

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE ODONTOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE CIRURGIA E ORTOPEDIA  
ESPECIALIZAÇÃO EM ORTODONTIA

AVALIAÇÃO COMPARATIVA DO ESTÁGIO DE MATURAÇÃO ESQUELÉTICA  
EM TELERRADIOGRAFIAS DE PERFIL E TOMÓGRAFIAS  
COMPUTADORIZADAS DE FEIXE CÔNICO UTILIZANDO A ANÁLISE DAS  
VÉRTEBRAS CERVICAIS

FABRÍCIO SANCHES FERNANDES

PORTO ALEGRE  
2009

FABRÍCIO SANCHES FERNANDES

AVALIAÇÃO COMPARATIVA DO ESTÁGIO DE MATURAÇÃO ESQUELÉTICA  
EM TELERRADIOGRAFIAS DE PERFIL E TOMÓGRAFIAS  
COMPUTADORIZADAS DE FEIXE CÔNICO UTILIZANDO A ANÁLISE DAS  
VÉRTEBRAS CERVICAIS

Monografia apresentada como parte  
dos requisitos obrigatórios para a  
conclusão do Curso de Especialização  
em Ortodontia, pela Faculdade de  
Odontologia da Universidade Federal  
do Rio Grande do Sul

Orientadora: Profa. Dra. Karina Santos Mundstock

PORTO ALEGRE  
2009

## RESUMO

**Introdução:** O objetivo desse trabalho foi analisar e comparar o estágio de maturação esquelética através do método das vértebras cervicais em telerradiografias de perfil convencionais e telerradiografias de perfil reconstruídas através de tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC).

**Materiais e Métodos:** Uma amostra de 42 pacientes foi selecionada para participar deste estudo. Estes pacientes possuem telerradiografias de perfil convencionais e TCFC. O programa *Dolphin Imaging Software (version 10.5 Premium)* foi utilizado para processar as imagens tomográficas e para gerar as reconstruções das telerradiografias de perfil utilizando-se a ferramenta 3-dimensões. As telerradiografias de perfil convencionais e as reconstruídas a partir de TCFC foram calibradas e, em seguida, as medições lineares foram realizadas no mesmo programa. A maturação das vértebras cervicais foi avaliada através do método modificado descrito por Baccetti, Franchi e McNamara (2005). **Resultados:** Não existe diferença estatística significativa para o estudo do erro na comparação das duas medições realizadas pelo examinador. Porém, foram encontradas diferenças estatisticamente significativas entre a reconstrução radiográfica a partir de TCFC e a telerradiografia convencional para todas as medidas com exceção das medidas C3 BAR e CS. **Conclusões:** As alterações nas medições lineares das vértebras não interferiram na classificação do estágio da maturação esquelética. Pode-se concluir que a telerradiografia de perfil reconstruída a partir de TCFC pode substituir a telerradiografia de perfil convencional para esta avaliação.

**Palavras-chave:** Idade Esquelética. Vértebras Cervicais. Telerradiografia Lateral. Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico

## ABSTRACT

**Introduction:** The objective of this study was to analyze and to compare the stage of skeletal maturation through the cervical vertebrae method in conventional lateral cephalograms and lateral cephalograms built through cone-beam computed tomography (CBCT). **Materials and Methods:** A sample of 42 patients was selected to participate in this study. These patients had conventional lateral cephalograms and cone-beam computed tomography images taken. The Dolphin Imaging Software (version 10.5 Premium) was used to process the tomography images and to generate the constructions of the lateral cephalograms using the 3-dimensional function. The conventional lateral cephalograms and the constructed cephalograms from CBCT were calibrated and the linear measurements were immediately performed by the same software. Cervical vertebrae maturation was evaluated using the modified method described by Baccetti, Franchi and McNamara (2005). **Results:** It was not found any significant statistical difference for the error study concerning the comparison of the two measurements accomplished by the examiner. Nevertheless, all the measurements presented statistically significant differences between the constructed cephalograms from CBTC and the conventional cephalograms, except for the measurements C3 BAR and CS. **Conclusions:** The alterations in the linear measurements of the vertebrae didn't interfere in the stage classification of the skeletal maturation. It is possible to conclude that constructed cephalograms from CBTC images can substitute the traditional cephalograms for that evaluation.

**Key-words:** Skeletal age. Cervical vertebrae. Cephalometric x-ray. Computed tomography. Cone Beam.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>8</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>11</b>
2.1 MATURAÇÃO ESQUELÉTICA E VÉRTEBRAS CERVICAIS.....	11
2.2 TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA.....	20
<b>3 MATERIAL E MÉTODO.....</b>	<b>27</b>
<b>4 RESULTADOS.....</b>	<b>30</b>
<b>5 DISCUSSÃO.....</b>	<b>34</b>
<b>6 CONCLUSÃO.....</b>	<b>39</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>40</b>
<b>APÊNDICES</b>	
A - Termo de Consentimento Informado	46
B - Tabela de coleta de dados.	47
C - Gráfico 1: Comparação entre a Tomografia e a Telerradiografia	48
D - Gráfico 2: Comparação das porcentagens dos casos em que a Telerradiografia é superior, inferior e igual à Tomografia para as medidas estudadas	48

**LISTA DE FIGURAS**

Figura 1	Pontos cefalométricos para medições das vértebras C2, C3 e C4.....	18
Figura 2	Representação esquemática dos estágios das vértebras cervicais de Baccetti, Franchi e McNamara.....	19
Figura 3	Princípios do tomógrafo convencional e do tomógrafo de feixe cônico.....	21
Figura 4	Ferramenta <i>Image Calibration</i> .....	28
Figura 5	Ferramenta <i>Image Measurements</i> .....	28

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Comparação das duas medições realizadas: estudo do erro..	30
Tabela 2	Estudo erro através de comparação das duas medições para CS.....	31
Tabela 3	Comparação entre as medições feitas na reconstrução tomográfica e na telerradiografia de perfil.....	31
Tabela 4	Comparação entre a tomografia e a telerradiografia: Medida CS.....	32
Tabela 5	Comparação das porcentagens dos casos em que a Telerradiografia é superior, inferior e igual à Tomografia para as medidas estudadas .....	32

## 1 INTRODUÇÃO

O padrão de crescimento dos pacientes é uma informação importante para a realização do tratamento ortodôntico e é determinado a partir de exame clínico e radiográfico.

Foi salientado por Broadbent e Golden (1971) e Martins e Sakima (1977) a importância do estabelecimento da maturidade esquelética no diagnóstico ortodôntico, pois se pode estimar quando e quanto é a expectativa do crescimento craniofacial. O crescimento é um fator que pode auxiliar no tratamento das más oclusões, enquanto que sua ausência pode indicar a necessidade de tratamento ortodôntico-cirúrgico.

A determinação da idade fisiológica do indivíduo, que traduz o estágio de desenvolvimento, pode ser feita por valores médios de idade cronológica, estágios de erupção ou desenvolvimento dentário ou através de eventos de maturação e ossificação observados a partir de uma radiografia de mão e punho.

Greulich e Pyle (1949) idealizaram o primeiro Atlas com 60 imagens radiográficas da região de mão e punho, que comparou a idade óssea de indivíduos de zero a vinte anos. Sua utilização é feita por meio de comparação das fases de formação ou ossificação dos ossos carpais na imagem radiográfica do paciente com as imagens impressas no Atlas, buscando obter a idade esquelética do indivíduo que pode ou não coincidir com a idade cronológica.

O método de mão e punho é utilizado pela quase totalidade dos ortodontistas para verificar a maturação esquelética por não apresentar riscos ou incômodos durante a radiografia, por ser uma área de fácil acesso, além de possuir dezenas de centros de ossificação (FISHMAN, 1982). Este método é simples e eficaz (GREULICH; PYLE, 1949; EKLÖF; RINGERTZ, 1967), sendo possível fazer a predição da velocidade de crescimento facial (FLORES-MIR *et al*, 2004) e, ainda, é um indicador confiável de crescimento estatural (GRAVE, 1978; MARTINS; SAKIMA, 1977).

A idade esquelética foi primeiramente identificada através da observação das vértebras cervicais por Lamparski (1972) em telerradiografias de perfil. Ele

observou mudanças no tamanho e forma das vértebras cervicais e as comparou com radiografias de mão e punho, avaliadas por Greulich e Pyle (1952). Baseado nas alterações morfológicas das vértebras cervicais C2 à C6, descreveu 6 estágios de maturação

O método original de Lamparski foi modificado por Hassel e Farman (1995), que propuseram a avaliação das imagens correspondentes às vértebras C2, C3 e C4, por não serem cobertas pelo uso do protetor de tireóide durante a tomada radiográfica.

Em 2005, Baccetti, Franchi e McNamara apresentaram um novo método para avaliar o crescimento mandibular por meio da maturação de vértebras cervicais, a fim de detectar o pico de crescimento mandibular baseado na análise das vértebras C2, C3 e C4. Ortolani (2005) e Santos *et al.* (2005) concluíram que o método de avaliação das vértebras cervicais é um método válido, alternativo e prático, podendo inclusive substituir outros métodos de avaliação da idade esquelética, além de ser reproduzível na avaliação do estágio em que o indivíduo se encontra na curva de crescimento.

A tomografia computadorizada utiliza os raios-x para evidenciar as estruturas anatômicas em profundidade, mostrando imagens em camadas da anatomia humana. Ela permite mostrar todas as estruturas, principalmente os tecidos mineralizados, com uma definição admirável (BROOKS, 1993; PARKS, 2000).

A tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) é realizada através de um tomógrafo relativamente pequeno e de menor custo, indicado especialmente para a região dentomaxilofacial. Uma grande vantagem deste método de diagnóstico por imagem é que os programas que executam a reconstrução computadorizada das imagens podem ser instalados em computadores convencionais, não necessitando de uma *workstation* como a tomografia computadorizada tradicional, apesar de ambas serem armazenadas na linguagem DICOM (*Digital Imaging and Communication in Medicine*). Assim, se o profissional possuir o software específico instalado em seu computador pessoal, ficará apto a manipular as imagens tridimensionais, segundo a sua conveniência, assim como mostrá-la em tempo real aos pacientes.

Os programas de TCFC permitem gerar imagens bidimensionais, réplicas das radiografias convencionais utilizadas na Odontologia, como a

panorâmica e as telerradiografias em norma lateral e frontal, função denominada reconstrução multiplanar em volume, que constitui outra importante vantagem da tomografia computadorizada de feixe cônico (MAKI, 2003; SCARFE; FARMAN; SUKOVIC, 2006).

Tendo em vista a pequena quantidade de trabalhos sobre o assunto disponível na literatura, o objetivo deste trabalho é analisar e comparar o estágio de maturação esquelética através do método de maturação das vértebras cervicais em telerradiografias cefalométricas convencionais e radiografias cefalométricas obtidas através de exames de tomografia computadorizada de feixe cônico de pacientes que estão em tratamento ortodôntico no Curso de Especialização em Ortodontia da Faculdade de Odontologia da UFRGS.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 AVALIAÇÃO DA MATURAÇÃO ESQUELÉTICA E VÉRTEBRAS CERVICAIS

Um estudo longitudinal foi realizado por Greulich e Pyle (1949), utilizando radiografias da região da mão e do punho. Este estudo deu origem a um atlas contendo as variações médias normais das estruturas ósseas da mão e do punho, observadas do nascimento à idade adulta. Os autores consideraram estas médias como parâmetros bastante eficientes para a avaliação do desenvolvimento esquelético de um indivíduo.

Em 1982, Fishman desenvolveu um sistema utilizando quatro fases de maturação esquelética após avaliar radiografias de mão e punho. O sistema de avaliação da maturação esquelética analisa seis locais anatômicos dos dedos polegar, terceiro e quinto dedos e rádio. Os indicadores de maturação esquelética (IME) somam um total de onze, são encontrados nos locais citados acima e representam todo o período de desenvolvimento da adolescência. A seqüência de ocorrência dos onze indicadores é estável. O autor concluiu que as questões do tempo de crescimento, quantidade de crescimento incremental e velocidade de crescimento estão muito ligadas ou interligadas ao nível de maturação.

Lamparski (1972) avaliou o grau de maturação esquelética observando mudanças no tamanho e forma das vértebras cervicais em telerradiografias de perfil da face e as comparou com radiografias de mão e punho utilizando o atlas de Greulich e Pyle (1952). Baseado nas alterações morfológicas das vértebras cervicais C2 à C6, este autor descreveu 6 estágios de maturação. A avaliação da idade esquelética por este método mostrou-se válida e confiável, apresentando o mesmo valor clínico que a avaliação pelo método carpal. As vértebras C5 e C6 dificilmente aparecem na telerradiografia de perfil o que limita esse método. O método das vértebras desenvolvido por Lamparski apresentava como vantagens a redução da exposição do paciente à radiação e do custo da documentação ortodôntica, pela não necessidade de radiografia adicional à documentação ortodôntica convencional.

As telerradiografias de perfil da face são exames que possibilitam a cefalometria radiográfica que é um importante recurso no complemento do diagnóstico, além de um valioso auxiliar no plano de tratamento, na observação do crescimento, na avaliação de casos, no ensino e na pesquisa (PEREIRA; MUNDSTOCK; BERTHOLD, 1998). Uma desvantagem das telerradiografias de perfil convencionais é a ampliação que foi descrita por Bergensen (1980) como sendo o resultado de uma propriedade inerente dos raios x, pois avançam em linha reta divergindo da fonte de raios X e é uma área muito pequena ou até um ponto. Esse aumento varia de 4,6% a 7,2% em telerradiografias de perfil e de 0,3% a 9,2% em telerradiografias frontais.

Através de telerradiografias de perfil anuais de treze meninas dos 9 aos 15 anos, O'Reilly e Yanniello (1988), analisaram o relacionamento entre os estágios de maturação das vértebras cervicais (LAMPARSKI, 1972) e as mudanças no crescimento da mandíbula. Eles relataram que os estágios de maturação das vértebras cervicais se relacionam às mudanças no crescimento mandibular durante a puberdade.

Hassel e Farman (1995) analisaram radiografias carpais e telerradiografias de perfil de 220 indivíduos, entre 8 e 18 anos. Eles propuseram a avaliação das imagens correspondentes às vértebras C2, C3 e C4, modificando o método original de Lamparski (1972), pois estas vértebras não são cobertas pelo uso do protetor de tireóide durante a tomada radiográfica. Os autores dividiram em seis estágios a maturação das vértebras: iniciação, aceleração, maturação, transição, desaceleração e finalização; cada qual equivalendo a uma porcentagem de expectativa de crescimento puberal, de 80-100% na fase de iniciação, ao crescimento completo, na fase de finalização. Estes autores encontraram grande correlação entre os indicadores propostos por Fishman (1982) e Lamparski (1972) e ainda relataram a importância deste método auxiliando o diagnóstico e o plano de tratamento a partir do momento em que se estima em qual período de crescimento o paciente se encontra.

Santos *et al.* (1998), ao avaliarem 77 telerradiografias de perfil de pacientes de ambos os gêneros dos 8 anos e 6 meses aos 16 anos e 6 meses de idade pelo método descrito por Hassel e Farman (1995), verificaram a aplicabilidade e a confiabilidade da utilização das alterações morfológicas das

vértebras cervicais. Os resultados permitiram inferir que a observação das mudanças nas vértebras cervicais mostrou-se um método útil e aplicável. Entretanto, foi observada uma maior dificuldade na visualização das vértebras nos casos de imagens dúbias ou naqueles em que a imagem se apresentava pouco precisa em virtude da postura da coluna cervical ou mesmo pela qualidade das imagens radiográficas. Ainda, nos casos considerados como limítrofes, em que um estágio parece se confundir com outro, a avaliação também se tornou dificultada, impossibilitando a eleição de apenas um único estágio de maturação. Porém, nota-se que a variação entre dois estágios subsequentes não implicaria em grandes diferenças clínicas, não comprometendo, então, o método utilizado. Assim, a análise das vértebras cervicais deve ser complementada com o maior número de informações disponíveis a respeito de cada indivíduo através de anamnese e exame clínico, a fim de obter-se um diagnóstico mais preciso e fidedigno.

Santos e Almeida (1999), utilizando a mesma amostra do estudo anterior, analisaram a confiabilidade da utilização das alterações morfológicas das vértebras cervicais como método de determinação do estágio de maturação esquelética (HASSEL; FARMAN, 1995), comparando-o com os eventos de ossificação que ocorrem na região de mão e punho (Fishman, 1982). Além disso, verificaram a possibilidade de utilização desse método diagnóstico na prática clínica. Os autores constataram que os dois métodos analisados separadamente apresentaram fácil aplicação e puderam ser reproduzidos com confiança. Quando as duas técnicas foram comparadas, observaram uma correlação positiva e estatisticamente significativa entre as mesmas, concluindo que as alterações morfológicas das vértebras cervicais constituem um método adicional útil e confiável na determinação da idade esquelética de um indivíduo.

Kucukkeles *et al.* (1999) compararam o índice de maturação das vértebras cervicais (IMVC) das vértebras C2, C3 e C4 desenvolvido por Hassel e Farman (1995), e os IME carpais de Fishman (1982), bem como a reprodutibilidade da identificação desses exames radiográficos em 180 indivíduos, de ambos os gêneros, com idades entre 8 e 18 anos. Os resultados permitiram verificar uma relação significativa entre os dois métodos diagnósticos. Assim, os autores concluíram que as vértebras cervicais, se

apropriadamente utilizadas, fornecem dados confiáveis da fase de surto de crescimento puberal do paciente, sem gastos adicionais com radiografias.

O crescimento e desenvolvimento esquelético de 110 brasileiros, leucodermas, ambos os sexos, com idades entre 8 anos e 14 anos e 6 meses para as meninas e de 9 anos e cinco meses a 14 anos para os meninos foi estimado por Armond *et al.* (2001) através do método de Hassel e Farman (1995). Os autores compararam o IMVC nas telerradiografias de perfil, com o surto de crescimento puberal, por meio de episódios de ossificação carpal. Assim, constataram haver uma correlação positiva significativa entre os métodos, concluindo que a avaliação morfológica das vértebras constitui um parâmetro alternativo, confiável e prático na avaliação esquelética de pacientes ortodônticos, seja complementando, ou seja, substituindo outros métodos de avaliação. Porém, os autores aconselham não utilizá-lo de forma absoluta como parâmetro na determinação da idade esquelética.

Em 2000, Franchi, Baccetti e McNamara apresentaram o método maturação vertebral cervical (MVC) baseados em modificações feitas no método de O'Reilly e Yanniello (1988). Este método utiliza 6 estágios para estabelecer o desenvolvimento de 5 vértebras cervicais (C2, C3, C4, C5 e C6). Eles concluíram que em aproximadamente 95% da amostra o intervalo entre os estágios 3 e 4 coincidiram com o pico de crescimento mandibular e estatural; que a reprodutibilidade da identificação dos estágios da MVC foi tão alta quanto 98,6% e que o método foi útil para antecipar o pico de crescimento mandibular. O pico não foi alcançado antes de serem identificados os estágios 1 e 2 do método MVC.

San Román *et al.* (2002), determinaram a idade esquelética da sua amostra de 958 crianças espanholas com idade cronológica entre 5 e 18 anos. Eles compararam os métodos de Lamparski (1972), de Hassel e Farman (1995) com um novo método desenvolvido por eles de verificação da maturação esquelética, por meio de estudos na mudança anatômica da concavidade da borda inferior, altura e forma do corpo das vértebras. Os resultados sugerem que, na população estudada, este novo método é confiável e tão efetivo quanto o método de Hassel e Farman (1995) e superior a classificação de Lamparski (1972). Eles ressaltaram a importância da avaliação da concavidade da borda inferior do corpo da vértebra como sendo o melhor

parâmetro para observação de um determinado estágio, sendo mais determinante do que o fator forma e altura de cada vértebra. Ainda, foi encontrado que quanto mais avançado fosse o estágio de maturação, maior seria a altura da concavidade.

Mito, Sato e Mitani (2002) utilizaram telerradiografias de perfil de 176 meninas (oito grupos etários, com 22 meninas em cada, entre 7 e 14 anos e 10 meses de idade) cujos corpos das vértebras cervicais C3 e C4 foram traçadas e medidas em alguns pontos para determinação da idade óssea da vértebra cervical. Através da utilização de uma análise de regressão linear, foi estabelecida uma fórmula utilizando as medidas lineares das vértebras cervicais e idade cronológica. Encontraram uma correlação positiva entre o método da radiografia de mão e punho e o método das vértebras cervicais. Ainda, os resultados sugerem que a idade óssea vertebral cervical reflete a maturidade esquelética porque se aproxima da idade óssea carpal, considerando o método mais confiável para se avaliar maturação esquelética.

Baccetti, Franchi e McNamara (2002) apresentaram um novo método para avaliar o crescimento mandibular por meio da maturação de vértebras cervicais, a fim de detectar o pico de crescimento mandibular baseado na análise das vértebras C2, C3 e C4. A amostra deste estudo foi constituída de 30 pacientes que apresentavam documentações ortodônticas com 6 telerradiografias de perfil consecutivas. Foram avaliadas a presença de concavidade na borda inferior do corpo das vértebras e a forma do corpo de C3 e C4, verificando formatos específicos. Esse método (CVM) propõe 5 estágios de maturação de C2, C3 e C4: CVMS I, CVMS II, CVMS III, CVMS IV e CVMS V, sendo verificado o pico de crescimento mandibular entre os estágios CVMS II e CVMS III.

Generoso (2003) correlacionou a maturação das vértebras cervicais, por meio dos índices de Lamparski modificados por Hassel e Farman (1995) com idade cronológica, a fim de determinar não só a confiabilidade dos IMVC pela idade cronológica como também seu comportamento de acordo com o gênero. A amostra compreendeu 380 brasileiros leucodermas, de ambos os sexos e com idades entre 6 e 16 anos. Os resultados apontaram uma relação direta entre o aumento da idade cronológica por gênero e o aumento gradativo da média dos IMVC. Assim, os autores concluíram ser possível, mas

moderadamente confiável, utilizar a idade cronológica para determinar a fase da idade óssea do indivíduo.

O estudo longitudinal com um grupo de crianças australianas indígenas comparou os estágios de maturação das vértebras cervicais, segundo Baccetti, Franchi e McNamara (2002), e os episódios de ossificação carpal descrito por Grave (1973). Essas ocorrências, então, foram relacionadas por Grave e Townsend (2003) aos eventos de pico de crescimento em estatura e mandibular. Os autores constataram que, para a maioria das crianças, o pico de velocidade do crescimento mandibular coincidiu com o pico de velocidade de crescimento em estatura. Ainda, a combinação dos episódios de ossificação na radiografia carpal e os de maturação cervical ocorreram durante todas as fases do surto de crescimento puberal. Logo, concluíram que o acesso à combinação ossificação carpal e maturação vertebral cervical possibilita o aumento da predição do surto de crescimento puberal do paciente, facilitando e conferindo maior confiabilidade no acompanhamento dos casos de má-oclusão de Classe II.

O método de Hassel e Farman (1995) foi avaliado quanto a sua reprodutibilidade por Santos *et al.* (2005). Para tal foram utilizadas 100 telerradiografias de perfil de pacientes de ambos os sexos, com idades entre 6 e 16 anos, sendo que três examinadores calibrados as classificaram em escores de 1 a 6. Após a análise dos resultados, o teste de concordância para a avaliação inter e intra-examinador foi realizado. Os altos níveis de concordância permitiram verificar que o método de determinação da maturação esquelética por meio das vértebras cervicais mostrou-se reproduzível na avaliação do estágio em que o indivíduo se encontra na curva de crescimento.

Em 2005, Baccetti, Franchi e McNamara introduziram uma versão modificada do método de avaliação do pico de crescimento esquelético através das vértebras cervicais proposto no artigo publicado em 2002 por estes autores. A proposta inicial de cinco estágios foi modificada para seis estágios (Estágio Cervical – EC – 1 a 6). A principal alteração foi em relação à detecção do EC 2 o qual indica que o surto de crescimento está se aproximando e que ele iniciará no EC 3, que é aproximadamente 1 ano após o EC 2. Ainda, concluíram que o crescimento ativo está completo quando o EC 6 é atingido. Nesse trabalho, a morfologia das três vértebras cervicais (C2, C3 e C4) foi

avaliada por inspeção visual por dois examinadores em seis cefalogramas consecutivos (T1 a T6). A porcentagem de concordância entre eles foi de 96,7%. Dois conjuntos de variáveis foram analisados: (a) presença ou ausência de concavidade na borda inferior do corpo de C2, C3 e C4 e (b) forma do corpo de C3 e C4. Ainda, quatro formas básicas foram consideradas:

- trapezóide: a borda superior está estreita de posterior para anterior;
- retangular horizontal: a altura das bordas anterior e posterior é semelhante; as bordas superior e inferior são mais longas que as bordas anterior e posterior;
- quadrada: as alturas das bordas posterior, anterior, superior e inferior são semelhantes;
- retangular vertical: as bordas posterior e anterior são mais longas que as bordas superior e inferior.

No cefalograma lateral, os seguintes pontos foram traçados e digitalizados pelos autores (figura 1):

- I) C2p, C2m, C2a: os pontos mais posteriores, mais profundos e mais anteriores da borda inferior da vértebra C2;
- II) C3up, C3ua: os pontos mais superiores das bordas posterior e anterior da vértebra C3;
- III) C3lp, C3m, C3la: os pontos mais posteriores, mais profundos e mais anteriores da borda inferior da vértebra C3;
- IV) C4up, C4ua: os pontos mais superiores das bordas posterior e anterior da vértebra C4;
- V) C4lp, C4m, C4la: os pontos mais posteriores, mais profundos e mais anteriores da borda inferior da vértebra C4.

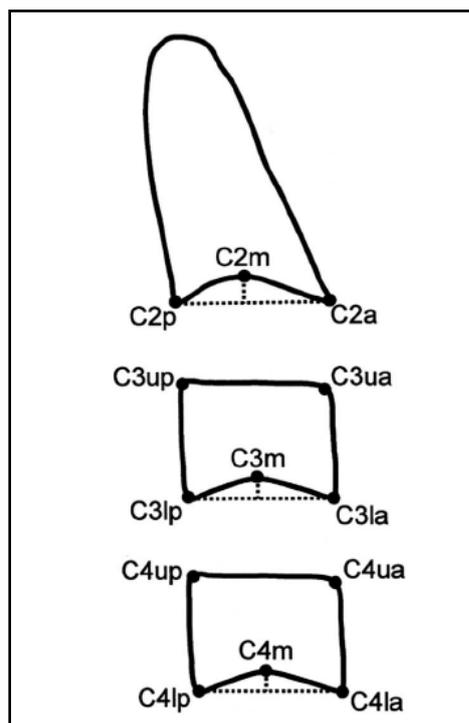


Figura 1 - Pontos cefalométricos para medições das vértebras C2, C3 e C4. Fonte: Baccetti, Franchi e McNamara, 2005, p. 121.

Após análise estatística dos dados, os autores Baccetti, Franchi e McNamara (2005) definiram os estágios da maturação das vértebras cervicais como descritos abaixo (figura 2):

- I) Estágio Cervical 1 (EC1): as bordas inferiores das três vértebras (C2-C4) estão planas. Os corpos de C3 e C4 estão em forma trapezóide. O pico de crescimento mandibular ocorrerá em média 2 anos depois deste estágio;
- II) Estágio Cervical 2 (EC2): a concavidade da borda inferior de C2 está presente. Os corpos das vértebras C3 e C4 estão ainda em forma trapezóide. O pico de crescimento mandibular ocorrerá em média 1 ano depois deste estágio;
- III) Estágio Cervical 3 (EC3): as concavidades estão presentes nas bordas inferiores das vértebras C2 e C3. Os corpos de C3 e C4 podem estar com forma tanto trapezóide quanto retangular horizontal. O pico de crescimento mandibular ocorrerá durante o ano após este estágio;

- IV) Estágio Cervical 4 (EC4): as concavidades agora estão presentes nas bordas inferiores das vértebras C2, C3 e C4. Os corpos de C3 e C4 estão com forma retangular horizontal. O pico de crescimento mandibular ocorreu dentro de 1 ou 2 anos antes deste estágio;
- V) Estágio Cervical 5 (EC5): as concavidades ainda estão presentes nas bordas inferiores das vértebras C2, C3 e C4. Pelo menos um dos corpos de C3 e C4 está em forma quadrada. Se não está em forma quadrada, o corpo de outra vértebra cervical ainda está retangular horizontal. O pico de crescimento mandibular finalizou pelo menos 1 ano antes deste estágio;
- VI) Estágio Cervical 6 (EC6): as concavidades ainda estão evidentes nas bordas inferiores das vértebras C2, C3 e C4. Pelo menos um dos corpos de C3 e C4 está em forma retangular vertical. . Se não está em forma retangular vertical, o corpo de outra vértebra cervical é quadrado. O pico de crescimento mandibular finalizou pelo menos 2 anos antes deste estágio.

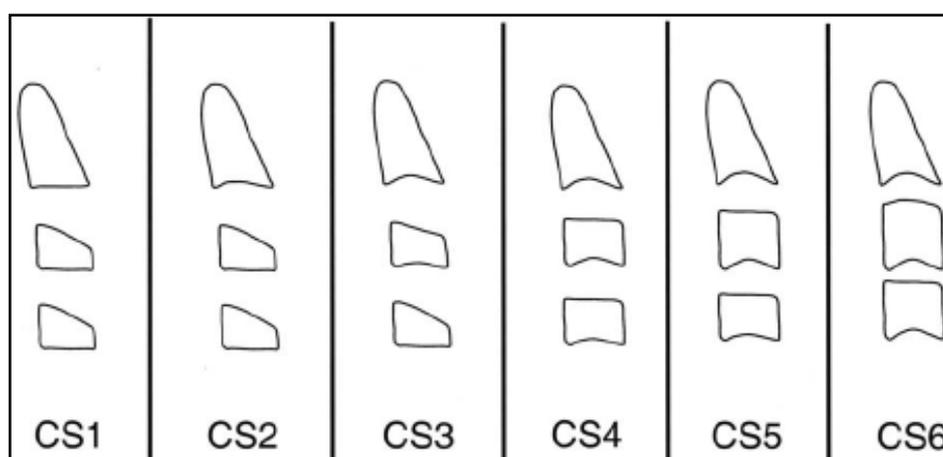


Figura 2 - Representação esquemática dos estágios das vértebras cervicais de Baccetti, Franchi e McNamara. Fonte: Baccetti, Franchi e McNamara, 2005, p. 124.

Radiografias de mão e de punho foram analisadas por Flores *et al.* (2006) através do método de Fishman (1982) para determinar o nível (precoce,

normal ou tardio) e o estágio de maturação esquelética (posição do indivíduo na curva de crescimento puberal). Nas telerradiografias de perfil, os autores utilizaram o método de Baccetti, Franchi e McNamara (2002). Eles avaliaram a correlação dos estágios de maturação esquelética empregando o método das vértebras cervicais e o método da mão e do punho e concluíram que o nível de maturação (precoce, normal ou tardio) influencia nos valores de correlação e, portanto, deve ser levado em consideração sempre que possível.

Shi, Scarfe e Farman (2007) realizaram um estudo piloto em que apresentaram uma forma de reconstrução em 3 dimensões (3D) das vértebras cervicais em imagens de tomografia computadorizada de feixe cônico. Os dados das TCFC dos três indivíduos representando diferentes grupos de idade esquelética foram apresentados e demonstraram a forma da superfície topológica das vértebras cervicais C1, C2 e C3. As análises em 3D das características morfológicas das vértebras cervicais coincidiram com os achados comumente encontrados em análises convencionais, que são tomadas sagitais em duas dimensões (2D), para mudanças fisiológicas da anatomia destes ossos durante a maturação esquelética. Os autores afirmam que esses achados possibilitam uma abordagem 3D da idade biológica dos pacientes ortodônticos utilizando a espinha cervical. Além disso, esta forma de avaliação óssea apresentaria um grande potencial no estudo de processos ósseos como fratura da espinha cervical decorrentes de osteoporose.

## 2.2 TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA DE FEIXE CÔNICO

As tomografias podem ser classificadas em dois tipos: tomografia convencional e tomografia computadorizada. Esta última pode ser classificada de acordo com o formato do feixe de raios X utilizado: tomografia computadorizada de feixe em leque (*Fan-Beam Computed Tomography*) e tomografia computadorizada de feixe cônico (*Cone Beam Computed Tomography*) (SCARFE; FARMAN; SUKOVIC, 2006)

No mesmo trabalho, Scarfe, Farman e Sukovic (2006) relatam que a tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) utiliza um feixe cônico de radiação associado a um receptor de imagens bidimensional. Nesta técnica, o

conjunto fonte de raios X e receptor de imagens gira 360° uma única vez em torno da região de interesse. Durante este giro, múltiplas projeções bidimensionais em ângulos diferentes são obtidas e enviadas ao computador. Essas projeções contêm toda a informação necessária para compor a matriz da imagem em 3D (figura 3). Após a coleta da imagem, o paciente pode ser liberado, visto que toda a informação necessária para gerar as imagens de interesse está contida na imagem matriz (SCARFE; FARMAN; SUKOVIC, 2006). Cortes nos três planos do espaço podem então ser obtidos a partir desta imagem tridimensional. É possível também obter-se reconstruções radiografias panorâmicas e telerradiografias a partir da imagem tridimensional inicial.

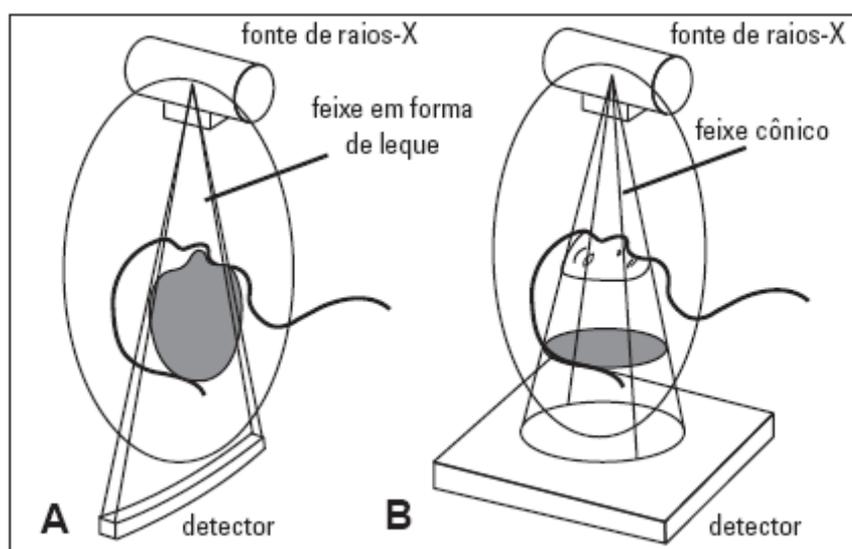


Figura 3 – Princípios do tomógrafo convencional (esquerda) e do tomógrafo de feixe cônico (direita) Fonte: Sukovic, 2003, p. 32.

O desenvolvimento da TCFC permitiu a reprodução de imagens tridimensionais dos tecidos mineralizados maxilofaciais com mínima distorção e dose de radiação significativamente reduzida em comparação à tomografia computadorizada tradicional (SCARFE; FARMAN; SUKOVIC, 2006).

Ao contrário da tomografia computadorizada tradicional, que necessita de tantas voltas quanto forem as espessuras de corte e tamanho da estrutura, resultando em uma maior exposição do paciente à radiação devido ao seu feixe de raios X em forma de leque, (WHAITES, 2003), a TCFC necessita de apenas

um giro ao redor da área de interesse para obter as informações necessárias para a reconstrução das imagens (FARMAN; SCARFE, 2006).

A TCFC encontra-se de acordo com o princípio ALARA (“as low as reasonably achievable”), apresentando um custo-benefício evidente para o paciente, tanto em termos de dose de radiação recebida quanto em relação à versatilidade do exame realizado (FARMAN, 2005; WINTER *et al.*, 2005).

A dose de radiação efetiva durante o exame de TCFC varia de acordo com a marca do aparelho e com as especificações técnicas selecionadas durante a tomada (campo de visão, tempo de exposição, miliamperagem e quilovoltagem, de acordo com Ludlow *et al.* (2006). Quando comparada com a tomografia computadorizada convencional, pode ocorrer uma redução de até 13 vezes da dose recebida pelo paciente (LUDLOW; DAVIES-LUDLOW; BROOKS, 2003; MAH *et al.*, 2003; SCAF *et al.*, 1997). Quando comparada as radiografias convencionais, a dose de radiação da TCFC apresenta-se similar à do exame periapical completo (HATCHER; ABOUDARA, 2004; GIBBS, 2000) ou equivalente a aproximadamente 4 a 15 vezes a dose de uma radiografia panorâmica (SCARFE; FARMAN; SUKOVIC, 2006). Ainda, a utilização de proteção plumbífera acarreta maior diminuição da dose de radiação recebida durante o exame de TCFC (TSIKLAKIS *et al.*, 2005).

Em contrapartida, Garib *et al.* (2007) relataram que o potencial do exame de tomografia computadorizada em prover informações complementares é muito superior em comparação a uma radiografia convencional. Ainda, com um exame de TCFC, o profissional pode obter reconstruções de todas as tomadas radiográficas convencionais odontológicas (panorâmica, PA, telerradiografia em norma lateral, periapicais, interproximais e oclusais) somadas às informações ímpares fornecidas pelas reconstruções multiplanares e em 3D.

Uma informação importante no entendimento das tomografias computadorizadas é a definição de *voxel* que é a menor unidade de imagem na espessura do corte, podendo variar dependendo da região do corpo a ser examinada e da qualidade de imagem desejada. Ao contrário da TC convencional, onde o tamanho do *voxel* é determinado pela colimação do feixe de raios X antes e depois do paciente e pelo avanço da mesa no *gantry*, resultando em *voxels* anisotrópicos (altura = largura < profundidade), na TCFC o tamanho do *voxel* é determinado pelo tamanho de cada pixel no receptor de

imagem, gerando *voxels* isotrópicos (altura = largura = profundidade), que resultam em imagens com nitidez superior, segundo Farman e Scarfe (2006). Cada lado do *voxel* apresenta dimensão submilimétrica (menor que 1mm, normalmente de 0,119mm a 0,4mm), desta forma, a imagem apresenta uma resolução muito boa. Por este motivo, os estudos sobre a validação da tomografia computadorizada volumétrica para análises qualitativas e quantitativas mostraram uma alta acurácia da imagem (HILGERS *et al.*, 2005; KOBAYASHI *et al.*, 2004; MISCH; YI; SARMENT, 2006; MOZZO *et al.*, 1998), além de boa nitidez.

Medidas realizadas sobre imagens provenientes de reconstruções 2D são mais confiáveis do que aquelas realizadas sobre telerradiografias de perfil convencionais (MOSHIRI *et al.*, 2007). Após realizar reconstruções multiplanares para a ATM, Hilgers *et al.* (2005) observaram que as mensurações realizadas sobre as imagens da TCFC eram semelhantes as mensurações anatômicas realizadas sobre crânios secos, além de apresentarem maior precisão quando comparadas com aquelas realizadas sobre radiografias.

Na comparação da radiografia panorâmica convencional com a reconstrução panorâmica obtida a partir da TCFC quanto à inclinação mesio-distal das raízes, Peck *et al.* (2007) concluíram que a radiografia panorâmica fornece a ilusão de inclinações radiculares acentuadas, principalmente na região de caninos e pré-molares, ao passo que a reconstrução panorâmica mostrou-se uma alternativa confiável para a verificação da real angulação radicular. Outro estudo publicado na literatura por Ludlow *et al.* (2007) realizou mensurações das distâncias gônio-forame mentoniano e côndilo-gônio utilizando a TCFC, e verificou que esta é uma técnica confiável e não é influenciada por inclinações da cabeça do paciente durante a realização do exame.

Bissoli *et al.* (2007), depois de uma revisão de literatura, afirmam que o sistema de TCFC é de relevante importância para o diagnóstico, localização e reconstrução de imagens tomográficas com excelente precisão, auxiliando os profissionais da área da saúde no planejamento e tratamento dos pacientes.

Kumar *et al.* (2007) compararam medições cefalométricas realizadas sobre telerradiografias de perfil convencionais e telerradiografias de perfil

geradas a partir de exames de TCFC. Estas reconstruções e as medições foram realizadas no programa de computador *Dolphin*. Os autores concluíram que através de TCFC pode-se reproduzir as telerradiografias de perfil convencionais com semelhante precisão e acurácia, e que as projeções ortogonais de TCFC provêm maior acurácia para mensurações das dimensões do plano médio-sagital que as projeções em perspectiva de TCFC ou que as telerradiografias de perfil convencionais.

Com o objetivo de comparar os cefalogramas laterais originados de telerradiografias de perfil convencionais e de telerradiografias de perfil com projeções ortogonais e perspectivas, as quais foram geradas a partir do programa de computador *Dolphin 3D* sobre exames de TCFC, Kumar *et al.* (2008) utilizaram exames de 31 pacientes. Esses autores concluíram que as medições dos cefalogramas sobre imagens de TCFC de pacientes são semelhantes as das telerradiografias de perfil convencionais. Dessa forma, os exames convencionais adicionais podem ser evitados quando a TCFC é solicitada para diagnóstico ortodôntico.

Cattaneo *et al.* (2008) compararam cefalogramas produzidos sobre telerradiografias de perfil convencionais e sobre telerradiografias de perfil reconstruídas de TCFC. Pontos foram digitados em cefalogramas em radiografias convencionais e em dois conjuntos de cefalogramas obtidos de TCFC de 34 pacientes utilizando as técnicas Maximum Intensity Projection (MIP) e RayCast. As medidas calculadas não diferiram entre as três técnicas de imagem. A técnica *RayCast* provou ser mais reprodutível que a MIP. Os autores concluíram que cefalogramas obtidos de TCFC podem substituir com sucesso filmes convencionais prosperamente.

Ballrick *et al.* (2008), com o objetivo de avaliar imagens produzidas pela TCFC, utilizaram corpos de prova de 0,3 mm de diâmetro com marcadores metálicos. Estes foram separados aproximadamente 5 mm nos três planos do espaço. As distâncias foram medidas diretamente nos corpos e nas imagens 3D. Os autores verificaram que, na comparação das medidas da TCFC com as medidas diretas nos corpos de prova, houve diferença estatisticamente significativa. Porém, a diferença absoluta era 0,1 mm e provavelmente não é clinicamente significativa para a maioria das aplicações. Os autores concluíram que a TCFC fornecem medidas precisas e resolução aceitável clinicamente.

Para comparar a confiabilidade e precisão das medidas lineares entre pontos cefalométricos sobre imagens volumétricas 3D reconstruídas pelo *software Dolphin 3D* em exames de TCFC e medições em crânios humanos, Brown *et al.* (2009) mediram 19 crânios secos e confrontaram com as medidas das TCFC. As medições das TCFC foram consistentes entre as imagens 3D e as medições diretas nos crânios. Devido aos pontos sobre os crânios não serem rádio-opacos, as imprecisões encontradas nas medições podem estar relacionadas aos métodos aplicados e não a imprecisões inatas nas TCFC ou nas reconstruções 3D do *software* empregado.

Para determinar a precisão e a confiança de medidas sobre TCFC de um crânio humano seco, Berco *et al.* (2009) identificaram dezessete pontos nos crânios. TCFC foram realizadas com duas orientações de crânio durante o exame. Vinte e nove medidas lineares entre os pontos foram feitas diretamente no crânio e comparadas com as mesmas medidas feitas na TCFC. Todas as medidas foram feitas por dois operadores em quatro ocasiões separadas. Eles concluíram que a TCFC permite a realização de medidas lineares precisas e seguras do complexo craniofacial. Além disso, a orientação do crânio durante a TCFC não afeta a precisão ou a confiança destas medidas.

Van Vlijmen *et al.* (2009) avaliaram se as medições em telerradiografias de perfil convencionais são comparáveis às medições em telerradiografias de perfil cefalométricas reconstruídas sobre exames de TCFC obtidas de 40 crânios humanos. Um programa de computador foi utilizado para reconstruir as telerradiografias de perfil e para calcular distâncias e ângulos. Os autores encontraram que a reprodutibilidade das medições, em telerradiografias de perfil obtidas a partir de TCFC, foi melhor em comparação com a reprodutibilidade em telerradiografias de perfil convencionais; e não foi encontrada diferença clinicamente relevante entre as medições em radiografias convencionais e as radiografias construídas. Ainda, eles concluíram que as medições em telerradiografias de perfil reconstruídas são comparáveis as telerradiografias de perfil convencionais e, portanto, são adequadas para pesquisas longitudinais.

Com o objetivo de determinar se as imagens 2D provenientes de reconstruções sobre TCFC podem substituir os cefalogramas convencionais, Lamichane *et al.* (2009) obtiveram telerradiografia em norma lateral e frontal e

TCFC de corpos de prova. As medições foram realizadas utilizando-se o *software Dolphin 10*, aonde foram geradas as telerradiografias e realizaram a comparação das medidas lineares. Os resultados apresentaram que as medições nas projeções ortogonais não tinham diferença significativa das dimensões reais do corpo de prova, e medições nas projeções de perspectiva tinham uma forte correlação com as medições nas radiografias convencionais. Esses autores concluíram que uma telerradiografia originada de uma reconstrução em perspectiva de TCFC pode reproduzir a ampliação inerente de uma telerradiografia lateral convencional com alta precisão.

### 3 MATERIAL E MÉTODO

A amostra utilizada neste estudo constitui-se de documentações ortodônticas iniciais completas que continham telerradiografias de perfil e tomografias computadorizadas de feixe cônico (TCFC) de um grupo de pacientes que está em tratamento no Curso de Especialização em Ortodontia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

O uso dos exames nesta pesquisa foi autorizado pelos pacientes ou responsáveis através de consentimento informado assinado (apêndice 1).

As imagens tomográficas foram adquiridas em um aparelho de Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico (i-CAT – Imaging Sciences International, Pennsylvania, USA). Durante a aquisição das imagens, foi utilizado um *voxel* de 0,4mm. A telerradiografia lateral convencional foi realizada em um aparelho *X Mind Tome Ceph* (Soredex, Tuusula, Finland).

As tomografias e as radiografias apresentaram as vértebras C2, C3 e C4 integralmente e as radiografias tinham boa qualidade, possibilitando clara visualização das estruturas anatômicas.

O programa *Dolphin Imaging Software* (version 10.5 Premium) foi utilizado para processar as imagens tomográficas e para criar as reconstruções das telerradiografias de perfil. Para essa reconstrução foi utilizada a projeção ortogonal e foi empregado o filtro de imagens *Dolphin 1*.

As telerradiografias de perfil convencionais foram digitalizadas em um aparelho escâner da marca HP Scanjet 2300c e, posteriormente, os arquivos digitais foram levados ao *Dolphin Imaging Software*. As medições foram realizadas em telerradiografias de perfil convencionais e em telerradiografias de perfil reconstruídas que foram calibradas através da ferramenta *Image Calibration* (figura 4) e, em seguida, as medições C2 Conc, C3 Conc, C4 Conc, C3 BAR, C3 PAR, C4 BAR e C4 PAR propostas por Baccetti, Franchi e McNamara (2005) foram realizadas utilizando a ferramenta *Image Measurements* (figura 5).



Figura 4 – Ferramenta *Image Calibration* (Dolphin Imaging Software, version 10.5 Premium).



Figura 5 – Ferramenta *Image Measurements* (Dolphin Imaging Software, version 10.5 Premium).

Para a avaliação da maturação das vértebras cervicais foi utilizado o método descrito por Baccetti, Franchi e McNamara em (2005), que utiliza as

vértebras C2, C3 e C4 e divide os estágios de maturação das vértebras cervicais (EC) em seis, de EC 1 até EC6.

As mensurações somente foram realizadas após treinamento e calibragem do examinador através da seleção de 15 imagens aleatórias que foram medidas e, após um intervalo de 15 dias, foram avaliadas novamente. Todas as medidas foram realizadas duas vezes e a média das duas medições foi utilizada como resultado.

Os dados foram coletados em uma ficha (apêndice 2) e levados a uma tabela do Microsoft Office Excel 2007 e analisados através de tabelas, gráficos e estatística descritiva. Para todos os testes o nível de significância máximo foi de 5% e os dados foram analisados através do *software* SPSS versão 10.0.

## 4 RESULTADOS

As tabelas 1 e 2 apresentam o estudo do erro na comparação das duas medições realizadas. Através dos resultados do teste não-paramétrico de Wilcoxon verifica-se que não existe diferença significativa entre as duas medições realizadas de uma mesma radiografia.

Tabela 1: Comparação das duas medições realizadas: estudo do erro

Medida	Comparação	N	Média	DP	Diferença Média	Z	p
Tomo C2 Conc	1ª Medição	42	0,743	0,938	0,021	1,937	0,053
	2ª Medição	42	0,764	0,955			
Tomo C3 Conc	1ª Medição	42	0,619	0,838	0,010	1,155	0,248
	2ª Medição	42	0,629	0,848			
Tomo C4 Conc	1ª Medição	42	0,474	0,717	0,007	0,832	0,405
	2ª Medição	42	0,481	0,717			
Tomo C3 BAR	1ª Medição	42	1,593	0,499	0,008	0,962	0,336
	2ª Medição	42	1,600	0,508			
Tomo C3 PAR	1ª Medição	42	1,508	0,354	0,013	1,896	0,058
	2ª Medição	42	1,522	0,358			
Tomo C4 BAR	1ª Medição	42	1,601	0,547	0,012	1,006	0,314
	2ª Medição	42	1,613	0,577			
Tomo C4 PAR	1ª Medição	42	1,539	0,471	0,003	0,950	0,342
	2ª Medição	42	1,541	0,465			
Tele C2 Conc	1ª Medição	42	0,814	0,999	0,002	0,215	0,830
	2ª Medição	42	0,817	1,022			
Tele C3 Conc	1ª Medição	42	0,660	0,894	0,005	0,707	0,480
	2ª Medição	42	0,655	0,896			
Tele C4 Conc	1ª Medição	42	0,538	0,820	0,002	0,333	0,739
	2ª Medição	42	0,536	0,813			
Tele C3 BAR	1ª Medição	42	1,612	0,519	0,000	0,404	0,686
	2ª Medição	42	1,611	0,508			
Tele C3 PAR	1ª Medição	42	1,543	0,368	0,008	1,912	0,056
	2ª Medição	42	1,551	0,370			
Tele C4 BAR	1ª Medição	42	1,624	0,582	0,009	1,505	0,132
	2ª Medição	42	1,615	0,566			
Tele C4 PAR	1ª Medição	42	1,554	0,468	0,006	1,242	0,214
	2ª Medição	42	1,548	0,459			

\*DP = desvio-padrão \*\*Diferença Média = Média das diferenças entre as medições realizadas

Tabela 2: Estudo do erro através de comparação das duas medições para CS

Comparação	Nº casos	%	z	p
<b>Tomografia</b>				
1ª medição < 2ª medição	-		-1,000	0,317
1ª medição > 2ª medição	1	2,4		
1ª medição = 2ª medição	41	97,6		
<b>Telerradiografia</b>				
1ª medição < 2ª medição	-	-	0,000	1,000
1ª medição > 2ª medição	-	-		
<b>1ª medição = 2ª medição</b>	42	100		

Conforme os dados apresentados nas tabelas 3 e 4, verifica-se que existe diferença significativa entre a tomografia computadorizada e a telerradiografia para as todas as medidas com exceção das medidas: **C3 BAR** (*relação entre o comprimento da base (distância C3la-C3lp) e a altura anterior (distância C3ua-C3la do corpo da C3)*) e **CS** (*estágio de maturação das vértebras cervicais*).

Para as outras medidas, verificou-se que para a telerradiografia de perfil os valores medidos foram significativamente superiores aos valores medidos na reconstrução de telerradiografias de perfil em tomografia computadorizada.

Tabela 3: Comparação entre as medições feitas na reconstrução tomográfica e na telerradiografia de perfil

Comparação	n	Média	DP	Diferença Média	Z	p
<b>C2 CONC</b>						
Tomografia	42	0,743	0,938	0,071	4,028	0,000
Telerradiografia	42	0,814	0,999			
<b>C3 CONC</b>						
Tomografia	42	0,619	0,838	0,040	3,082	0,002
Telerradiografia	42	0,660	0,894			
<b>C4 CONC</b>						
Tomografia	42	0,474	0,717	0,064	2,992	0,003
Telerradiografia	42	0,538	0,820			
<b>C3 BAR</b>						
Tomografia	42	1,593	0,499	0,019	1,620	0,105
Telerradiografia	42	1,612	0,519			
<b>C3 PAR</b>						
Tomografia	42	1,508	0,354	0,035	3,558	0,000
Telerradiografia	42	1,543	0,368			

Comparação	n	Média	DP	Diferença Média	Z	p
<b>C4 BAR</b>						
Tomografia	42	1,601	0,547	0,023	2,364	0,018
Telerradiografia	42	1,624	0,582			
<b>C4 PAR</b>						
Tomografia	42	1,539	0,471	0,015	2,424	0,015
Telerradiografia	42	1,554	0,468			

\*DP = desvio-padrão

\*Diferença Média = Média das diferenças entre as medições realizadas

Tabela 4: Comparação entre a tomografia e a telerradiografia: Medida CS

Comparação	Nº casos	%	z	p
Telerradiografia < Tomografia	-	-	1,414	0,157
Telerradiografia > Tomografia	2	4,8		
Telerradiografia = Tomografia	40	95,2		

Na tabela 5, estão apresentados os resultados em porcentagens do número de casos em que os valores da telerradiografia de perfil são menores, iguais ou maiores que os valores da reconstrução da TCFC.

Tabela 5: Comparação das porcentagens dos casos em que a Telerradiografia é superior, inferior e igual à Tomografia para as medidas estudadas

Medida	Comparação	Nº casos	%
C2 Conc	Telerradiografia < Tomografia	-	-
	Telerradiografia > Tomografia	20	47,6
	Telerradiografia = Tomografia	22	52,4
C3 Conc	Telerradiografia < Tomografia	1	2,4
	Telerradiografia > Tomografia	13	31,0
	Telerradiografia = Tomografia	28	66,7
C4 Conc	Telerradiografia < Tomografia	-	-
	Telerradiografia > Tomografia	11	26,2
	Telerradiografia = Tomografia	31	73,8
C3 BAR	Telerradiografia < Tomografia	10	23,8
	Telerradiografia > Tomografia	23	54,8
	Telerradiografia = Tomografia	9	21,4
C3 PAR	Telerradiografia < Tomografia	8	19,0
	Telerradiografia > Tomografia	29	69,0
	Telerradiografia = Tomografia	5	11,9
C4 BAR	Telerradiografia < Tomografia	12	28,6
	Telerradiografia > Tomografia	26	61,9
	Telerradiografia = Tomografia	4	9,5

Medida	Comparação	Nº casos	%
C4 PAR	Telerradiografia < Tomografia	12	28,6
	Telerradiografia > Tomografia	24	57,1
	Telerradiografia = Tomografia	6	14,3
CS	Telerradiografia < Tomografia	-	-
	Telerradiografia > Tomografia	2	4,8
	Telerradiografia = Tomografia	40	95,2

## 5 DISCUSSÃO

A literatura nos mostra que a TCFC permite reprodução de imagens tridimensionais dos tecidos mineralizados maxilofaciais com mínima distorção (SCARFE; FARMAN; SUKOVIC, 2006) e dose de radiação consideravelmente reduzida em comparação à tomografia computadorizada tradicional (SCARFE; FARMAN; SUKOVIC, 2006; LUDLOW; DAVIES-LUDLOW; BROOKS, 2003; MAH *et al.*, 2003; SCAF *et al.*, 1997). Quando comparada às radiografias convencionais, a dose de radiação da TCFC apresenta-se similar à do exame periapical completo (HATCHER; ABOUDARA, 2004; GIBBS, 2000) ou equivalente a aproximadamente 4 a 15 vezes a dose de radiação de uma radiografia panorâmica (SCARFE; FARMAN; SUKOVIC, 2006). Além disso, a utilização de proteção plumbífera permite uma maior diminuição da dose de radiação recebida durante o exame de TCFC (TSIKLAKIS *et al.*, 2005).

O *voxel* da TCFC é isotrópico (altura = largura = profundidade), e cada lado do *voxel* apresenta dimensão submilimétrica (normalmente de 0,119mm a 0,4mm). Por este motivo, os estudos sobre a validação da tomografia computadorizada volumétrica para análises qualitativas e quantitativas mostraram uma alta acurácia da imagem, além de boa nitidez (MOZZO *et al.*, 1998; KOBAYASHI *et al.*, 2004; HILGERS *et al.*, 2005; MISCH; YI; SARMENT, 2006).

Medidas realizadas sobre imagens provenientes de reconstruções 2D de TCFC são mais precisas e confiáveis do que aquelas realizadas sobre radiografias convencionais (HILGERS *et al.*, 2005; MOSHIRI *et al.*, 2007; LUDLOW *et al.*, 2007; BISSOLI *et al.*, 2007; KUMAR *et al.*, 2007; BERCO *et al.*, 2009) e não sofre influencia por inclinações da cabeça do paciente durante a realização do exame (LUDLOW *et al.*, 2007; BERCO *et al.*, 2009).

De acordo com os resultados apresentados na tabela 3, existe diferença significativa entre a média das medições realizadas nas reconstruções feitas a partir de tomografias computadorizadas e nas telerradiografias para todas as medidas com exceção das medidas C3BAR e CS. Provavelmente, essa diferença se deve a projeção ortogonal utilizada na reconstrução das radiografias no *software Dolphin* que resulta em uma imagem sem ampliação. Enquanto que, nas radiografias convencionais, temos ampliação a qual é derivada das propriedades inerentes dos raios x. Kumar *et al.* (2007)

verificaram que a projeção ortogonal confere maior acurácia do que as projeções em perspectiva para mensurações das dimensões do plano médio-sagital. A projeção ortogonal utilizada no presente estudo para gerar as reconstruções de telerradiografias suscitou imagens mais precisas, da mesma forma como sugerido por Kumar *et al.* (2007). Assim, a projeção ortogonal aplicada neste estudo, pode ter provocado a diferença estatisticamente significativa para a média das medições na comparação entre TCFC e telerradiografias de perfil. Ainda, os resultados encontrados no estudo de Lamichane *et al.* (2009), os quais relatam que projeções ortogonais são mais representativas da anatomia que projeções de perspectiva para medidas lineares, reforçam essa possibilidade.

A ampliação derivada dos raios x em telerradiografias de perfil varia de 4,6% a 7,2% e de 0,3% a 9,2% em telerradiografias frontais, de acordo com Bergensen (1980). Moshiri *et al.* (2007) também encontraram uma tendência das medidas realizadas em telerradiografias de perfil serem estatisticamente mais significativas do que as medidas feitas em crânios secos. Estes autores observaram uma ampliação na telerradiografia que variou de 4,6% a 9,1%. Entretanto, Kumar *et al.* (2008) concluíram que as medições dos cefalogramas sobre imagens de TCFC de uma amostra de exames de 13 pacientes são semelhantes as das radiografias cefalométricas convencionais, discordando dos resultados encontrados neste estudo. Porém, no estudo de Kumar *et al.* (2008), a medida angular FMA apresentou uma diferença significativa pequena, que poderia ser clinicamente pertinente para a amostra analisada. O resultado encontrado pelo autor acima concorda com o presente estudo. Este achado leva os autores a recomendarem a realização de mais estudos para a verificação desta afirmação.

Neste estudo, quando os valores medidos nas reconstruções provenientes das TCFC e nas telerradiografias de perfil são comparados individualmente, um a um, encontramos valores menores, iguais e ainda maiores conforme apresentado na tabela 5. O estudo de Brown *et al.* (2009), que compara as medidas entre os modelos 3D obtidos de crânios secos e os próprios crânios, apresenta diferenças estatísticas significativas entre medidas lineares reais e virtuais. De acordo com estes autores, as medidas NC-NC e ANS-PNS da TCFC subestimaram as dimensões reais aproximadamente em

6% e 10%, respectivamente, e para a medida Mo-Mo a TCFC superestimou as dimensões reais em 17%. Os autores acreditam que estas discrepâncias podem ser atribuídas à identificação dos pontos pelo examinador. Os resultados encontrados por estes autores concordam com os resultados desta pesquisa, entretanto não poderia ser justificado da mesma forma, pois não houve diferença significativa no estudo do erro intra-examinador no presente estudo. Periago *et al.* (2008) também obtiveram resultados semelhantes, concordando com a presente pesquisa, no entanto, eles associaram as diferenças à uma redução na qualidade de imagem devido a atenuação dos tecidos moles, artefatos metálicos, movimentação do paciente e variação no tamanho e número de *voxels* na aquisição da imagem. Nos estudos de Ballrick *et al.* (2008) e de Mozzo *et al.* (1998), a TCFC demonstrou uma tendência para subestimar os valores reais de cada medida. Este menosprezo aconteceu em 94,4% das medidas. Esses resultados também concordam com os resultados apresentados neste estudo. A justificativa para esses resultados seria um provável erro sistemático no software da TCFC. Pelo exposto acima, verificamos que os resultados encontrados nesta pesquisa concordam com os achados da literatura estudada. Provavelmente, isso se deve às reconstruções de telerradiografias no presente estudo serem feitas sobre modelos 3D dos pacientes, e, desta forma, estão sujeitas às mesmas variáveis dos estudos apresentados anteriormente. Apesar dessas diferenças, todos os autores citados neste parágrafo são unânimes em afirmar que isso não teria significância clínica na maioria dos estudos realizados.

Shi, Scarfe e Farman (2007) utilizaram a TCFC para realizar um estudo piloto em que reconstruíram as vértebras cervicais em 3 dimensões (3D). As análises em 3D das características morfológicas das vértebras cervicais coincidiram com os achados comumente encontrados em análises convencionais, ou seja, em tomadas 2D sagital. Esses autores analisaram as vértebras C1, C2 e C3, enquanto na presente pesquisa foram analisadas as vértebras C2, C3 e C4. Porém, em ambas as pesquisas foram observadas as formas das vértebras cervicais, apesar do estudo de Shi, Scarfe e Farman (2007) não classificar a maturação esquelética, o presente estudo classificou a maturação esquelética utilizando o método proposto por Baccetti, Franchi e McNamara (2005). Podemos dizer que os resultados encontrados por Shi,

Scarfe e Farman (2007) concordam com os resultados desta pesquisa, pois não houve diferença estatisticamente significativa, conforme mostra a tabela 4, na comparação entre as reconstruções sobre TCFC e as telerradiografias de perfil convencionais para a classificação do estágio de maturação esquelética, através da observação da forma das vértebras cervicais. Os autores citados acima afirmam que esses achados possibilitam uma abordagem em 3D da idade biológica dos pacientes ortodônticos utilizando a espinha cervical, sendo esta afirmativa também observada no presente estudo.

Apesar de não haver diferença significativa na comparação entre TCFC e a telerradiografia para a variável CS, conforme se observa na tabela 4, duas entre as 42 classificações do estágio de CS feitas por este examinador apresentaram-se diferentes, isto é, na telerradiografia de perfil, os estágios foram classificados em um estágio superior na escala da classificação das vértebras em relação a mesma classificação feita nas TCFC. Esse achado também foi observado no trabalho de Santos *et al.* (1998), que determinaram a maturação esquelética através das vértebras cervicais utilizando telerradiografias convencionais, porém utilizando o método de Hassel e Farman (1995), diferindo do presente estudo que utilizou o método proposto por Baccetti, Franchi e McNamara (2005). A maioria dos resultados não concordantes encontrados por Santos *et al.* (1998) variou apenas em um estágio de maturação das vértebras. Esse fato é coincidente com o encontrado nesta pesquisa, pois também apresentou a variação em apenas um estágio na classificação da maturação esquelética. Da mesma forma, Santos *et al.* (2005) apresentaram em outro estudo, que os resultados não coincidentes da comparação de maturação esquelética variaram apenas em um escore da classificação. Hassel e Farman (1995) encontraram coincidência em 19 de 20 classificações do estágio de maturação esquelética utilizando as vértebras cervicais. Esses autores justificaram essa alteração lembrando que a maturação esquelética é um processo contínuo. Desta forma, casos considerados como limítrofes, ou seja, quando a radiografia foi obtida quando estava ocorrendo a transição de um estágio para outro, podendo misturar-se com o estágio anterior ou o próximo e dificultar uma avaliação precisa. Porém, essa variação não apresenta relevância clínica para invalidar o método, e esses resultados são considerados aceitáveis segundo estes autores. Outra

explicação para essa diferença na classificação dos estágios pode ter relação direta com a qualidade das radiografias convencionais ou pela postura da cabeça durante a aquisição desse exame que produziriam características de 2 estágios contíguos em uma mesma radiografia, dificultando, assim, a determinação de um único estágio de maturação esquelética. Na presente pesquisa foram utilizadas imagens radiográficas das vértebras cervicais para classificar a maturação esquelética, a diferença encontrada nestes resultados poderia ser justificada pelos mesmos motivos expostos acima pelos autores Hassel e Farman (1995). Entretanto, há um consenso dos autores de que nenhum método utilizado para avaliar maturação esquelética deveria ser utilizado de maneira isolada, mas complementá-lo com informações advindas da anamnese e exame clínico, além de outros recursos complementares. (SANTOS *et al.*, 1998; SANTOS; ALMEIDA, 1999; ARMOND; CASTILHO; MORAES, 2001; SANTOS *et al.*, 2005; HASSEL; FARMAN, 1995).

## 6 CONCLUSÃO

Após a análise dos resultados obtidos podemos concluir que:

- 1) As reconstruções de telerradiografias de perfil sobre TCFC apresentaram diferença estatisticamente significativa para a maioria das medições lineares quando comparadas com as telerradiografias de perfil convencionais, porém estas alterações não interferiram na classificação do estágio da maturação esquelética.
- 2) A telerradiografia de perfil construída a partir de TCFC pode substituir a telerradiografia de perfil convencional para a avaliação de maturação esquelética através do método das vértebras, eliminando a necessidade do exame radiográfico tradicional.

## REFERÊNCIAS

ARMOND, MC.; CASTILHO, JCM.; MORAES, LC. Estimativa do Surto de Crescimento Puberal pela Avaliação das Vértebras Cervicais em Radiografias Cefalométricas Laterais. **Ortodontia**, São Paulo, v. 34, n. 1, p. 51-60, 2001.

BACCETTI, T.; FRANCHI, L.; McNAMARA Jr., J. A. An improved version of the cervical vertebral maturation (CVM) method for the assessment of mandibular growth. **Angle Orthod.**, Appleton, v. 72, no.4, p. 316-323, Aug. 2002.

BACCETTI, T.; FRANCHI, L.; MCNAMARA Jr., J. A. The cervical vertebral maturation (CVM) method for the assessment of optimal treatment timing in dentofacial orthopedics. **Semin. Orthod.**, Philadelphia, v. 11, no. 3, p. 119-129, Sept. 2005.

BALLRICK, JW. et al. Image distortion and spatial resolution of a commercially available cone-beam computed tomography machine. **Am. J. Orthod. Dentofacial. Orthop.**, St. Louis, v.134, no. 4, p.573-82, Oct. 2008.

BERCO, M. et al. Accuracy and reliability of linear cephalometric measurements from cone-beam computed tomography scans of a dry human skull. **Am. J. Orthod. Dentofacial. Orthop.**, St. Louis, v.136, no. 1, p.1-9, Jul. 2009.

BERGENSEN, E.O. Enlargement and distortion in cephalometric radiography: compensation tables for linear measurements. **Angle Orthod.**, Appleton, v. 50, no.3, p. 230-244, Jul. 1980.

BISSOLI, CF. et al. Importancia y aplicación del sistema de tomografía computadorizada Cone Beam (CBCT). **Acta Odontol. Venezolana**, Caracas, v. 45, no. 4, 2007.

BROADBENT, B. H.; GOLDEN, W. H. The value of an assessment of skeletal maturity in orthodontic diagnosis. **Am. J. Phys. Anthropol.**, Philadelphia, v. 34, no. 3, p. 409-410, 1971.

BROOKS, S.L. Computed tomography. **Dent. Clin. North Am. Dent.**, Philadelphia, v. 37, no. 4, p. 575-590, Oct. 1993.

BROWN, A.A. et al. Linear accuracy of cone beam CT derived 3D images. **Angle Orthod.**, Appleton, v. 79, no.1, p. 150-157, Jan. 2009.

CATTANEO, P.M. et al. Comparison between conventional and cone-beam computed tomography-generated cephalograms. **Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop.**, St. Louis, v.134, no. 6, p.798-802, Dec. 2008.

EKLÖF, O., RINGERTZ, H. A Method for assessment of skeletal maturity. **Ann. Radiol.**, Paris, v. 10, no. 3, p. 330-336, 1967.

FARMAN, A.G. ALARA. Still applies. **Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol. Endod.**, St. Louis, v. 100, no. 4, p. 395-397, Oct. 2005.

FARMAN, A.G.; SCARFE, W.C. Development of imaging selection criteria and procedures should precede cephalometric assessment with cone-beam computed tomography. **Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop.**, St. Louis, v.130, no. 2, p.257-265, 2006.

FISHMAN, L. S. Radiographic evaluation of skeletal maturation, a clinically oriented study based on hand-wrist films. **Angle Orthod.**, Appleton, v. 52, no. 2, p. 88-112, Apr. 1982.

FLORES-MIR C. et al. Use of skeletal maturation based on hand-wrist analysis as a predictor of facial growth: a systematic review. **Angle Orthod.**, Appleton, v. 74, no. 1, p. 118-124, Feb. 2004.

FLORES-MIR, C. et al. Correlation of skeletal maturation stages determined by cervical vertebrae and hand-wrist evaluations. **Angle Orthod.**, Appleton, v. 76, no. 1, p. 1-5, Jan. 2006.

FRANCHI, L.; BACCETTI, T.; McNAMARA, J. A. Jr. Mandibular growth as related to cervical maturation and body height. **Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop.**, St. Louis, v. 118, no. 4, p. 253-75, Sept. 2000.

GARIB, D.G. et al. Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico (Cone-Beam): Entendendo este Novo Método de Diagnóstico por Imagem com Promissora Aplicabilidade na Ortodontia. **Rev. Dental Press Ortod. Ortop. Facial**, Maringá, v. 12, n. 2, p. 139-56, mar./abr. 2007.

GENEROSO, R. Estudo da Correlação entre a Idade Cronológica e a Maturação das Vértabras Cervicais em Pacientes em Fase de Crescimento Puberal. **Rev. Dental Press Ortod. Ortop Facial**, Maringá, v. 8, n. 4, p. 19-36, jul./ago. 2003.

GIBBS, S.J. Effective dose equivalent and effective dose: comparison for common projections in oral and maxillofacial radiology. **Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol. Endod.**, St. Louis, v. 09, no. 4, p. 538-45, 2000.

GRAVE, K. C. Timing of facial growth: a study of relations with stature and ossification in the hand around puberty. **Aust. Orthod. J.**, Brisbane, v. 3, p. 117-122, 1973.

GRAVE, K. C. Physiological indicators in orthodontic diagnosis and treatment planning. **Aust. Orthod. J.**, Brisbane, v. 5, p. 114-122, 1978.

GRAVE, K.C.; TOWNSEND, G. Cervical vertebral maturation as a predictor of the adolescent growth spurt. **Aust. Orthod. J.**, Brisbane, v. 19, p. 25-32, 2003.

HASSEL, B.; FARMAN, A. G. Skeletal maturation evaluation using cervical vertebrae. **Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop.**, St. Louis, v. 107, no. 1, p. 58-66, Jan. 1995.

HATCHER, D.C.; ABOUDARA, C.L. Diagnosis goes digital. **Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop.**, St. Louis, v. 125, no. 4, p. 512-515, Apr. 2004.

HILGERS, M. L. et al. Accuracy of linear temporomandibular joint measurements with cone beam computed tomography and digital cephalometric radiography. **Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop.**, St. Louis, v. 128, no. 6, p. 803-811, Dec. 2005.

KOBAYASHI, K. et al. Accuracy in measurement of distance using limited cone-beam computerized tomography. **Int. J. Oral Maxillofac. Implants**, Lombard, v. 19, no. 2, p. 228-31, 2004.

KUCUKKELES, N. et al. Comparisons between cervical vertebrae and hand-wrist maturation for the assessment of skeletal maturity. **J. Clin. Pediatr. Dent.**, Birmingham, v. 24, no. 1, p. 47-52, 1999.

KUMAR, V. et al. comparison of conventional and cone beam ct synthesized cephalograms. **Dentomaxillofac. Radiol.**, Tokyo, v. 36, no. 5, p. 263-9, Jul. 2007.

KUMAR, V. et al. In vivo comparison of conventional and cone beam ct synthesized cephalograms. **Angle Orthod.**, Appleton, v. 78, no. 5, p. 873-9, Sep. 2008.

LAMICHANE, M. et al. Accuracy of reconstructed images from cone-beam computed tomography scans. **Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop.**, St. Louis, v.136, 156.e1-156.e6, Aug. 2009.

LAMPARSKI, D. G. **Skeletal Age Assessment Utiling Cervical Vertebrae.** Pittsburgh, Penn: Department of Orthodontics, The University of Pittsburgh, 1972.

LUDLOW, J.B.; DAVIES-LUDLOW, L.E.; BROOKS, S.L. Dosimetry of two extraoral direct digital imaging devices: newtom cone beam ct and orthophos plus ds panoramic unit. **Dentomaxillofac. Radiol.**, Tokyo, v. 32, no. 4, p. 229-34, Jul. 2003.

LUDLOW, J.B. et al. Dosimetry of 3 cbct devices for oral and maxillofacial radiology: cb Mercuray, newtom 3G and I-cat. **Dentomaxillofac. Radiol.**, Tokyo, v. 35, no.5, p. 392, Sep. 2006.

LUDLOW, J. B. et al. Accuracy of measurements of mandibular anatomy in cone beam computed tomography images. . **Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol. Endod.**, St. Louis, v. 103, no. 4, p. 534-42, 2007.

MAH J.K. et al. Radiation absorbed in maxillofacial imaging with a new dental computed tomography device. **Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol. Endod.**, St. Louis, v. 96, no. 4, p. 508-13, 2003.

MAKI, K. et al. Computer-assisted simulations in orthodontic diagnosis and the application of a new cone beam x-ray computed tomography. **Orthod. Craniofac. Res.**, Oxford, v. 6, suppl. 1, p. 95-101, 2003.

MARTINS, J.C.; SAKIMA, T. Considerações sobre a Previsão do Surto de Crescimento Puberal. **Ortodon.**, São Paulo, v. 10, n. 6, p. 164-170, set./dez. 1977.

MISCH, K. A.; YI, E. S.; SARMENT, D. P. Accuracy of cone beam computed tomography for periodontal defect measurements. **J. Periodontol.**, Chicago, v. 77, no. 7, p. 1261-1266, July 2006

MITO, T.; SATO, K.; MITANI, H. Cervical vertebral bone age in girls. **Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop.**, St. Louis, v. 122, no. 4, p. 380-385, Oct. 2002.

MOSHIRI, M., et al. Accuracy of linear measurements from imaging plate and lateral cephalometric images derived from cone-beam computed tomography. **Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop.**, St. Louis, v. 132, no. 4, p. 550-60, Oct 2007.

MOZZO, P., et al. A new volumetric ct machine for dental imaging based on the cone-beam technique: preliminary results. **Eur. Radiol.**, Berlin, v. 8, no. 9, p. 1558-64, 1998.

O'REILLY, M.; YANNIELLO, G. J. Mandibular growth changes and maturation of cervical vertebrae: a longitudinal cephalometric study. **Angle Orthod.**, Appleton, v. 58, no. 2, p. 119-184, Apr. 1988.

ORTOLANI, C.F. Pergunte a um Expert. **R. Clin. Ortodon. Dental Press**, Maringá, v. 4, n. 1, p.7-14, 2005.

PARKS, E.T. Computed tomography applications for dentistry. **Dent. Clin. North Am.**, Philadelphia, v. 44, no.2, p. 371-394, Apr. 2000.

PECK J.L., et al. Mesiodistal root angulation using panoramic and cone beam ct. **Angle Orthod.**, Appleton, v. 77, no. 2, p. 206-13, Mar 2007.

PEREIRA, C.B., MUNDSTOCK, C.A., BERTHOLD, T.B. **Introdução à Cefalometria Radiográfica**. São Paulo. Ed. Pancast; 1998. 260 p.

PERIAGO, DR., et al. Linear accuracy and reliability of cone beam ct derived 3-dimensional images constructed using an orthodontic volumetric rendering program. **Angle Orthod.**, Appleton, v. 78, no. 3, p. 387-395, May. 2008.

SAN ROMÁN, P. et al. Skeletal maturation determined by cervical vertebrae development. **Eur. J. Orthod.**, Oxford, v. 24, no. 3, p. 303-311, June 2002.

SANTOS, S. C.; et al. Avaliação de um Método de Determinação do Estágio de Maturação Esquelética Utilizando as Vértebras Cervicais Presentes nas Telerradiografias em Norma Lateral. **Rev. Dent. Press Ortod. Ortop. Facial**, Maringá, v. 3, n. 3, p. 67-77, maio/jun. 1998.

SANTOS, S. C. B. N.; ALMEIDA, R. R. Estudo Comparativo de Dois Métodos de Avaliação da Idade Esquelética Utilizando Telerradiografias em Norma Lateral e Radiografias Carpais. **Ortodon.**, São Paulo, v. 32, n.2, p. 33-45, maio/ago. 1999.

SANTOS, E. C. A. et al. Avaliação da Reprodutibilidade do Método de Determinação da Maturação Esquelética por Meio das Vértebras Cervicais. **Rev. Dent. Press Ortod. Ortop. Facial**, Maringá, v. 10, n. 2, p. 62-68, mar./abr. 2005.

SCAF, G. et al. Dosimetry and cost of imaging osseointegrated implants with film-based and computed tomography. **Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol. Endod.**, St. Louis, v. 83, no. 1, p. 41-8, 1997.

SCARFE, W.C.; FARMAN, A.G.; SUKOVIC, P. Clinical applications of cone-beam computed tomography in dental practice. **J. Can. Dent. Assoc.**, Ottawa, v. 72, no. 1, p. 75-80, 2006.

SHI, H.; SCARFE, W.; FARMAN, A. Three-dimensional reconstruction of individual cervical vertebrae from cone-beam computed-tomography images. **Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop.**, St. Louis, v. 131, no. 3, p. 426-432, Mar. 2007.

SUKOVIC, P. Cone beam computed tomography in craniofacial imaging. **Orthod. Craniofac. Res.**, Los Angeles, v. 6, no. 1, p. 31-36, July 2003

TSIKLAKIS, K. et al. Dose reduction in maxillofacial imaging using low dose cone beam ct. **Eur. J. Radiol.**, Oxford, v. 56, p. 413-417, 2005.

VAN VLIJMEN, O.J. Comparison of cephalometric radiographs obtained from cone-beam computed tomography scans and conventional radiographs. **J. Oral Maxillofac. Surg.**, Philadelphia, v. 67, no. 1, p. 92-7, 2009.

WHAITES, E. **Princípios de Radiologia Odontológica**. São Paulo: Ed Artmed; 2003. 444 p.

WINTER, A.A. et al. Cone beam volumetric tomography vs. medical ct scanners. **N. Y. State Dent. J.**, New York, v. 71, no. 4, p. 28-33, Jun-Jul. 2005.

**APÊNDICE A**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE ODONTOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE CIRURGIA E ORTOPEDIA  
ESPECIALIZAÇÃO EM ORTODONTIA

**Termo de Consentimento Informado****Prezado(a) Senhor(a):**

Tendo em vista a pequena quantidade de trabalhos sobre o assunto disponível na literatura e por acreditarmos que a tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) pode incrementar o diagnóstico ortodôntico, a presente pesquisa tem o objetivo de analisar e comparar o estágio de maturação esquelética através do método das vértebras cervicais em exames radiográficos convencionais e em exames de TCFC. Esses exames fazem parte da documentação inicial necessária para o planejamento do tratamento ortodôntico. Portanto, solicitamos a sua permissão para utilizar os seus exames por imagem nesse estudo.

Pelo presente consentimento informado, declaro que fui esclarecido de forma clara e detalhada:

- da garantia de receber resposta a qualquer pergunta ou esclarecimento a qualquer dúvida a cerca dos procedimentos, riscos ou benefícios e outros assuntos relacionados com a pesquisa;
- da segurança de que não serei identificado e que se manterá o caráter confidencial das informações relacionadas com a minha privacidade;
- da liberdade de retirar meu consentimento informado, a qualquer momento, e deixar de participar do estudo, sem que isso traga qualquer prejuízo à continuação do meu tratamento.

Porto Alegre, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 200\_\_\_\_\_.

Eu, \_\_\_\_\_  
recebi as orientações necessárias para entender o presente estudo, assim como li a informação do mesmo.

Em caso de qualquer dúvida, os pacientes são orientados a entrar em contato com o pesquisador responsável, Dra. Karina Santos Mundstock, ou o executor deste trabalho, Dr. Fabrício Sanches Fernandes, na Faculdade de Odontologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (telefone 3308-5201). Uma Cópia do Consentimento Informado ficará com o paciente.

\_\_\_\_\_  
Paciente e/ou Responsável

\_\_\_\_\_  
Pesquisador

## APÊNDICE B

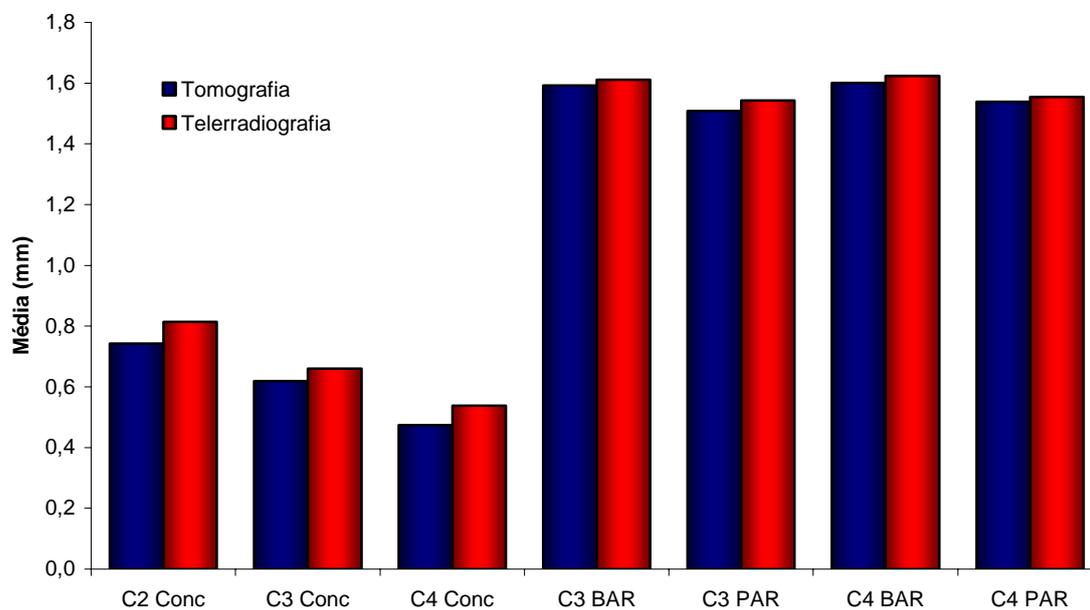
Tabela de coleta de dados.

Paciente	C2 Conc	C3 Conc	C4 Conc	C3 BAR	C3 PAR	C4 BAR	C4 PAR	CS
1.				lp-la= ua-la=_____ BAR=	up-lp= ua-la=_____ PAR=	lp-la= ua-la=_____ BAR=	up-lp= ua-la=_____ PAR=	
2.				lp-la= ua-la=_____ BAR=	up-lp= ua-la=_____ PAR=	lp-la= ua-la=_____ BAR=	up-lp= ua-la=_____ PAR=	
3.				lp-la= ua-la=_____ BAR=	up-lp= ua-la=_____ PAR=	lp-la= ua-la=_____ BAR=	up-lp= ua-la=_____ PAR=	
4.				lp-la= ua-la=_____ BAR=	up-lp= ua-la=_____ PAR=	lp-la= ua-la=_____ BAR=	up-lp= ua-la=_____ PAR=	
5.				lp-la= ua-la=_____ BAR=	up-lp= ua-la=_____ PAR=	lp-la= ua-la=_____ BAR=	up-lp= ua-la=_____ PAR=	
6.				lp-la= ua-la=_____ BAR=	up-lp= ua-la=_____ PAR=	lp-la= ua-la=_____ BAR=	up-lp= ua-la=_____ PAR=	
7.				lp-la= ua-la=_____ BAR=	up-lp= ua-la=_____ PAR=	lp-la= ua-la=_____ BAR=	up-lp= ua-la=_____ PAR=	
8.				lp-la= ua-la=_____ BAR=	up-lp= ua-la=_____ PAR=	lp-la= ua-la=_____ BAR=	up-lp= ua-la=_____ PAR=	
9.				lp-la= ua-la=_____ BAR=	up-lp= ua-la=_____ PAR=	lp-la= ua-la=_____ BAR=	up-lp= ua-la=_____ PAR=	
10.				lp-la= ua-la=_____ BAR=	up-lp= ua-la=_____ PAR=	lp-la= ua-la=_____ BAR=	up-lp= ua-la=_____ PAR=	

## APÊNDICE C

Gráfico 1

Comparação entre a Tomografia e a Telerradiografia



## APÊNDICE D

Gráfico 2

Comparação das porcentagens de casos em que a Telerradiografia é superior à Tomografia; Telerradiografia é inferior à Tomografia; Telerradiografia é igual à Tomografia

