita a edição do traçado digital dos contornos anatômicos [6,9], com o auxílio dos recursos de processamento de imagem: detecção de bordas, contraste efeito negativo ou a combinação deles, disponíveis no *software* [8].

Após a edição das estruturas anatômicas, foram marcados os pontos cefalométricos, e depois o próprio *software* gerou os traçados. É importante ressaltar que tanto a edição das estruturas anatômicas quanto a marcação dos pontos cefalométricos, com o uso do Odontoradiosis, foi realizada por um especialista da área de odontologia.

4 - Comparação da Marcação Manual com os resultados da Ferramenta Odontoradiosis e Análise

Nesta etapa foram realizadas as validações das análises de McNamara e Tweed, comparando-se os resultados gerados através da análise feita manualmente com os resultados obtidos pelo Odontoradiosis, através da utilização do *framework* desenvolvido.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

As Figuras 2 e 3 apresentam a marcação dos pontos cefalométricos referentes as Análises de McNamara e Tweed usando o Odontoradiosis.

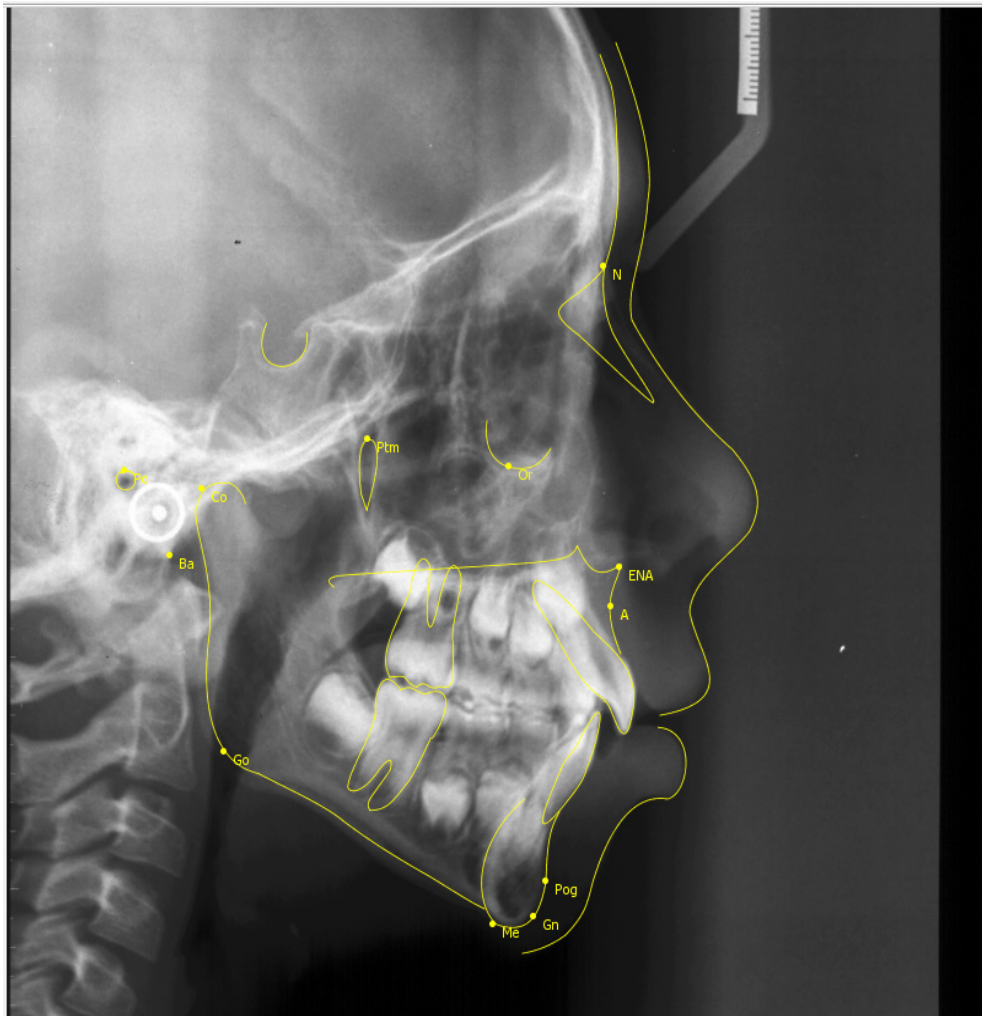


Figura 2 - Marcação dos Pontos Cefalométricos referentes a Análise de McNamara.

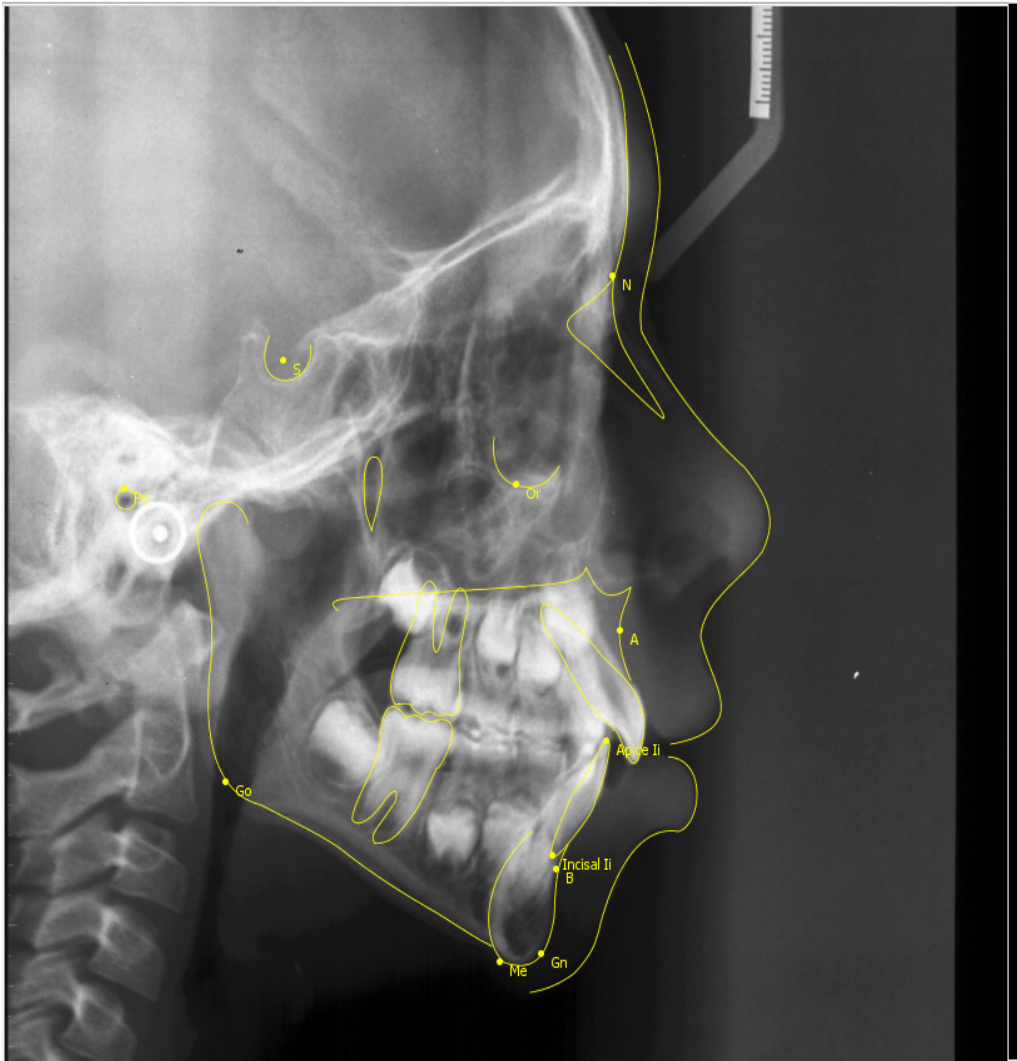


Figura 3 - Marcação dos Pontos Cefalométricos referentes a Análise de Tweed.

Após a marcação dos pontos cefalométricos, o traçado e o relatório com todas as medidas foram gerados pelo *software*. Nas Figuras 4 e 5 são apresentados o relatório e o traçado para a análise de McNamara e nas Figuras 6 e 7 são apresentados o relatório e o traçado para a análise de Tweed.

Paciente: Luiz Bernardo Souza
Idade: 21 anos

Data: Mon Jun 03 9:41:10 BRT

Tipo da Análise: McNamara

Relatório

Eixo Facial Valor Obtido: 95.57°	Valor padrão: 90.0°
Plano Man Valor Obtido: 33.67°	Valor padrão: 25.0°
Nasolabial Valor Obtido: 124.49°	Valor padrão: 103.0°
A-N-Perp Valor Obtido: 0.33 mm	Valor padrão: 0.5 mm
Pog-N Valor Obtido: 13.0 mm	Valor padrão: -
Co-A Valor Obtido: 153.22mm	Valor padrão: 93.0 mm
Co-Gn Valor Obtido: 198.82 mm	Valor padrão: 123.0 mm
Ena-Me Valor Obtido: 121.85 mm	Valor padrão: -
Relação do Incisivo Sup à Maxila Valor Obtido: 0.0 mm	Valor padrão: de 4.0 a 6.0 mm
Relação vertical do Incisivo Sup Valor Obtido: 0.0 mm	Valor padrão: de 2.0 a 3.0 mm
Relação do Incisivo Inf e Mandíbula Valor Obtido: 0.0 mm	Valor padrão: de 1.0 a 3.0 mm
Relação vertical do Incisivo Inf Valor Obtido: 0.0 mm	Valor padrão: 1.3 mm
Nasofaringe Valor Obtido: 12.0 mm	Valor padrão: 12.0 mm
Orofaringe Valor Obtido: 16.0 mm	Valor padrão: de 10.0 a 12.0 mm

Figura 4 - Relatório da Análise de McNamara.

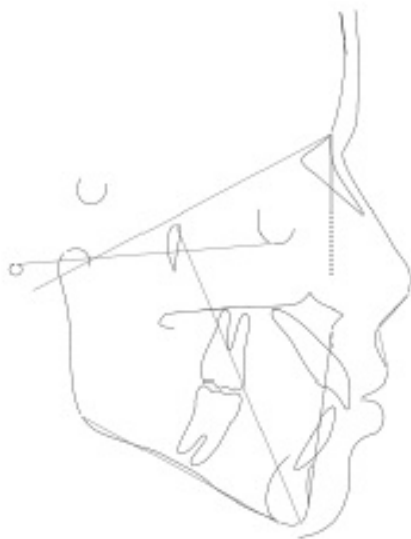


Figura 5 - Traçado Cefalométrico referente a Análise de McNamara.

Paciente: Luiz Bernardo Souza

Idade: 21 anos

Data: Mon Jun 03 9:41:10 BRT

Tipo da Análise: Tweed

Relatório

AngFMIA Valor Obtido: 53.49°	Valor padrão: 68°
AngFMA Valor Obtido: 33.67°	Valor padrão: 25.0°
AngIMPA Valor Obtido: 87.16°	Valor padrão: 87°

Figura 6 - Relatório da Análise de Tweed.

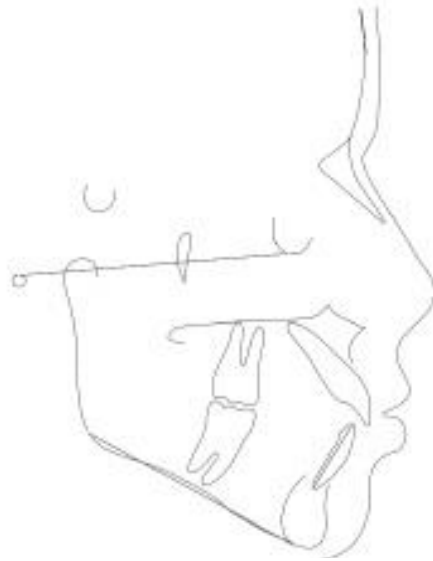


Figura 7 - Traçado Cefalométrico referente a Análise de Tweed.

Com os relatórios das Análises de McNamara e Tweed gerados para cada caso, as Tabelas 1 e 2 foram criadas, a fim de comparar os valores encontrados por meio do traçado manual (Manual) e do traçado gerado com o Odontoradiosis (*software*), através do *framework* implementado.

Tabela 1— Resultados encontrados para a análise cefalométrica de McNamara por meio do traçado manual (Manual) e por meio do Odontoradiosis (Software).

		Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5
D = N-Perp – A	Manual	4 mm	- 6mm	- 5mm	- 5mm	- 4mm
	Software	0,33mm	0,76mm	-2,33mm	- 4mm	1,67mm
Ang. nasolabial	Manual	120°	109°	115°	101°	121°
	Software	124°49′	109°03′	115°18′	96°74′	125°62′
D = N-Perp – P	Manual	- 3mm	- 2mm	- 17mm	-2mm	-16mm
	Software	3mm	1mm	10,33mm	10,67mm	2,67mm
D = Co-A	Manual	82mm	93mm	85mm	79mm	83mm
	Software	105,22mm	100,51mm	93,57mm	90,2mm	90,22mm
D = Co-Gn	Manual	104mm	116mm	108mm	91mm	105mm
	Software	108,82mm	111,45mm	115,42mm	102,89mm	110,22mm
D = ENA-M	Manual	66mm	65mm	70mm	62mm	62mm
	Software	70,86mm	80,27mm	90,45mm	70,64mm	76,33mm
Ang. plano mandibular	Manual	25°	31°	35°	20°	32°
	Software	33°67′	22°38′	35°75′	21°82′	31°54′
Ang. Eixo facial	Manual	84°	90°	86°	85°	82°
	Software	85°57′	90°01′	85°23′	85°33′	81°07′
Relação do Incisivo sup e maxila	Manual	4mm	6mm	6mm	5mm	5mm
	Software	-	-	-	-	-
Relação vertical do incisivo superior	Manual	4mm	5mm	2mm	1mm	4mm
	Software	-	-	-	-	-
Relação do incisivo inferior e mandíbula	Manual	1mm	5mm	5mm	1,5mm	3mm
	Software	-	-	-	-	-
Relação vertical do incisivo inferior	Manual	7mm	3mm	0,5mm	2mm	3mm
	Software	-	-	-	-	-
Nasofaringe	Manual	3mm	12mm	14mm	14mm	12mm
	Software	2mm	11mm	14mm	12mm	11mm
Orofaringe	Manual	17mm	15mm	13mm	31mm	10mm
	Software	16mm	15mm	12mm	30mm	10mm

Tabela 2 – Resultados encontrados para a análise cefalométrica de Tweed por meio do traçado manual (Manual) e por meio do Odontoradiosis (Software).

	Ang FMA		Ang FMIA		Ang IMPA	
	Manual	Software	Manual	Software	Manual	Software
Caso 1	22°	31°67′	61°	53°49′	97°	87°16′
Caso 2	29°	20°76′	41°	52°06′	110°	72°82′
Caso 3	34°	35°75′	45°	50°79′	101°	86°54′
Caso 4	19°	21°82′	43°	50°	118°	74°83′
Caso 5	30°	31°54′	55°	62°07′	95°	93°61′

Na Tabela 1 são apresentados os resultados encontrados para a análise cefalométrica de McNamara, e nela pode-se observar, que algumas medidas geradas pelo *software* se aproximam dos valores encontrados no traçado manual. Isso pode ser observado para os ângulos nasolabial, plano mandibular e eixo facial, além das distâncias Co-A, Co-Gn, ENA-M, Nasofaringe e Orofaringe.

Ainda através da Tabela 1, pode-se verificar que a distância N-Perp – P é a que apresentou maior discrepância entre os resultados obtidos através do traçado manual e os obtidos pelo *software*. Isto indica que os cálculos desta medida devem ser revistos, bem como algumas medidas que não foram apresentadas no relatório gerado pelo *software*: relação do incisivo superior e maxila, relação vertical do incisivo superior, relação do incisivo inferior e mandíbula, e relação vertical do incisivo inferior.

Na Tabela 2 são apresentados os resultados encontrados para a análise cefalométrica de Tweed, e nela pode-se verificar que os ângulos FMA e FMIA apresentam resultados bem próximos quando comparadas as medidas calculadas de forma manual e as calculadas através do *software*. No entanto, para o ângulo IMPA os resultados são discrepantes, apresentando uma variação de 44°83′ para o caso 4. Isto indica que o cálculo para este ângulo deve ser revisto e também uma reavaliação manual deve ser feita a fim de que se comprove esta variação.

Diante dos resultados encontrados, fica evidente que todas as análises cefalométricas que foram implementadas no módulo de Análise Cefalométrica do Odontoradiosis, através do *framework*, necessita de uma validação com o auxílio de um especialista, como foi realizada para as análises de McNamara e Tweed. É importante ressaltar que esta foi a primeira validação realizada e que antes de validar outras análises todos os problemas detectados devem ser sanados e revistos por um especialista.

Considerando que as análises estão implementadas no *framework* e que este possui uma organização que facilita encontrar as regras de cada análise, conforme apresentado no diagrama de classes da Figura 1, as correções serão de fácil realização.

CONCLUSÕES

Na Ortodontia, os traçados cefalométricos são de grande importância e são requeridos sempre que se deseja obter informações da estrutura crânio-facial de um paciente. Assim, quanto mais opções de escolha de traçados cefalométricos o profissional da área tiver para escolher, mais conhecimento poderá ser obtido do paciente e com isso a melhor decisão poderá ser tomada.

Com o intuito de facilitar a implementação dos traçados, o *framework* de análises cefalométricas foi desenvolvido. Devido

ao fato dos elementos que formam os traçados cefalométricos (pontos cefalométricos, retas, ângulos, distâncias e bissetrizes) serem abstraídos pelo *framework*, a criação de um novo traçado se torna algo simples. Funções como geração de relatório e representação gráfica do traçado foram incorporadas ao *framework* de forma a deixar o traçado cefalométrico completo.

Dentre as muitas vantagens obtidas com a utilização de um *framework* estão a facilidade de abstração de um problema, a detecção de erros e maior flexibilidade e a reutilização do código. Além disso, com o uso do *framework* é possível se conseguir uma redução do tempo para a criação de outras análises cefalométricas que ainda não estão disponíveis no Odontoradiosis. Considerando que as regras de treze análises já estão implementadas no *framework*, mesmo que uma análise cefalométrica possua alguma característica diferente, será necessária a codificação apenas desta particularidade no *framework* como uma nova regra.

Considerando que as duas análises cefalométricas validadas neste trabalho apresentaram valores discrepantes em relação àqueles adquiridos manualmente por um especialista, uma verificação destes cálculos será realizada. Outra conclusão que se pode chegar é que todas as análises cefalométricas implementadas deverão passar por uma validação. Como trabalho futuro, pretendemos fazer uma dupla validação, onde serão analisados os resultados das marcações de dois especialistas da área de odontologia, isso tanto para a marcação manual quanto usando o *software* Odontoradiosis para todas as análises implementadas no *framework*.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB) pelo apoio financeiro e ao Centro Integrado de Odontologia da UEFS (CION) pelas imagens radiográficas. ©

REFERÊNCIAS

- LEONARDI, R, GIORDANO, D., MAIORANA F. An Evolution of Cellular Neural Networks for the Automatic Identification of Cephalometric Landmarks on Digital Images. *Journal of Biomedicine and Biotechnology*, p.1-12, 2009.
- BARNABÉ, D.R. *Ortodontia: Análises Cefalométricas Mais Usuais ao Seu Alcance*. 1.ed. São Paulo: Rima, 2007.
- VEDOVELLO, M.F. *Cefalometria: Técnicas de Diagnóstico e Procedimentos*. 1.ed. São Paulo: Napoleão, 2007.
- PEREIRA, C.B., MUNDOSTOCK, C.A., BERTHOLD, T.B. *Introdução à cefalometria radiográfica*. 3.ed. São Paulo: Pancast; 1998.
- BASTOS, I.L.O., BATISTA, L.L., MARQUES, R.S., LAGO, R., ANGELO, M.F., ESCARPINATI, M.C. Esquema CAD para realização de traçados e análises cefalométricas. *Anais do XXIX Congresso da Sociedade Brasileira de Computação - XI Workshop de Informática Médica*, Bento Gonçalves, p.2085-2088, 2009.
- BATISTA, L.L., LAGO, R., GOES, C.E., ESCARPINATI, M.C., ANGELO, M.F. Traçado e Análise Cefalométrica: Uma Solução Computacional. *Anais do VII Workshop de Visão Computacional*. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, p.330-334, 2011.
- ESCARPINATI, M.C., ANGELO, M.F., BATISTA, L.L., SOUZA, L.B.S., SOUZA, M.B.S., OLIVEIRA, F.M. Detecção automática de Pontos Cefalométricos à partir da análise do contorno anatômico. *Anais do XXXI Congresso da Sociedade Brasileira de Computação - XI Workshop de Informática Médica (WIM)*, 2011.
- ANGELO, M.F., ESCARPINATI, M.C., MARQUES, R.S., BATISTA, L.L., SOUZA, L.B.S. Implementação de Técnicas de Processamento Digital de Imagens para Auxiliar na Realização de Análises Cefalométricas. *Revista Brasileira de Inovação Tecnológica em Saúde*, v. 1, p. 54-65, 2012, 2012.
- ESCARPINATI, M.C., ANGELO, M.F., BATISTA, L.L. Implementação do Desenho Anatômico em Cefalometria Utilizando Curvas de Bézier. *Anais do XIII Congresso Brasileiro de Informática em Saúde*, 2012.
- MARQUES, R. S.; ANGELO, M. F. Uma Ferramenta Computacional para Realização de Análise Facial. *Anais do XV Seminário de Iniciação Científica (SEMIC)*, Feira de Santana, 2011.

SANTANA, T. B.; ANGELO, M. F. Implementação de uma Ferramenta para Estimativa de Idade Óssea através da Análise de Radiografia Carpal. Anais da 65ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, Recife, 2013.

SANTANA, T. B.; ANGELO, M. F. Detecção Automática de Centros de Ossificação em Imagens de Radiografias Carpais Digitalizadas. Anais do XXIV Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica, Uberlândia, 2014.

<http://java.sun.com/products/java-media/jai/iio.html>. Acessado em: Março/2015.

BECK, K. Programação extrema (XP) explicada: acolha as mudanças. São Paulo, SP: Bookman, 2004.

Sommerville, I. Engenharia de Software. 6ª ed. São Paulo, SP: Perarson, 2003.

GAMMA, E. et al. Design Patterns: Elements of Reusable Object-oriented Software. Addison-Wesley, 1995.