

Influência do tamanho do voxel na capacidade diagnóstica da tomografia computadorizada de feixe cônico para detecção de fraturas radiculares longitudinais em dentes com tratamento endodôntico e protético

Saulo Leonardo Sousa Melo



**SAULO LEONARDO SOUSA MELO**

INFLUÊNCIA DO TAMANHO DO VOXEL NA CAPACIDADE  
DIAGNÓSTICA DA TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA DE FEIXE  
CÔNICO PARA DETECÇÃO DE FRATURAS RADICULARES  
LONGITUDINAIS EM DENTES COM TRATAMENTO  
ENDODÔNTICO E PROTÉTICO

Florianópolis

2010



**SAULO LEONARDO SOUSA MELO**

INFLUÊNCIA DO TAMANHO DO VOXEL NA CAPACIDADE  
DIAGNÓSTICA DA TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA DE FEIXE  
CÔNICO PARA DETECÇÃO DE FRATURAS RADICULARES  
LONGITUDINAIS EM DENTES COM TRATAMENTO  
ENDODÔNTICO E PROTÉTICO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Santa Catarina como parte dos requisitos para a obtenção do título de mestre em Odontologia – Área de Concentração em Radiologia Bucomaxilofacial

Orientador: Prof. Dr. Márcio Corrêa  
Co-orientador: Prof. Dr. Eduardo A. Bortoluzzi

Florianópolis

2010

Catálogo na fonte pela Biblioteca Universitária da  
Universidade Federal de Santa Catarina

M528i Melo, Saulo Leonardo Sousa  
Influência do tamanho do voxel na capacidade diagnóstica da tomografia computadorizada de feixe cônico para detecção de fraturas radiculares longitudinais em dentes com tratamento endodôntico e protético [dissertação] / Saulo Leonardo Sousa Melo; orientador, Márcio Corrêa. - Florianópolis, SC, 2010.

103 f.: il., tabs.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências da Saúde.  
Programa de Pós-Graduação em Odontologia.

Inclui referências

1. Odontologia. 2. Tomografia computadorizada de feixe cônico. 3. Diagnóstico por imagem. 4. Raiz dentária. 5. Fraturas dos dentes. 6. Materiais restauradores do canal radicular. I. Corrêa, Márcio. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Odontologia. III. Título.

CDU 616.314

SAULO LEONARDO SOUSA MELO

**Influência do tamanho do voxel na capacidade diagnóstica da tomografia computadorizada de feixe cônico para detecção de fraturas radiculares longitudinais em dentes com tratamento endodôntico e protético**

Esta dissertação foi julgada adequada para obtenção do título de “Mestre em Odontologia”, área de concentração Radiologia Bucomaxilofacial, e aprovada em sua forma final pelo Curso de Pós-Graduação em Odontologia.

Florianópolis, 04 de Fevereiro de 2010

Prof. Dr. Ricardo de Sousa Magini  
*Coordenador do curso*

**BANCA EXAMINADORA**

Prof. Dr. Márcio Corrêa  
*Orientador*  
*Presidente da Banca Examinadora*

Prof. Dr. Eduardo Antunes Bortoluzzi  
*Co-orientador*  
*Membro Suplente*

Prof. Dr. Murillo José Nunes de Abreu Jr.  
*Membro*

Prof. Dr. Paulo Sérgio Flores Campos  
*Membro*



*Dedico este trabalho*

*À minha família - Izabel, Etevaldo e Laís - pelo exemplo de vida e dedicação, e pelo apoio incondicional.*

*À Profa Dra Maria de Fátima B. Melo, presença constante no meu crescimento profissional e pessoal.*





Ao **Prof Dr Márcio Corrêa**, pela receptividade, disponibilidade e paciência na orientação deste trabalho, como também pela dedicação e generosidade como professor. Tu és responsável por grande parte do meu desenvolvimento científico. Muito obrigado!

Ao **Prof Dr Eduardo Bortoluzzi**, pela contribuição, apoio e disponibilidade, possibilitando o desenvolvimento desta pesquisa.

Ao **Prof Dr José Eduardo Corrente**, da UNESP - Botucatu, responsável pela análise estatística deste trabalho.

Ao **Prof James Bryan**, examinador da Cambridge University, pelas correções da versão em inglês.

Ao **Prof Dr Murillo Abreu Jr** e à **Profa Dra Liliane Grandó**, professores da área de concentração em Radiologia, do Programa de Pós-Graduação em Odontologia, pelos conhecimentos transmitidos ao longo do curso.

Aos professores da disciplina de Radiologia Odontológica, **Profa Ines Vilain** e **Prof Edemir Costa**.

Aos professores do departamento de Patologia Oral, **Prof Dr Filipe Modolo**, **Profa Dra Elena Rivero** e **Profa Dra Maria Inês Meurer**.

À **Prof Dra Izabel Almeida** e família, pelo acolhimento e carinho.

Aos demais professores do Programa de Pós-Graduação em Odontologia. Em especial à **Prof Dra Mabel Cordeiro**.

À secretária da Pós-Graduação, **Ana Maria Frandolozo**, à secretária da Radiologia, **Zulenir**, e aos técnicos do ambulatório de Radiologia, pela atenção e auxílios prestados.

À **Universidade Federal de Santa Catarina**, em especial, ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia, pela oportunidade de realização deste Curso.

À **Anne Oenning**, pela amizade verdadeira. Você nem imagina o quão importante foi nessa jornada em terras catarinas!

Aos amigos da pós-graduação, por todos os bons momentos passados juntos nesta trajetória. Em especial a **Karen Waltrick, Pâmela Ribas, Tatiana Ambros, Bianca Zimmermann, Thaísa Triches, Marcos Ximenes e Juliana Brunetto**.

Aos alunos da graduação em Odontologia da UFSC, **turmas 2006/2, 2007/1, 2007/2 e 2008/1**. Em especial ao graduando **Guilherme Salum**, monitor e orientado na disciplina de Radiologia.

À **Dra Leticia Ruhland Corrêa**, responsável pela Clínica Márcio Corrêa Radiologia Odontológica, pela disponibilidade e apoio, permitindo a utilização do tomógrafo, tornando possível esta pesquisa.

Ao **Prof Dr Paulo Flores** e família, pela amizade e confiança, sempre.

Aos professores do curso de especialização em Radiologia Oral da Universidade Federal da Bahia, em especial à **Profa Dra Ieda Crusó Rebello** e à **Profa Daniela Pita**.

Aos professores do curso de graduação em Odontologia da Universidade Federal de Sergipe e ao **Prof Dr Gustavo Barreto**.

À **Lucy Melo** e aos funcionários do **Centro de Imagem em Odontologia de Sergipe**, que torceram e acompanharam meu aprendizado.

Aos amigos que conquistei: **Vanessa Thiesen, Igor Gois, Michelle Kaster, Daieni Varela, Celso Ferrari, Karen Melina e Tomás Ferrari**.

Aos familiares e “velhos” amigos, presentes em todos os momentos. Em especial a **Raquel, Francisco, Ana Thaís, Elyne,**

**Patrícia, Francis, Amanda, Karina, Andréa, Ricardo, Vera, Antônio  
Hermes e Karine Baldow.**

À Aparecida Sousa (**Tita**) e Dejanira Souza (**Vó Deja**), *in  
memorian.*



*"Se você quer transformar o mundo, experimente primeiro promover o seu aperfeiçoamento pessoal e realizar inovações no seu próprio interior. Estas atitudes se refletirão em mudanças positivas no seu ambiente familiar. Deste ponto em diante, as mudanças se expandirão em proporções cada vez maiores. Tudo o que fazemos produz efeito, causa algum impacto."*

*Dalai Lama*



MELO SLS. Influência do tamanho do voxel na capacidade diagnóstica da tomografia computadorizada de feixe cônico para detecção de fraturas radiculares longitudinais em dentes com tratamento endodôntico e protético. 2010. 103f. Dissertação (Mestrado em Radiologia Bucomaxilofacial) – Programa de Pós-Graduação em Odontologia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

## RESUMO

Este estudo avaliou a capacidade diagnóstica da tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) para detecção de fraturas radiculares longitudinais (FRL) e investigou a interferência da presença de guta-percha e núcleo metálico no diagnóstico de FRL, assim como a influência do tamanho do voxel. Para isso, 180 dentes tratados endodonticamente foram divididos em 3 grupos experimentais (*Ae*, *Be* e *Ce*) e 3 grupos controle (*Ac*, *Bc* e *Cc*) e posicionados em um crânio seco humano. Os dentes dos grupos experimentais foram fraturados artificialmente. Os grupos *Be* e *Bc* foram preenchidos com cones de guta-percha. Os grupos *Ce* e *Cc* receberam núcleos metálicos. Todos os dentes foram escaneados em um equipamento de TCFC, de acordo com dois protocolos de resolução do voxel (0.3- e 0.2-mm). Um examinador calibrado avaliou as imagens no *software* nativo do equipamento. A concordância intra-observador encontrada no teste Kappa foi em torno de 0.84 e 0.93 para a resolução 0.3 mm e 0.2mm, respectivamente. Os valores da especificidade foram similares para as duas resoluções avaliadas. Por outro lado, os valores da sensibilidade foram maiores na resolução de 0.2-mm e apresentaram diferença estatística nos grupos A ( $p = 0.0264$ ), B ( $p = 0.0002$ ), A + B ( $p < 0.0001$ ) e A + B + C ( $p < 0.0001$ ). A presença de guta-percha ou núcleo metálico reduziu a



sensibilidade e especificidade em ambas as resoluções, mas sem diferença estatisticamente significativa. Portanto, conclui-se que a TCFC é um método confiável para avaliação da presença de FRL, sendo a resolução do voxel de 0.2-mm a mais indicada.

**DESCRITORES:** tomografia computadorizada de feixe cônico, diagnóstico por imagem, raiz dentária, fraturas dos dentes, materiais restauradores do canal radicular.

MELO SLS. Effect of voxel size in the diagnostic ability of cone beam computed tomography to assess longitudinal root fractures in endodontically and prosthetically treated teeth. 2010. 103f. Dissertação (Mestrado em Radiologia Bucomaxilofacial) – Programa de Pós-Graduação em Odontologia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

## ABSTRACT

This study evaluated the diagnostic ability of a cone-beam computed tomography (CBCT) system in assessing longitudinal root fractures (LRF) as well as the interference of gutta-percha and cast-gold post on LRF visibility. The influence of voxel size on the diagnostic ability was also assessed. 180 endodontically prepared teeth were divided into 3 experimental (*Ae*, *Be* and *Ce*) and 3 control (*Ac*, *Bc* and *Cc*) groups and placed in a dry human skull. The teeth in the experimental groups were artificially fractured. Groups *Be* and *Bc* were filled with gutta-percha cones. Groups *Ce* and *Cc* were filled with cast-gold post. All the teeth were viewed through a tomography scan following two voxel resolution protocols (0.3- and 0.2-mm). A calibrated examiner, blinded to the protocol, assessed the images using the nominated scan software. The kappa values obtained for intraobserver reproducibility were above 0.84 and 0.93 for 0.3-mm and 0.2-mm voxel resolution, respectively. The CBCT specificity values were similar and did not depend on the voxel resolution adopted. On the other hand, the sensitivity values were significantly higher for 0.2-mm voxel resolution in A ( $p = 0.0264$ ), B ( $p = 0.0002$ ), A + B ( $p < 0.0001$ ) and A + B + C groups ( $p < 0.0001$ ). The presence of gutta-percha or cast-gold posts reduces the overall sensitivity and specificity in both voxel resolutions, but with no

significant association. It was concluded that the CBCT is a reliable method for the investigation of LRF, and a 0.2-mm voxel resolution appeared to be the best protocol.

**KEY-WORDS:** cone-beam computed tomography, diagnostic imaging, tooth root, tooth fractures, root canal filling materials.

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	21
2 ARTIGO.....	31
2.1 Artigo para publicação – versão em português.....	33
2.2 Artigo para publicação – versão em inglês.....	49
3 BIBLIOGRAFIA CONSULTADA.....	63
APÊNDICES.....	67
A. Metodologia expandida.....	69
B. Banco de dados.....	76
C. Matrizes de calibração.....	84
D. Termo de consentimento livre e esclarecido.....	85
ANEXOS.....	89
A. Parecer Consubstanciado do Comitê de Ética e Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de Santa Catarina.....	91
B. Normas utilizadas na formatação do artigo: Journal of Endodontics.....	92
C. Relação de outros trabalhos publicados ou enviados para publicação durante o Mestrado.....	99
D. Normas do Programa de Pós-Graduação em Odontologia.....	102



# *Introdução*

---



# 1 INTRODUÇÃO

As fraturas radiculares são alterações da estrutura dentária com rompimento radicular que podem envolver cimento, dentina e polpa. Elas são relativamente incomuns entre os traumas dentários, compreendendo de 0,5 a 7% das lesões que acometem a dentição permanente (ANDREASEN, 1970; FUSS, LUSTIG, TAMSE, 1999).

Dependendo da sua direção em relação ao longo eixo dentário, as fraturas radiculares podem ser classificadas em horizontais ou longitudinais. As fraturas horizontais apresentam direção perpendicular ao longo eixo do dente e são normalmente causadas por trauma envolvendo a dentição anterior de pacientes jovens do gênero masculino (CHAN *et al.*, 1999). Por outro lado, as fraturas longitudinais se estendem ao longo do comprimento radicular, podendo originar-se na região apical ou na porção coronal. Este tipo de fratura pode ocorrer em qualquer dente e normalmente é causada por forças excêntricas durante a oclusão ou por iatrogenia, como resultado de sucessivas restaurações em dentes vitais, da pressão exercida durante a obturação do canal radicular ou da adaptação deficiente de núcleos intra-radiculares (YEH, 1997; YOUSSEFZADEH *et al.*, 1999; COHEN, BLANCO, BERMAN, 2003). O estudo de Cohen, Blanco e Berman (2003) mostrou que 91% das fraturas foram provocadas por planejamento incorreto dos núcleos metálicos ou por seleção inadequada do dente para pilar protético. Nota-se ainda que a incidência de fraturas longitudinais está aumentando como resultado da maior longevidade dos pacientes, com manutenção dos dentes na boca por mais tempo e a consequente suscetibilidade a tratamentos odontológicos mais complexos (MORA *et al.*, 2007).

O diagnóstico precoce dos dentes fraturados é vital para evitar danos extensos aos tecidos de suporte, pois seu prognóstico é sombrio e em muitos casos a extração é a única opção de tratamento possível (COHEN, BLANCO, BERMAN, 2003; MORA *et al.*, 2007). Contudo, a detecção das fraturas radiculares é um grande desafio durante os exames iniciais, imediatamente após o trauma, já que os sintomas são variáveis e inespecíficos (MORA *et al.*, 2007). O paciente pode apresentar dor de intensidade variada, mobilidade dentária, aumento de volume local, bolsa periodontal localizada ou fístula (CHAN *et al.*, 1999; YOUSSEFZADEH *et al.*, 1999; COHEN, BLANCO, BERMAN, 2003; HANNING *et al.*, 2005). Devido à dificuldade de se obter o diagnóstico da fratura pelos sinais e sintomas, muitas vezes ele só é alcançado por meios cirúrgicos, com visualização direta, necessitando a



remoção da crista óssea alveolar para exposição da área afetada, o que caracteriza este método de diagnóstico como invasivo.

As radiografias intrabuciais convencionais são o método auxiliar mais utilizado no processo de elaboração do diagnóstico de fraturas dentárias (KAMBUROGLU, CEBECI, GRÖNDAHL, 2009). Elas são adequadas para avaliação da coroa e raiz dentárias e estruturas vizinhas (BERNARDES *et al.*, 2009). Entretanto, como são imagens bidimensionais de estruturas anatômicas tridimensionais, a sobreposição das estruturas adjacentes pode prejudicar a visualização das fraturas radiculares, limitando a sensibilidade da técnica para detecção deste tipo de alteração patológica (BERNARDES *et al.*, 2009). Ademais, o diagnóstico de fraturas radiculares pode ser difícil porque normalmente os únicos sinais radiográficos são radiolucências apicais e laterais inespecíficas (TAMSE *et al.*, 2006), especialmente quando os segmentos da fratura estão justapostos e sem separação por edema ou tecido de granulação (TSESIS *et al.*, 2008; KAMBUROGLU, CEBECI, GRÖNDAHL, 2009). Por outro lado, quando os fragmentos radiculares estão separados, a rarefação óssea comumente envolve toda a raiz (COHEN, BLANCO, BERMAN, 2003).

Além da separação dos segmentos, a detecção radiográfica das fraturas radiculares depende ainda da orientação do traço da fratura, visto que uma limitação das radiografias intrabuciais no diagnóstico de fratura radicular é a ausência de sinal radiográfico quando o feixe de raios-x não incide paralelo ao plano da fratura (NAIR *et al.*, 2001). Logo, a aquisição de duas ou mais radiografias com variação na angulação horizontal ou vertical é uma alternativa recomendada para melhor visualização de fraturas radiculares, uma vez que a visualização da linha radiolúcida decorrente da fratura é o único achado explícito para sua detecção (FLORES *et al.*, 2007).

Na última década, a radiografia digital se tornou uma alternativa à radiografia convencional. Kositbowornchai *et al.* (2001) e Tsesis *et al.* (2008) compararam a radiografia intrabucal digital direta e convencional por filme, quanto à eficácia na detecção de fraturas radiculares experimentais, e concluíram que elas foram equivalentes. Provavelmente, esta equivalência se deva ao fato da natureza bidimensional das radiografias convencionais ser comum às imagens digitais. No entanto, as vantagens do sistema digital – menor exposição do paciente à radiação, possibilidade de manipulação da imagem durante a interpretação, otimização do tempo, redução dos danos ambientais e eliminação dos custos com processamento – justificam sua

adoção como exame complementar inicial (WENZEL, GRÖNDAHL, 1995).

A deficiência das imagens intrabucais em demonstrar adequadamente as fraturas radiculares indica a necessidade de sistemas de diagnóstico por imagem alternativos, que permitam uma resolução espacial suficiente em imagens sem sobreposição e independentes da direção da fratura (NAIR *et al.*, 2002; MORA *et al.*, 2007).

Em 1972, Hounsfield e Cormack revolucionaram o diagnóstico por imagem na Medicina com o advento da Tomografia Computadorizada (TC), uma técnica de formação de imagem a partir da associação da radiação x com o computador, direcionando o feixe de radiação em diferentes angulações para obtenção de imagens do objeto em seções (BERNARDES *et al.*, 2009). A aplicação de algoritmos permite a reformatação das imagens nos planos coronal e sagital, assim como imagens volumétricas tridimensionais e ainda possibilita a visualização detalhada dos tecidos moles e duros.

Há muitos anos, a TC vem sendo considerada o procedimento padrão-ouro na aquisição de imagens livres de sobreposições das estruturas bucofaciais. E os achados tomográficos já demonstraram um incremento na detecção de fraturas radiculares em comparação com as radiografias digitais (YOUSSEFZADEH *et al.*, 1999). Entretanto, apesar do aprimoramento dos equipamentos de TC, as principais deficiências quando usados para fins odontológicos continuam, como altas doses de radiação quando comparado com as radiografias convencionais, presença de artefatos, dificuldade na visualização de lesões em fase incipiente, alto custo e a necessidade de amplo espaço físico. (HANNING *et al.*, 2005).

No final da década de noventa pesquisadores italianos (MOZZO *et al.*, 1998) e japoneses (ARAI *et al.*, 1999) desenvolveram, a partir de trabalhos independentes (PATEL *et al.*, 2007), equipamentos tomográficos específicos para o uso odontológico, que realizavam exames computadorizados a partir de um feixe de raios-x de formato cônico. Em 1997, os japoneses criaram o Ortho-CT, um protótipo concebido a partir da substituição do chassi de um equipamento ortopantomográfico multifuncional (Scanora, Soredex – Finlândia) por um intensificador de imagem (ARAI *et al.*, 1999; VANNIER, 2003). O braço rotacional do equipamento girava ao redor da cabeça do paciente adquirindo dados durante os 360° de rotação. Esses dados eram então transferidos para o computador, que reconstruía as imagens nos três planos, com pouca interferência por artefatos. Nos 2 anos seguintes, esse equipamento já havia sido utilizado em aproximadamente 2000 casos,

para avaliação pré- e pós-cirúrgica de dentes impactados, lesões apicais e maxilo-mandibulares (HASHIMOTO *et al.*, 2003). Já o grupo italiano desenvolveu o Newtom – 9000 (Verona – Itália), primeiro tomógrafo de feixe cônico comercializado especialmente para aquisição de imagens dento-maxilo-faciais, lançado em abril de 2001 com a aprovação da FDA (*United State Food and Drug Administration*) (WINTER *et al.*, 2005).

O feixe de raios-x cônico utilizado na tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) gera dados volumétricos, de formato cilíndrico e diretamente relacionado ao FOV (*field of view*) (PATEL *et al.*, 2007). A Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico (TCFC) utiliza equipamentos de FOV amplo, que capturam todo o esqueleto maxilofacial em um campo cilíndrico ou esférico grande, apresentando uma menor resolução espacial. Estes equipamentos permitem que a altura do FOV seja ajustada para limitar a captura à maxila ou mandíbula. Já a tomografia computadorizada de feixe cônico local (TCFC local) utiliza um FOV pequeno, geralmente do tamanho de um filme periapical, e detectores de alta resolução, para exames de pequenas regiões da face, como apenas dois ou três dentes individualmente (HANSEN *et al.*, 2007; PATEL *et al.*, 2007).

O uso da TCFC na Odontologia apresentava inúmeras vantagens em comparação à TC como a natureza isotrópica do voxel, permitindo reconstruções com a mesma qualidade da imagem original; a velocidade da aquisição dos dados (entre 10 e 70 segundos); e a relativa baixa dose de radiação que o paciente era submetido (SCARFE, FARMAN, SUKOVIC, 2006). O voxel isotrópico fornece uma resolução submilimétrica de alta qualidade diagnóstica, onde até mesmo a influência de restaurações metálicas na qualidade da imagem não é substancial (HANNING *et al.*, 2005; MELO *et al.*, 2008). Já com relação à dose de radiação, segundo Chau e Fung (2009), a dose irradiada nas glândulas salivares pela TC (7.49mGy) é 8 vezes maior que pela TCFC (0.96mGy). Entretanto, os equipamentos de TC *multislice* mais modernos também já utilizam voxel isotrópico e permitem a aquisição de dados em tempo inferior a 10 segundos.

Outra característica da TCFC, também presente nos exames por TC, é que a qualidade da imagem e a dose de radiação estão diretamente relacionadas à resolução do voxel ou ao número de imagens base (LIEDKE *et al.*, 2009). É sabido que o uso de poucas imagens base e/ou voxels maiores reduz a qualidade do sinal e aumenta o ruído (MORA *et al.*, 2007). Contudo, já foi observado que uma redução no número de imagens base não prejudicou significativamente a qualidade da imagem

e manteve a acurácia da TCFC local para detecção de cáries proximais (VAN DAATSELAAR *et al.*, 2004) e que o voxel 0.3mm foi equivalente ao voxel 0.2 na detecção de reabsorção radicular externa pela TCFC. (LIEDKE *et al.*, 2009).

Vários estudos confirmam a capacidade diagnóstica das imagens por TCFC. Ela foi superior a radiografia intrabucal convencional e digital na detecção de lesões apicais (HANSEN *et al.*, 2007) e foi comparável à TC na precisão de mensurações lineares (SUOMALAINEN *et al.*, 2008) e na detecção de lesões que acometem estruturas de alto contraste (MISCHKOWSKI *et al.*, 2008). A TCFC apresentou também alta sensibilidade (0.97) e especificidade (0.94) na detecção de reabsorção radicular externa (LIEDKE *et al.*, 2009).

A possibilidade de detecção de fraturas radiculares pela TCFC também já foi demonstrada em diversas oportunidades (MORA *et al.*, 2007; BERNARDES *et al.*, 2009; BORNSTEIN *et al.*, 2009; HASSAN *et al.*, 2009; IKUBO *et al.*, 2009; KAMBUROGLU *et al.*, 2009; WENZEL *et al.*, 2009; HASSAN *et al.*, 2010).

Na tentativa de reduzir a dose de exposição, Mora *et al.* (2007) avaliaram o efeito do número de imagens-base na acurácia da tomografia computadorizada de feixe cônico em detectar fraturas radiculares longitudinais. Para isso, induziram fraturas longitudinais em 30 dos 60 dentes posteriores pertencentes à amostra. O volume de dados foi gerado a partir de 180, 60, 36 e 20 imagens base e avaliados por 10 observadores, que determinaram a presença de fratura e seu ponto mais apical. A redução no número de imagens base de 180 para 60 não resultou em diferença estatisticamente significativa na acurácia diagnóstica, sugerindo que a redução na dose por meio da diminuição do número de imagens base é aceitável.

Bernardes *et al.* (2009) compararam as imagens obtidas de 20 pacientes com dentes tratados endodonticamente, suspeita de fratura radicular e que apresentavam sinais e sintomas pouco específicos, chegando à conclusão que a TCFC era superior às radiografias convencionais no diagnóstico de fraturas radiculares. Contudo, de acordo com os autores, os sinais e sintomas devem ser considerados na elaboração do diagnóstico, já que artefatos gerados por materiais radiopacos podem interferir na visualização da região a ser avaliada.

Já Bornstein *et al.* (2009) compararam radiografias periapicais e oclusais com imagens por CBCT de 44 dentes permanentes, em 38 pacientes, para o diagnóstico de fraturas radiculares em dentes permanentes, avaliando a localização e angulação da linha de fratura. Os autores concluíram que as radiografias intrabucais eram

significativamente inferiores à TCFC local no diagnóstico, localização e angulação das fraturas radiculares.

Hassan *et al.* (2009) avaliaram a acurácia da TCFC em comparação à radiografia intrabucal digital na detecção de fraturas radiculares em dentes tratados e não-tratados endodonticamente. Quatro observadores examinaram as imagens de 80 dentes, que foram preparados endodonticamente e divididos em quatro grupos. Os dentes dos grupos A e B foram fraturados artificialmente e os dentes dos grupos A e C tiveram os canais preenchidos com guta-percha. Os resultados indicaram uma acurácia maior da TCFC em comparação à radiografia intrabucal digital para detecção das fraturas radiculares. Embora a acurácia da TCFC não tenha sido reduzida pela presença de material obturador, sua especificidade foi diminuída. De acordo com os autores, substâncias radiopacas, como guta-percha, criam artefatos em forma de raio nas imagens tomográficas que podem mimetizar linhas de fratura, diminuindo a confiança do observador na elaboração do diagnóstico.

Ikibu *et al.* (2009) investigaram a acurácia diagnóstica da radiografia intrabucal, TC helicoidal multidetector, com espessura de corte de 0,63mm e 1,25mm, e TCFC local para detecção de fraturas radiculares horizontais induzidas em 28 dentes de cão. O diagnóstico de fratura radicular era baseado na visualização direta de linha radiolúcida em cada tipo de imagem. A sensibilidade, valor preditivo negativo e acurácia foram significativamente maiores na TCFC. Já a especificidade e valor preditivo positivo não apresentaram diferença entre as quatro modalidades. Com isso, conclui-se que a TCFC era a mais útil dentre as opções de exame avaliadas para o diagnóstico de fraturas radiculares horizontais.

Kamburoglu *et al.* (2009) compararam a acurácia das radiografias periapicais por filme, CCD e placa de fósforo, assim como a acurácia da tomografia computadorizada de feixe cônico local na detecção de fratura radicular horizontal simulada em dentes humanos extraídos, quando avaliadas por diferentes examinadores. A tomografia computadorizada de feixe cônico foi a técnica mais acurada, com 92% de sensibilidade e 97% de especificidade. Segundo os autores, em condições clínicas reais as fraturas radiculares podem ser mascaradas em exames bidimensionais pela sobreposição de estruturas e artefatos. Entretanto, a TCFC só deve ser considerada quando os exames radiográficos convencionais não fornecerem informações úteis suficientes para o diagnóstico de fraturas radiculares horizontais.

Wenzel *et al.* (2009) compararam a acurácia diagnóstica de um sistema de radiografia intrabucal digital por placa de fósforo e um equipamento de TCFC, nas resoluções de 0,125-mm e 0,25-mm, para detecção de fraturas radiculares transversas induzidas experimentalmente em 69 dentes humanos extraídos. As imagens por TCFC de maior resolução apresentaram sensibilidade e acurácia mais elevadas, sem perda na especificidade, quando comparadas às imagens por TCFC de menor resolução, que não foram mais acuradas que as radiografias intrabucais.

Por fim, Hassan *et al.* (2010) compararam a acurácia de cinco equipamentos de TCFC para detecção de fraturas radiculares verticais, assim como a influência da presença de material intracanal no diagnóstico de fraturas. Para tal, 80 dentes foram preparados endodonticamente, posicionados em uma mandíbula seca e as imagens avaliadas por dois observadores nos três planos anatômicos. Os autores encontraram diferença estatisticamente significativa na acurácia entre os cinco equipamentos e entre os planos anatômicos. Além disso, a presença de material intracanal não influenciou na sensibilidade, mas reduziu a especificidade.

Contudo, nenhum estudo reuniu as diversas variáveis que podem estar presentes em casos reais de dentes fraturados. Como as fraturas radiculares geralmente estão associadas a dentes tratados endodonticamente e reabilitação protética, é importante investigar a influência destes materiais na visibilidade do traço de fratura (HASSAN *et al.*, 2009), assim como é importante a presença de todos os dentes da região a ser examinada para simular o efeito dos dentes adjacentes na formação da imagem (KAMBUROGLU *et al.*, 2009). Além disso, a maioria das pesquisas foi com fraturas muito mais evidentes que as fraturas incipientes encontradas em condições clínicas (NAIR *et al.*, 2002).

Desta forma, este estudo teve por objetivo avaliar a capacidade diagnóstica da tomografia computadorizada de feixe cônico para a detecção de fraturas radiculares e a interferência da guta-percha e do núcleo metálico no diagnóstico destas fraturas. Buscou-se também verificar a influência da resolução do voxel na detecção de fraturas radiculares em imagens desta modalidade de exame.



*Artigo*

---





## 2 ARTIGO

### 2.1 Artigo para publicação – versão em português

A versão em inglês deste artigo foi submetida a apreciação, visando publicação, pelo periódico *Journal of Endodontics*, considerado Qualis A1 pela CAPES.

#### **INFLUÊNCIA DO TAMANHO DO VOXEL NA CAPACIDADE DIAGNÓSTICA DA TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA DE FEIXE CÔNICO PARA DETECÇÃO DE FRATURAS RADICULARES LONGITUDINAIS EM DENTES COM TRATAMENTO ENDODÔNTICO E PROTÉTICO**

Saulo Leonardo Sousa Melo<sup>\*</sup>, Eduardo Antunes Bortoluzzi<sup>†</sup>, Murillo Abreu Jr.<sup>\*</sup>, Leticia Ruhland Corrêa<sup>\*</sup> e Márcio Corrêa<sup>\*</sup>

<sup>\*</sup>Disciplina de Radiologia, Departamento de Odontologia, Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, Brasil.

<sup>†</sup>Disciplina de Endodontia, Departamento de Odontologia, Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, Brasil.

#### **Resumo**

**Introdução:** Este estudo avaliou a capacidade diagnóstica da tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) para detecção de fraturas radiculares longitudinais (FRL) e investigou a interferência da presença de guta-percha e núcleo metálico no diagnóstico destas fraturas, assim como a influência da resolução do voxel.

**Método:** 180 dentes unirradiculares tratados endodonticamente foram divididos em 3 grupos experimentais (*Ae*, *Be* e *Ce*) e 3 grupos controle (*Ac*, *Bc* e *Cc*) e posicionados em um crânio seco humano. Os dentes dos grupos experimentais foram fraturados artificialmente. Os grupos *Be* e *Bc* foram preenchidos com cones de guta-percha. Os grupos *Ce* e *Cc* receberam núcleos metálicos. Todos os dentes foram escaneados em um equipamento de TCFC, de acordo com dois protocolos de resolução do voxel (0.3- e 0.2-mm). Um examinador calibrado avaliou as imagens no *software* nativo do equipamento.

**Resultados:** A concordância intra-observador encontrada no teste Kappa após a calibração foi em torno de 0.84 e 0.93 para a resolução 0.3 mm e 0.2mm, respectivamente. Os valores da especificidade foram similares para as duas resoluções avaliadas. Por outro lado, os valores da

sensibilidade foram maiores na resolução de 0.2-mm e apresentaram diferença estatística nos grupos A ( $p = 0.0264$ ), B ( $p = 0.0002$ ), A + B ( $p < 0.0001$ ) e A + B + C ( $p < 0.0001$ ). De modo geral, a presença de guta-percha ou núcleo metálico reduziu a sensibilidade e especificidade em ambas as resoluções, mas sem diferença estatisticamente significativa.

**Conclusões:** A TCFC é um método confiável para avaliação da presença de FRL, sendo a resolução do voxel de 0.2-mm a mais indicada.

**Descritores:** tomografia computadorizada de feixe cônico, diagnóstico por imagem, raiz dentária, fraturas dos dentes, materiais restauradores do canal radicular.

## Introdução

As fraturas radiculares longitudinais (FRL) podem ocorrer em qualquer dente e geralmente são causadas por forças excêntricas durante a oclusão, sucessivas restaurações em dentes vitais, pressão exercida durante a obturação do canal radicular, planejamento incorreto de núcleos metálicos ou seleção inadequada do dente para pilar protético (1 – 3). A detecção de FRL é um grande desafio durante os exames iniciais, imediatamente após o trauma, já que os sintomas são variáveis e inespecíficos (4). Além disso, o prognóstico dos dentes fraturados é sombrio e, em muitos casos, a extração é a única opção de tratamento possível (3, 4). Por ser um tratamento mutilante, o diagnóstico deve ser preciso, assim como precoce, para evitar danos extensos aos tecidos de suporte.

As radiografias intrabuciais apresentam sensibilidade limitada (47%) para a detecção de FRL devido à sobreposição das estruturas adjacentes, inerentes às técnicas bidimensionais (5). Por outro lado, a tomografia computadorizada (TC) já demonstrou excelente especificidade (100%) e sensibilidade (75%) na detecção de fraturas radiculares em comparação com as radiografias bidimensionais, ressaltando-se que os casos falso-negativos em TC foram por artefatos causados pelo material obturador ou núcleo (2). Apesar do aprimoramento dos equipamentos de TC, as principais limitações quando usados para fins odontológicos continuam, tais como altas doses de radiação, presença de artefatos, dificuldade na visualização de lesões em fase incipiente, alto custo e necessidade de amplo espaço físico (6, 7).

No final da década de noventa, pesquisadores italianos (8) e japoneses (9) desenvolveram, a partir de trabalhos independentes (10), equipamentos tomográficos específicos para o uso odontológico, que realizavam exames computadorizados a partir de um feixe de raios-x de formato cônico centralizado em um sensor, denominada de tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC).

A detecção de fraturas radiculares por meio da TCFC já foi demonstrada por alguns autores (4, 5, 11 – 16). Contudo, nenhum estudo reuniu as diversas variáveis encontradas em condições clínicas do dia-a-dia. As fraturas radiculares geralmente estão associadas a dentes com canal tratado, com ou sem núcleos metálicos intra-canal. A influência destes materiais e a presença de dentes adjacentes ao dente a ser examinado devem ser consideradas nos estudos que avaliam a detecção de fraturas radiculares (12, 14). Além disso, a maioria das pesquisas foi conduzida com fraturas muito mais evidentes do que as fraturas incipientes encontradas em situações clínicas reais (17).

Este estudo se propôs avaliar a capacidade diagnóstica da tomografia computadorizada de feixe cônico para detecção de FRL e investigar a interferência da presença de guta-percha e núcleo metálico no diagnóstico destas fraturas. Buscou-se também verificar a influência da resolução do voxel na detecção de FRL em imagens de desta modalidade de exame.

## **Materiais e Métodos**

Cento e oitenta dentes unirradiculares humanos, extraídos por finalidade terapêutica e após a assinatura do termo de doação, foram inspecionados por transluminação para a confirmação da ausência de fratura radicular. Radiografias periapicais foram obtidas, para eliminação dos dentes com obliteração do canal radicular. Então, foi feita abertura de acesso e os canais foram preparados com o sistema rotatório ProTaper (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça) até a lima F5. A coroa dos dentes foi removida na junção amelocementária, para eliminar qualquer viés de identificação, e os dentes foram divididos em 6 grupos de 30 elementos: três experimentais (*Ae*, *Be* e *Ce*) e três controle (*Ac*, *Bc* e *Cc*).

Cada dente dos grupos experimentais foi revestido por uma camada de cera rosa 7 de 02 mm, para proteger a superfície radicular, e fixado em um mini torno de bancada. A fratura radicular foi induzida segundo descrito por Monaghan et al (18), onde uma cunha metálica cônica com ponta biselada era introduzida apicalmente no canal até

encontrar resistência, induzindo a fratura. Os dentes fraturados foram inspecionados novamente por transluminação para confirmar a presença e a morfologia da fratura. A seguir, os fragmentos foram cuidadosamente reposicionados, para simular uma situação imediatamente após o trauma onde não houve tempo suficiente para que o edema ou tecido de granulação se posicionasse entre os fragmentos (15). Um cone de guta-percha do sistema ProTaper n° F5 bem adaptado foi inserido no canal dos dentes dos grupos *Be* e *Bc* e núcleos metálicos fundidos de liga de ouro tipo III foram confeccionados nos dentes dos grupos *Ce* e *Cc*. Então uma nova radiografia periapical foi obtida, para avaliação da adaptação do cone de guta-percha e do núcleo metálico no canal radicular.

Antes da obtenção das imagens tomográficas, cada dente foi colocado no alvéolo de um incisivo central superior direito em uma maxila dentada de um crânio humano seco. O dente a ser analisado foi sustentado no alvéolo por uma fina camada de cera rosa 7. Além disso, para simular a interferência dos tecidos moles na formação da imagem, o crânio foi recoberto com uma camada de 5mm de espessura de cera rosa 7 (19). As imagens tomográficas foram adquiridas no aparelho i-CAT, com 120kV e 3-8 mA (Imaging Sciences International, Hatfield, PA), de acordo as recomendações do fabricante, seguindo o protocolo de escaneamento da maxila a depender da resolução do voxel desejada: voxel de 0.3mm (FOV de 8cm e 20s de tempo de aquisição) e voxel de 0.2mm (FOV de 8cm e 40s de tempo de aquisição). As imagens foram reconstruídas e analisadas no *software* Xoran CAT (Xoran CAT V.2.0.21, Xoran Technologies, Ann Arbor, MI).

As imagens foram avaliadas por um cirurgião-dentista radiologista, com experiência em diagnóstico por tomografia computadorizada de feixe cônico, previamente calibrado. A calibração consistiu em identificar a existência ou não de fratura radicular em 60 tomografias não pertencentes à amostra do estudo, 30 em resolução 0,3mm e 30 em 0,2mm. Após quinze dias, a mesma avaliação foi repetida. Os resultados das duas observações foram analisados utilizando o teste Kappa, para avaliar a concordância intra-observador. Os resultados observados neste teste foram 0.84 e 0.93 para a resolução 0.3 mm e 0.2mm, respectivamente.

A sensibilidade e a especificidade foram calculadas para todos os dentes em conjunto e, em seguida, para cada grupo pesquisado. A influência do material intra-canal (canal não preenchido, guta-percha ou núcleo metálico) e da resolução do voxel (0.3-mm ou 0.2-mm) na capacidade diagnóstica para a detecção de FRL foi verificada através de

um modelo de regressão logística. A sensibilidade e especificidade das resoluções do voxel para cada variável foram comparadas por meio do teste de comparação de proporções (qui-quadrado). Para a análise dos dados, utilizou-se o programa SAS for Windows (Version 9.1.3; SAS Institute Inc., Cary, NC), considerando-se um nível de significância de 5%.

## Resultados

Na Tabela 1 têm-se os valores de sensibilidade e especificidade para cada resolução do voxel, por grupo de material de preenchimento endodôntico. De uma maneira geral, a presença de guta-percha ou núcleo metálico reduziu a sensibilidade e especificidade em ambas as resoluções, mas sem diferença estatisticamente significativa. Na análise da influência da resolução do voxel na capacidade diagnóstica da TCFC em detectar fratura radicular, os resultados encontrados indicam que a especificidade da TCFC é semelhante, independente da resolução adotada. Por outro lado, a sensibilidade foi significativamente maior na resolução de 0.2-mm nos grupos A ( $p = 0.0264$ ), B ( $p = 0.0002$ ), A + B ( $p < 0.0001$ ) e A + B + C ( $p < 0.0001$ ).

A Figura 1 demonstra artefatos mimetizando linhas de fratura, decorrentes da guta-percha e do núcleo metálico, em cortes axiais de elementos da amostra com fratura radicular semelhante.

## Discussão

A superioridade da TCFC, dentre os exames radiográficos, para o diagnóstico de fratura radicular já foi previamente demonstrada (12 – 14, 20). Contudo, apenas um estudo associou a variação da resolução do voxel e nenhum avaliou a influência da presença de núcleo metálico no diagnóstico por TCFC. As fraturas radiculares geralmente estão associadas a dentes tratados endodonticamente, com ou sem núcleos metálicos intra-canal (12). Além disso, o uso de voxels maiores diminui o tempo de aquisição da imagem, e conseqüentemente reduz a exposição do paciente à radiação (19). Pensando nisso, este estudo avaliou a interferência da guta-percha e do núcleo metálico na capacidade diagnóstica da TCFC para a detecção de fraturas radiculares longitudinais. Verificou-se também a influência da resolução do voxel na capacidade diagnóstica desta modalidade de exame.

Os resultados obtidos no presente estudo (Tabela 1) indicam a TCFC como uma opção para a detecção de fraturas radiculares. No

entanto, apesar da sensibilidade da resolução 0.2-mm (0.82) estar de acordo com a maioria dos autores, sua especificidade (0.74) foi notavelmente menor (Tabela 2). De qualquer modo, a maioria desses estudos não considerou a influência da presença de materiais intra-canal ou o efeito da sobreposição das estruturas adjacentes na visualização de fraturas radiculares (Figura 1). Apesar da TCFC reduzir a presença de artefatos de imagem quando comparada à TC, eles ainda ocorrem na presença de materiais radiopacos (5). Estes artefatos, especialmente os derivados dos núcleos metálicos, podem justificar a quantidade de resultados falso-positivos e falso-negativos encontrada na presente pesquisa.

Como o prognóstico dos dentes fraturados é sombrio e a extração comumente recomendada (3, 4), é importante que o método de diagnóstico não seja influenciado por resultados falso-positivos e/ou falso-negativos. Os testes estatísticos demonstraram especificidade semelhante entre as diferentes resoluções do voxel adotadas. Por outro lado, os resultados da sensibilidade foram significativamente melhores para a resolução de 0.2-mm. Isto demonstra uma maior probabilidade de identificar-se corretamente uma fratura radicular quando a imagem tomográfica for obtida utilizando essa resolução do voxel. Um estudo prévio (15) corrobora os nossos achados (Tabela 2). Entretanto, outros autores afirmam que a redução da resolução do voxel não alterou a capacidade diagnóstica da TCFC para a detecção de reabsorções radiculares externas (19) e fraturas radiculares longitudinais (4).

A dose de radiação emitida pelos equipamentos de TCFC depende do modelo do aparelho e do protocolo adotado, especialmente por causa das variações no tempo de escaneamento, que está diretamente relacionado à resolução da imagem (7, 21). No entanto, já foi descrito previamente que a dose de radiação efetiva do equipamento adotado no presente estudo foi 1/12 da dose de um equipamento de TC de 64 canais e a menor dentre os equipamentos de TCFC pesquisados (7). Além disso, a melhora na qualidade da informação radiográfica obtida com o uso da resolução do voxel de 0.2-mm acarreta apenas em um aumento discreto na dose de radiação, em comparação com a resolução de 0.3-mm (4), permitindo a indicação da primeira em casos onde há a suspeita de fratura radicular.

De acordo com a literatura revisada, estudos *in vitro* têm limitações, não podendo os resultados obtidos no presente trabalho serem aplicados diretamente na prática clínica. Neste estudo foi testado apenas um método diagnóstico radiográfico, porém os parâmetros clínicos (sondagem, mobilidade, etc.) também devem ser considerados

no diagnóstico de fraturas (15, 20, 22). Além disso, a presença da coroa dentária e/ou material protético na coroa pode prejudicar a visualização da fratura nos cortes axiais mais cervicais, já próximos à junção amelocementária. Portanto, outros estudos *in vitro* com dentes multi-radiculares, equipamentos tomográficos diferentes e pesquisas *in vivo* devem ser realizados.

Baseado nos resultados obtidos, foi possível concluir que as imagens obtidas com o voxel de resolução 0.2-mm resultam em aumento da sensibilidade e especificidade na detecção de fraturas radiculares longitudinais, quando comparadas com imagens em resolução 0.3-mm. Também, a presença de material intra-radicular não reduziu a capacidade diagnóstica da TCFC.

## Referências

1. Yeh CJ. Fatigue root fracture: a spontaneous root fracture in non-endodontically treated teeth. *Br Dent J* 1997;182:261-6.
2. Youssefzadeh S, Gahleitner A, Dorffner R, Bernhart T, Kainberger FM. Dental vertical root fractures: value of CT in detection. *Radiology* 1999;10:545-49.
3. Cohen S, Blanco L, Berman L. Vertical root fractures: clinical and radiographic diagnosis. *J Am Dent Assoc* 2003;134:434-41.
4. Mora MA, Mol A, Tyndall DA, Rivera EM. Effect of the number of basis images on the detection of longitudinal tooth fractures using local computed tomography. *Dentomaxillofac Radiol* 2007;36:382-6.
5. Bernardes RA, Moraes IG, Duarte MAH, Azevedo BC, Azevedo JR, Bramante CM. Use of cone-beam volumetric tomography in the diagnosis of root fractures. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2009;108:270-7.
6. Hanning C, Dullin C, Hülsmann M, Heidrich G. Three-dimensional, non-destructive visualization of vertical roof fractures using flat panel volume detector computer tomography – an *ex vivo in vitro* case report. *Int Endod J* 2005;38:904-13.
7. Ludlow JB, Ivanovic M. Comparative dosimetry of dental CBCT devices and 64-slice CT for oral and maxillofacial radiology. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2008;106:106-14.
8. Mozzo P, Procacci C, Tacconi A, Martini PT, Andreis IAB. A new volumetric CT machine for dental imaging based on the cone-beam technique: preliminary results. *Eur Radiol* 1998;8:1558-64.



9. Arai Y, Tammissalo E, Iwai K, Hashimoto K, Shinoda K. Development of a compact computed tomographic apparatus for dental use. *Dentomaxillofac Radiol* 1999;28:245-8.
10. Patel S, Dawood A, Ford TP, Whaites E. The potential applications of cone beam computed tomography in the management of endodontic problems. *Int Endod J* 2007;40:818-30.
11. Bornstein MM, Hanssen ABW, Sendi P, Arx TV. Comparison of intraoral radiography and limited cone beam computed tomography for the assessment of root-fractured permanent teeth. *Dent Traumatol* 2009;25:571-7.
12. Hassan B, Metska ME, Ozok AR, Stelt PVD, Wesselink PR. Detection of vertical root fractures in endodontically treated teeth by a cone beam computed tomography scan. *J Endod* 2009;35:719-22.
13. Iikubo M, Kobayashi K, Mishima A, Shimoda S, Daimaruya T, Igarashi C, Imanaka M, Yuasa M, Sakamoto M, Sasano T. Accuracy of intraoral radiography, multidetector helical CT, and limited cone-beam CT for the detection of horizontal tooth root fracture. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2009;108:e70-4.
14. Kamburoglu K, Cebeci ARI, Gröndahl HG. Effectiveness of limited cone-beam computed tomography in the detection of horizontal root fracture. *Dent Traumatol* 2009;25:256-61.
15. Wenzel A, Haiter Neto F, Frydenberg M, Kirkevang LL. Variable-resolution cone-beam computerized tomography with enhancement filtration compared with intraoral photostimulable phosphor radiography in detection of transverse root fractures in an *in vitro* model. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2009;108:939-45.
16. Hassan B, Metska ME, Ozok AR, Stelt PVD, Wesselink PR. Comparison of five cone beam computed tomography systems for the detection of vertical root fractures. *J Endod* 2010;36:126-9.
17. Nair, M. K.; Nair, U. P.; Gröndahl, H. G.; Webber, R. L. Accuracy of tuned aperture computed tomography in the diagnosis of radicular fractures in non-restored maxillary anterior teeth – an *in vitro* study. *Dentomaxillofac Radiol* 2002;31:299-304.
18. Monaghan P, Bajalcaliev JG, Kaminski EJ, Lautenschlager EP. A method for producing experimental simple vertical root fractures in dog teeth. *J Endod* 1993;19:512-5.
19. Liedke GS, Silveira HED, Silveira HLD, Dutra V, Figueiredo JAP. Influence of voxel size in the diagnostic ability of cone beam tomography to evaluate simulated external root resorption. *J Endod* 2009;35:233-5.

20. Mora MA, Mol A, Tyndall DA, Rivera EM. In vitro assessment of local computed tomography for the detection of longitudinal tooth fractures. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2007;103:825-9.
21. Scarfe WC, Farman AG, Sukovic P. Clinical applications of cone-beam computed tomography in dental practice. *J Can Dent Assoc* 2006;72:75-80.
22. Kositbowornchai S, Nuansakul R, Sikram S, Sinahawattana S, Saengmontri S. Root fracture detection: a comparison of direct digital radiography with conventional radiography. *Dentomaxillofac Radiol* 2001;30:106-109.

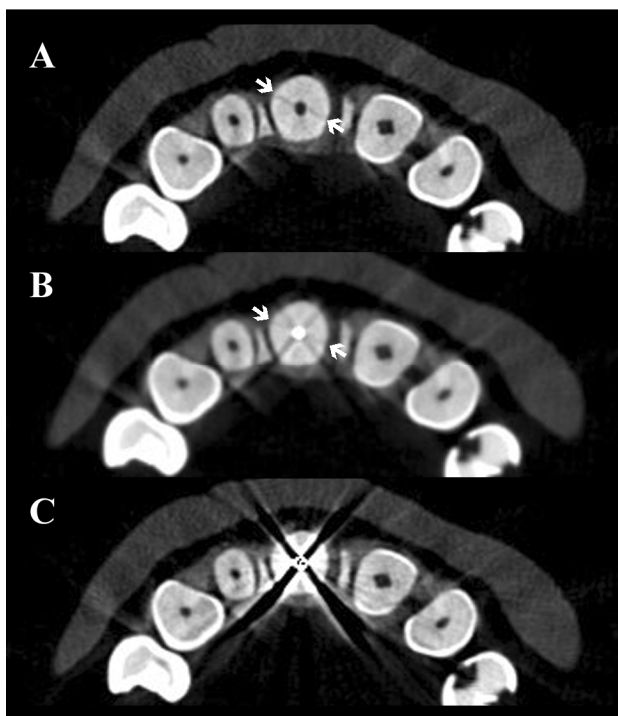


**Tabela 1.** Sensibilidade e especificidade da resolução do voxel por grupo.

Grupo		Voxel		Valor- <i>p</i>
		0.3-mm	0.2-mm	
A	Sn	53	83	0.0264
	Sp	80	87	0.7290
B	Sn	47	93	0.0002
	Sp	70	73	1.0000
C	Sn	53	70	0.2882
	Sp	63	66	1.0000
A + B	Sn	50	88	<0.0001
	Sp	75	80	0.6620
A + B + C	Sn	51	82	<0.0010
	Sp	71	74	0.6130
Valor- <i>p</i>	Sn	0.4094	0.1220	-
	Sp	0.6560	0.9842	-

A, grupo sem canal preenchido (*Ae* + *Ac*); B, grupo com guta-percha (*Be* + *Bc*); C, grupo com núcleo metálico (*Ce* + *Cc*); Sn, sensibilidade; Sp, especificidade.





**Figura 1.** Cortes axiais de elementos da amostra com fraturas radiculares semelhantes (setas) demonstrando a linha de fratura visualizada na raiz sem preenchimento intra-canal (A) e a presença de artefatos mimetizando linhas de fratura, decorrentes da guta-percha (B) e do núcleo metálico (C), visualizados com resolução do voxel de 0.2-mm.



**Tabela 2.** Revisão da literatura da capacidade diagnóstica da CBCT para detecção de fraturas radiculares.

Estudo	Variáveis Voxel (mm)	Preenchimento do canal		Estruturas adjacentes	Sn	Sp
		Guta-percha	Núcleo metálico			
Presente estudo	0.3	Sim	Sim	Sim	51	71
	0.2	Sim	Sim	Sim	82	74
Hassan <i>et al.</i> (12)	0.25	Sim	Não	Sim	79.4	92.5
Iikubo <i>et al.</i> (13)	?	Não	Não	Sim	96.1	91.1
Kamburoglu <i>et al.</i> (14)	0.125	Não	Não	Sim*	92	97
Wenzel <i>et al.</i> (15)	0.25	Não	Não	Sim*	72	100
	0.125	Não	Não	Sim*	87	98
Hassan <i>et al.</i> (16)	0.25	Sim	Não	Sim	77.5	91.3

Sn, sensibilidade; Sp, especificidade; ?, não mencionado.

\*Não utilizou material para simular a interferência dos tecidos moles na formação da imagem.





## 2.2 Artigo para publicação – versão em inglês

### EFFECT OF VOXEL SIZE IN THE DIAGNOSTIC ABILITY OF CONE BEAM COMPUTED TOMOGRAPHY TO ASSESS LONGITUDINAL ROOT FRACTURES IN ENDODONTICALLY AND PROSTHETICALLY TREATED TEETH

Saulo Leonardo Sousa Melo<sup>\*</sup>, Eduardo Antunes Bortoluzzi<sup>†</sup>, Murillo Abreu Jr.<sup>\*</sup>, Leticia Ruhland Corrêa<sup>\*</sup> and Márcio Corrêa<sup>\*</sup>

Departments of <sup>\*</sup>Dentomaxillofacial Radiology and <sup>†</sup>Endodontology, School of Dentistry, Federal University of Santa Catarina, Santa Catarina, Brazil.

#### Abstract

**Introduction:** This study evaluated the diagnostic ability of a cone-beam computed tomography (CBCT) system in assessing longitudinal root fractures (LRF) as well as the interference of gutta-percha and cast-gold post on LRF visibility. The influence of voxel size on the diagnostic ability was also assessed.

**Methods:** 180 endodontically prepared teeth were divided into 3 experimental (*Ae*, *Be* and *Ce*) and 3 control (*Ac*, *Bc* and *Cc*) groups and placed in a dry human skull. The teeth in the experimental groups were artificially fractured. Groups *Be* and *Bc* were filled with gutta-percha cones. Groups *Ce* and *Cc* were filled with cast-gold post. All the teeth were viewed through a tomography scan following two voxel resolution protocols (0.3- and 0.2-mm). A calibrated examiner, blinded to the protocol, assessed the images using the nominated scan software.

**Results:** The kappa values obtained for intraobserver reproducibility were above 0.84 and 0.93 for 0.3-mm and 0.2-mm voxel resolution, respectively. The CBCT specificity values were similar and did not depend on the voxel resolution adopted. On the other hand, the sensitivity values were significantly higher for 0.2-mm voxel resolution in A ( $p = 0.0264$ ), B ( $p = 0.0002$ ), A + B ( $p < 0.0001$ ) and A + B + C groups ( $p < 0.0001$ ). The presence of gutta-percha or cast-gold posts reduces the overall sensitivity and specificity in both voxel resolutions, but with no significant association.

**Conclusions:** CBCT is a reliable method for the investigation of LRF, and a 0.2-mm voxel resolution appeared to be the best protocol.

**Key-words:** cone-beam computed tomography, diagnostic imaging, tooth root, tooth fractures, root canal filling materials.

## **Introduction**

Longitudinal root fractures (LRF) can occur in all teeth and may be caused by eccentric forces from occlusion, successive teeth restorations, excessive pressure during endodontic treatment, poorly designed posts or inappropriate tooth selection as a bridge abutment (1 – 3). The detection of LRF is a significant challenge in initial clinical diagnosis, just after the trauma, because the symptoms are variable and nonspecific (4). The prognostic of LRF is poor and, in most cases, tooth extraction is the only possible treatment option (3, 4). For this reason, the correct diagnosis must be made early to avoid extensive damage to the surrounded tissues.

The 2-dimensional nature of intraoral radiographs, with superimposition of other structures, limits its sensitivity (47%) for the detection of LRF (5). On the other hand, the computed tomography (CT) shows excellent specificity (100%) and sensitivity (75%) compared to bidimensional radiographs for the detection of root fractures. False-negative CT findings were related to metallic artifacts that obscured parts of the root (2). Despite the improvement of CT systems, the main deficiencies for their use in dentistry are still present, i.e., the increased radiation dose, presence of artifacts, difficulty to visualize incipient diseases, high costs and the need for large space for the scanner (6, 7).

At the end of the nineties, Italian (8) and Japanese (9) researchers independently developed (10) tomography scanners dedicated to dental applications that use a round cone-shaped X-ray beam centered on a sensor, denominated cone beam computed tomography (CBCT) technology.

The detection of root fractures by CBCT has already been demonstrated by previous studies (4, 5, 11 – 16). However, none of them have associated all the variables present in actual clinical situations. Generally, root fractures are present in endodontically treated teeth, sometimes with metallic posts. Influence of those materials and the presence of adjacent teeth must be considered in studies of LRF (12, 14). Moreover, most of those studies used teeth that had visible fractures, very different to the subtle fracture lines found in most clinical situations (17).

The goal of this study was to evaluate the diagnostic ability of a CBCT system in assessing longitudinal tooth root fractures and to

investigate the interference of gutta-percha and cast-gold posts on LRF visibility. In addition, the influence of voxel size in the diagnostic ability was also assessed.

## Materials and Methods

One hundred and eighty single-rooted human teeth which were extracted for therapeutic reasons, after the patient's donation term signed, were inspected by transillumination for the absence of LRF. Conventional periapical radiographs were taken to eliminate obliterated root canal teeth. Access opening was made and the root canal prepared with the ProTaper rotary system (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland) until size F5. The teeth were then decoronated in the cement-enamel junction to eliminate possible identification, randomly coded and divided into six groups: three experimental (*Ae*, *Be* and *Ce*) and three controls (*Ac*, *Bc* and *Cc*).

Each tooth from the experimental groups was coated with a layer of wax approximately 2-mm thick, to protect its root surface, and fixed in a mini table lathe. LRF were induced as described by Monaghan et al (18). A conical wedge with a beveled tip was driven into the tooth apically and fractures induced using controlled pressure applied by gentle tapping. The fractured teeth were re-inspected by transillumination to confirm the presence and morphology of LRF. The root fragments were replaced together in their original position, to simulate the immediate post-trauma situation where no edema or granulation tissue has yet displaced the fragments (15). A well-fitting ProTaper F5 gutta-percha cone was inserted in the canals of groups *Be* and *Bc*. A type III gold-alloy post was cast in the teeth of groups *Ce* and *Cc*. Thereafter, further periapical radiographs were taken to check the gutta-percha and post adaptation.

Before tomography image acquisition, each tooth was coated with a layer of wax and placed in an empty maxillary anterior socket of a dentate dry human skull. The skull was coated with a 5-mm thick of wax to simulate the interference of soft tissues in the image (19). The CBCT images were obtained with an i-CAT tomography device (Imaging Sciences International, Hatfield, PA; 120 kVp, 3-8 mA), according to two protocols recommended by the manufacturer depending on the voxel resolution desired: 0.3-mm voxel (8-cm FOV, 20 seconds for acquisition) and 0.2-mm voxel (8-cm FOV, 40 seconds for acquisition). Images were analyzed by using the Xoran software (Xoran CAT V.2.0.21, Xoran Technologies, Ann Arbor, MI).

Finally the images were analyzed by a blinded, previously calibrated dental radiologist, who already had experience in dentomaxillofacial tomography. Calibration consisted of identification of the existence of root fracture in 30 tomograms that did not belong to the study sample for each voxel resolution. The same observation was repeated after a 15-day interval. Results after the two time periods were evaluated using kappa statistics to check intraobserver reproducibility. The values obtained for kappa were above 0.84 and 0.93 for 0.3-mm and 0.2-mm voxel resolution, respectively.

Overall sensitivity and specificity were calculated for all the teeth and then separately per groups. A univariate analysis of variance assessed the influence of the filling material (non-filled, gutta-percha or gold dowel) as well as the influence of the voxel resolution (0.3-mm or 0.2-mm) on diagnostic capacity in detecting LRFs. A chi-square test distribution measured the sensitivity and specificity of both CBCT voxel resolutions for the detection of VRF. These statistical analyses were calculated using SAS for Windows software (Version 9.1.3; SAS Institute Inc., Cary, NC), and the level of statistical significance was  $p < 0.05$ .

## Results

Table 1 shows the sensitivity and specificity results for voxel resolution per experimental root filling group. In a general meaning, the presence of gutta-percha or cast-gold posts reduced the overall sensitivity and specificity in both voxel resolutions, but with no significant association. The influence of voxel resolution in diagnostic capacity of CBCT scan to detect root fracture was also tested. The results obtained indicated that CBCT specificity values were similar and did not depend on the voxel resolution adopted. On the other hand, the sensitivity values were significantly higher for 0.2-mm voxel resolution in A ( $p = 0.0264$ ), B ( $p = 0.0002$ ), A + B ( $p < 0.0001$ ) and A + B + C groups ( $p < 0.0001$ ).

Figure 1 shows gutta-percha and post star-shaped streak artifacts mimicking fracture lines in images of axial tomographic sections of specimens with similar experimentally induced fracture teeth.

## Discussion

The CBCT superiority among other radiographic modalities for diagnostic imaging of tooth root fractures has already been demonstrated (12 – 14, 20). However, no one has associated voxel resolution variation or the influence of the presence of posts with the CBCT diagnostic ability. Generally, root fractures are present in endodontically treated teeth which sometimes have metallic posts (12). Besides, a lower voxel resolution decreases scanning time, which reduces patient radiation exposure (19). With this in mind, this study evaluated the interference of root canal filling materials on the diagnostic ability of a CBCT system in assessing longitudinal root fractures. Furthermore, the influence of voxel size on the diagnostic ability was also assessed.

The present results (Table 1) indicate CBCT as a positive option for the detection of root fractures. Although the overall 0.2-mm voxel sensitivity (0.82) is in accordance with most previous findings, its overall specificity (0.74) is notably lower (Table 2). In any case, most of those studies did not assess the influence of the presence of filling materials or the effect of superimposition of adjacent dental structures on the visibility of root fractures (Figure 1). While CBCT reduces the presence of image artifacts compared to conventional CT, they still occur due to the presence of radiopaque materials (5). These artifacts, especially the cast-gold post based ones, should justify our amount of false-positive and false-negative results.

As the root fracture prognosis is poor and extraction is often required (3, 4), it is important that false-positive and/or false-negative results do not influence the diagnostic method. The performance tests showed similar results for specificity between the different voxel resolutions adopted. Conversely, the result values for sensitivity were significantly better for 0.2-mm voxel resolution. This shows a greater probability of correctly identifying root fractures when the image is acquired using the last voxel resolution parameters. A previously study (15) corroborates our findings (Table 2). In contrast, other authors showed that reduction in voxel resolutions produced the same results for the diagnosis of cavities that simulate external root resorptions (19) and longitudinal root fractures (4).

It is well known that the radiation dose emitted by CBCT equipments depends on the device model and on the protocol adopted, especially because of the variations in scanning time - which is directly linked to the image resolution (7, 21). However, the effective dose from

the CBCT scan adopted in present study is approximately 1/12 of the dose from a 64-slice multidetector helical CT and it is one of the lowest among all CBCT devices (7). Thus, the increase in the quality of radiographic information obtained through 0.2-mm voxel resolution demonstrated a modest rise in patient dosage compared with 0.3-mm voxel resolution (4). This suggests the use of the former resolution in suspect cases of LRF.

According to the literature reviewed, there are a number of limitations with an in vitro model study. Consequently, the results from the present study are not directly applicable to a clinical situation. Only the imaging method was tested but clinical parameters (probing, mobility test, etc.) may also aid the detection of fractures (15, 20, 22). Moreover, the presence of the tooth crowd and/or prosthetic materials could prejudice root fracture visualization in the cervical axial slices adjacent to the cement-enamel junction. Furthermore in vitro studies with multiple-rooted teeth, other tomography scans and research in vivo could be developed.

In conclusion, 0.2-mm voxel resolution images resulted in an increase in sensitivity and a similar specificity for detection of longitudinal root fractures compared with 0.3-mm voxel resolution images, and the presence of root canal filling materials did not reduce its diagnostic ability.

## References

1. Yeh CJ. Fatigue root fracture: a spontaneous root fracture in non-endodontically treated teeth. *Br Dent J* 1997;182:261-6.
2. Youssefzadeh S, Gahleitner A, Dorffner R, Bernhart T, Kainberger FM. Dental vertical root fractures: value of CT in detection. *Radiology* 1999;10:545-49.
3. Cohen S, Blanco L, Berman L. Vertical root fractures: clinical and radiographic diagnosis. *J Am Dent Assoc* 2003;134:434-41.
4. Mora MA, Mol A, Tyndall DA, Rivera EM. Effect of the number of basis images on the detection of longitudinal tooth fractures using local computed tomography. *Dentomaxillofac Radiol* 2007;36:382-6.
5. Bernardes RA, Moraes IG, Duarte MAH, Azevedo BC, Azevedo JR, Bramante CM. Use of cone-beam volumetric tomography in the diagnosis of root fractures. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2009;108:270-7.
6. Hanning C, Dullin C, Hülsmann M, Heidrich G. Three-dimensional, non-destructive visualization of vertical root fractures using flat panel

volume detector computer tomography – an *ex vivo in vitro* case report. *Int Endod J* 2005;38:904-13.

7. Ludlow JB, Ivanovic M. Comparative dosimetry of dental CBCT devices and 64-slice CT for oral and maxillofacial radiology. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2008;106:106-14.

8. Mozzo P, Procacci C, Tacconi A, Martini PT, Andreis IAB. A new volumetric CT machine for dental imaging based on the cone-beam technique: preliminary results. *Eur Radiol* 1998;8:1558-64.

9. Arai Y, Tammisalo E, Iwai K, Hashimoto K, Shinoda K. Development of a compact computed tomographic apparatus for dental use. *Dentomaxillofac Radiol* 1999;28:245-8.

10. Patel S, Dawood A, Ford TP, Whaites E. The potential applications of cone beam computed tomography in the management of endodontic problems. *Int Endod J* 2007;40:818-30.

11. Bornstein MM, Hanssen ABW, Sendi P, Arx TV. Comparison of intraoral radiography and limited cone beam computed tomography for the assessment of root-fractured permanent teeth. *Dent Traumatol* 2009;25:571-7.

12. Hassan B, Metska ME, Ozok AR, Stelt PVD, Wesselink PR. Detection of vertical root fractures in endodontically treated teeth by a cone beam computed tomography scan. *J Endod* 2009;35:719-22.

13. Iikubo M, Kobayashi K, Mishima A, Shimoda S, Daimaruya T, Igarashi C, Imanaka M, Yuasa M, Sakamoto M, Sasano T. Accuracy of intraoral radiography, multidetector helical CT, and limited cone-beam CT for the detection of horizontal tooth root fracture. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2009;108:e70-4.

14. Kamburoglu K, Cebeci ARI, Gröndahl HG. Effectiveness of limited cone-beam computed tomography in the detection of horizontal root fracture. *Dent Traumatol* 2009;25:256-61.

15. Wenzel A, Haiter Neto F, Frydenberg M, Kirkevang LL. Variable-resolution cone-beam computerized tomography with enhancement filtration compared with intraoral photostimulable phosphor radiography in detection of transverse root fractures in an *in vitro* model. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2009;108:939-45.

16. Hassan B, Metska ME, Ozok AR, Stelt PVD, Wesselink PR. Comparison of five cone beam computed tomography systems for the detection of vertical root fractures. *J Endod* 2010;36:126-9.

17. Nair, M. K.; Nair, U. P.; Gröndahl, H. G.; Webber, R. L. Accuracy of tuned aperture computed tomography in the diagnosis of radicular fractures in non-restored maxillary anterior teeth – an *in vitro* study. *Dentomaxillofac Radiol* 2002;31:299-304.



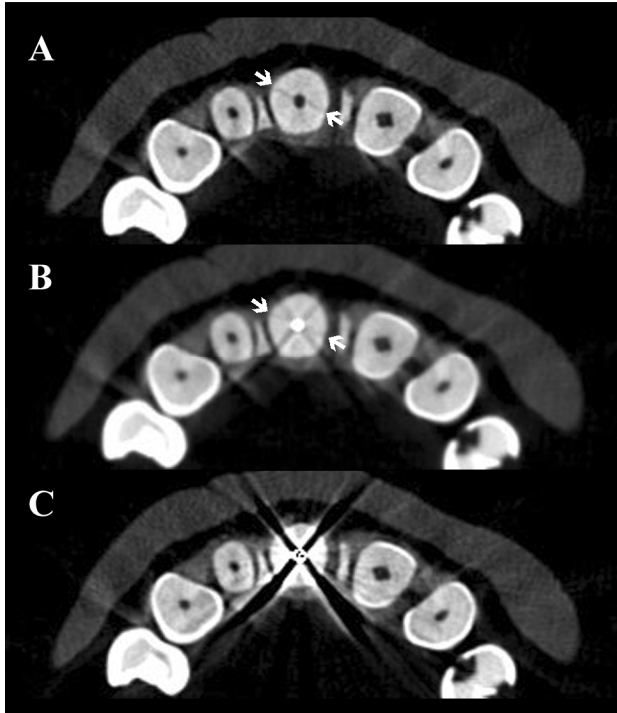
18. Monaghan P, Bajalcaliev JG, Kaminski EJ, Lautenschlager EP. A method for producing experimental simple vertical root fractures in dog teeth. *J Endod* 1993;19:512-5.
19. Liedke GS, Silveira HED, Silveira HLD, Dutra V, Figueiredo JAP. Influence of voxel size in the diagnostic ability of cone beam tomography to evaluate simulated external root resorption. *J Endod* 2009;35:233-5.
20. Mora MA, Mol A, Tyndall DA, Rivera EM. In vitro assessment of local computed tomography for the detection of longitudinal tooth fractures. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2007;103:825-9.
21. Scarfe WC, Farman AG, Sukovic P. Clinical applications of cone-beam computed tomography in dental practice. *J Can Dent Assoc* 2006;72:75-80.
22. Kositbowornchai S, Nuansakul R, Sikram S, Sinahawattana S, Saengmontri S. Root fracture detection: a comparison of direct digital radiography with conventional radiography. *Dentomaxillofac Radiol* 2001;30:106-109.

**Table 1.** Sensitivity and specificity of voxel resolution per experimental root filling group.

Group		Voxel		<i>p</i> -value
		0.3-mm	0.2-mm	
A	Sn	53	83	0.0264
	Sp	80	87	0.7290
B	Sn	47	93	0.0002
	Sp	70	73	1.0000
C	Sn	53	70	0.2882
	Sp	63	66	1.0000
A + B	Sn	50	88	<0.0001
	Sp	75	80	0.6620
A + B + C	Sn	51	82	<0.0010
	Sp	71	74	0.6130
<i>p</i> -value	Sn	0.4094	0.1220	-
	Sp	0.6560	0.9842	-

A, non-filled group (*Ae + Ac*); B, gutta-percha group (*Be + Bc*); C, cast-gold post group (*Ce + Cc*); Sn, sensitivity; Sp, specificity.





**Figure 1.** Axial tomographic cross-sections of specimens with similar subtle experimentally induced root fracture showing the fracture line (arrows) in a nonfilled root (A) and the presence of star-shaped streak artifacts of the gutta-percha (B) and the post (C), visualized with the 0.2-mm voxel resolution.



**Table 2.** Literature review of CBCT diagnostic ability to assess root fractures.

Study	Variables Voxel size (mm)	Root filling material		Adjacent dental structures	Sn	Sp
		Gutta- percha	Cast- gold post			
Our study	0.3	Yes	Yes	Yes	51	71
	0.2	Yes	Yes	Yes	82	74
Hassan <i>et al.</i> (12)	0.25	Yes	No	Yes	79.4	92.5
Iikubo <i>et al.</i> (13)	?	No	No	Yes	96.1	91.1
Kamburoglu <i>et al.</i> (14)	0.125	No	No	Yes*	92	97
Wenzel <i>et al.</i> (15)	0.25	No	No	Yes*	72	100
	0.125	No	No	Yes*	87	98
Hassan <i>et al.</i> (16)	0.25	Yes	No	Yes	77.5	91.3

Sn, sensitivity; Sp, specificity; ?, not mentioned.

\*Do not use any material to simulate the interference of soft tissues in the image.



# *Bibliografia Consultada*





### 3 BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

1. Andreasen JO. Etiology and pathogenesis of traumatic dental injuries. A clinical study of 11.298 cases. *Scant J Dent Res* 1970;78:329-42.
2. Chan CP, Lin CP, Tseng SC, Jeng JH. Vertical root fracture in endodontically versus nonendodontically treated teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1999;87:504-7.
3. Chau ACM, Fung K. Comparison of radiation dose for implant imaging using conventional spiral tomography, computed tomography, and cone-beam computed tomography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2009;107:559-65.
4. Flores MT, Andersson L, Andreasen JO, Bakland LK, Malmgren B, Barnett F et al. Guidelines for the management of traumatic dental injuries. I Fractures and luxations of permanent teeth. *Dent Traumatol* 2007;23:66-71.
5. Fuss Z, Lustig J, Tamse A. Prevalence of vertical root fractures in extracted endodontically treated teeth. *Int Endod J* 1999;32:283-6.
6. Hansen SL, Huumonen S, Gröndahl K, Gröndahl HG. Limited cone-beam CT and intraoral radiography for the diagnosis of periapical pathology. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2007;103:114-9.
7. Hashimoto K, et al. A comparison of a new limited cone beam computed tomography machine for dental use with a multidetector row helical CT machine. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2003;95:371-7.
8. Melo SLS, Rebello IMC, Melo MFB, Corrêa M. Considerações sobre a tomografia computadorizada de feixe cônico. *Rev Catarinense Implantod* 2008;8(10):40-2.
9. Mischkowski RA, Scherer P, Ritter L, Neugebauer J, Keeve E, Zöller JE. Diagnostic quality of multiplanar reformations obtained with a newly developed cone beam device for maxillofacial imaging. *Dentomaxillofac Radiol* 2008;37:1-9.

10. Nair MK, Nair UDP, Gröndahl HG, Webber RL, Wallace JA. Detection of artificially induced vertical radicular fractures using tuned aperture computed tomography. *Eur J Oral Sci* 2001;109:375-9.
11. Suomalainen A, Vehmas T, Kortensniemi M, Robinson S, Peltola J. Accuracy of linear measurements using dental cone beam and conventional multislice computed tomography. *Dentomaxillofac Radiol* 2008;37:10-7.
12. Tamse A, Kaffe I, Lustig J, Ganor Y, Fuss Z. Radiographic features of vertically fracture endodontically treated mesial roots of mandibular molars. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2006;101:797-802.
13. Tsisis I, Kamburoglu K, Katz A, Tamse A, Kaffe I, Kfir A. Comparison of digital with conventional radiography in detection of vertical root fractures in endodontically treated maxillary premolars: an ex vivo study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2008;106(1):124-8.
14. Van Daatselaar AN, Tyndall DA, Verheij H, van der Stelt PF. Minimum number of basis projections for caries detection with local CT. *Dentomaxillofac Radiol* 2004;33:355-60.
15. Vannier MW. Craniofacial computed tomography scanning: technology, applications and future trends. *Orthod Craniofac Res* 2003;6(1):23-30.
16. Wenzel A, Gröndahl H. Direct digital radiography in the dental office. *Int Dent J* 1995;45:27-34.
17. Winter AA, Pollack AS, Frommer HH, Koenig L. Cone beam volumetric tomography vs medial CT scanners. *NYSDJ* 2005;28-33.

# *Apêndices*

---



## APÊNDICE A – METODOLOGIA EXPANDIDA

### 1 Delineamento do estudo

O estudo realizado foi uma pesquisa experimental, do tipo analítica e transversal, apresentando como “padrão-ouro” o método de visualização direta por transluminação (HOCHMAN *et al.*, 2005).

### 2 Plano amostral

#### 2.1 Tamanho da amostra

A fórmula utilizada para o cálculo do tamanho de amostras para populações infinitas (FLETCHER; FLETCHER, 2006) foi:

$$n = \frac{(Z_{\alpha/2})^2 \times p \times (1 - p)}{e^2}$$

onde:

$n$  = tamanho da amostra

$\alpha$  = nível de significância

$Z_{\alpha/2}$  = obtido da distribuição normal reduzida

$p$  = percentagem com a qual o fenômeno se verifica

$e$  = amplitude aceitável do intervalo de confiança

A prevalência mediana de fraturas radiculares na população é 4% (valor  $p$ ) (ANDREASEN, 1970; FUSS *et al.*, 1999). Foi adotado um intervalo de confiança de 95%, com nível de significância de 5% e amplitude de 3%; desta forma:

$$n = \frac{(1,96)^2 \times 0,04 \times (1 - 0,04)}{0,03^2}$$

$$n = \frac{0,1475}{0,0009}$$

$$n = 164$$

## 2.2 Caracterização da amostra

Este estudo foi desenvolvido com dentes unirradiculares humanos extraídos, com a amostra dividida em 6 grupos de 30 dentes, assim distribuídos:

Grupo 1 – Dentes com fratura radicular;

Grupo controle 1 – Dentes sem fratura radicular;

Grupo 2 – Dentes com tratamento endodôntico e com fratura radicular;

Grupo controle 2 – Dentes com tratamento endodôntico e sem fratura radicular;

Grupo 3 – Dentes com tratamento endodôntico, com núcleo metálico e com fratura radicular;

Grupo controle 3 – Dentes com tratamento endodôntico, com núcleo metálico e sem fratura radicular.

## 2.3 Critérios de exclusão

Para a exclusão dos dentes no estudo, foram considerados os seguintes critérios:

(a) Lesão no terço cervical radicular (erosão, abrasão, abfração ou cárie);

(b) Anomalias radiculares de forma e número;

(c) Conduto radicular obliterado;

(d) Multiplicidade de canais;

(e) Trincas e/ou fraturas radiculares pré-existentes;

(f) Tratamento endodôntico prévio.

## 3 Variáveis em estudo

### 3.1 Variáveis dependentes

(a) Presença ou ausência de fratura radicular nos dentes avaliados por meio da tomografia computadorizada de feixe cônico.

### 3.2 Variáveis independentes

(a) Dentes tratados ou não tratados endodonticamente;

(b) Dentes com ou sem núcleo metálico fundido.

## 4 Métodos

### 4.1 Seleção e preparo dos dentes

Para o desenvolvimento do presente estudo foram selecionados dentes unirradiculares permanentes humanos, extraídos por finalidade terapêutica, de pacientes atendidos nas clínicas odontológicas da UFSC após a assinatura do termo de doação.

Estes dentes foram armazenados em recipiente contendo solução antifúngica de cloreto de sódio com timol (0.1%), após esterilização em autoclave (a 121°C, por 15 minutos, sob efeito de 1.5 atm de pressão). Toda a amostra foi mantida hidratada durante o processo, exceto durante a execução das etapas do estudo.

Foram realizadas radiografias periapicais dos dentes pré-selecionados, nos sentidos vestibular-lingual e méσιο-distal, para visualização da luz do conduto radicular. Caso houvesse obliteração do conduto, este elemento era automaticamente excluído da amostra. Para avaliação radiográfica, foi utilizado um aparelho de radiografia intrabucal da clínica da disciplina de Radiologia Odontológica do Centro de Ciências da Saúde da UFSC (Spectro II, Dabi-Atlante – Brasil) e películas periapicais tipo 2 (Insight, Kodak – EUA), sendo as radiografias processadas automaticamente (Xtec-Revell – Brasil) e analisadas em negatoscópio de luz transmitida, em ambiente de baixa luminosidade, com auxílio de máscaras e lupa com aumento de 4 vezes.

A seguir, objetivando a remoção qualquer indício que pudesse auxiliar na identificação radiográfica dos elementos selecionados, cada dente foi raspado com o auxílio de uma cureta periodontal universal.

Por fim, os dentes, selecionados aleatoriamente, receberam uma numeração de 03 dígitos (000 a 180). Esta numeração foi marcada no terço cervical radicular, face vestibular, com auxílio de uma caneta nanquim 0.5mm.

### 4.2 Secção da coroa dentária

Todos os dentes da amostra foram seccionados com discos de carborundum montados em micromotor de baixa rotação e peça reta (INTRAMatic, Kavo – Brasil), sob refrigeração, na junção amelocementária de forma perpendicular ao longo eixo dentário para eliminação da coroa. Tal procedimento teve como objetivo excluir qualquer tipo de identificação das unidades amostrais.

### 4.3 Tratamento endodôntico



Para a instrumentação do canal radicular, utilizou-se limas do sistema rotatório Protaper (Dentsply Maillefer – Suíça), sob abundante irrigação com solução de hipoclorito de sódio a 1% (Biodinâmica Química e Farmacêutica Ltda – Brasil) com auxílio de uma seringa descartável de 10mL com agulha hipodérmica (25x4 sem bisel), sendo a secagem dos condutos realizada com cones de papel absorvente.

Os condutos foram preparados, de modo que seu limite ficasse a 01mm do ápice radicular, seguindo a seqüência do kit Protaper (do shaping file SX ao instrumento F5), e a obturação efetuada com cones de guta-percha do sistema Protaper n° F5. Então uma nova radiografia foi obtida, para avaliação da adaptação do cone de guta-percha no canal radicular.

#### 4.4 Preparo do núcleo metálico

Para confecção dos núcleos metálicos fundidos, foram selecionados pinos pré-fabricados de resina acrílica (Pinjet, Angelus – Brasil), os quais foram ajustados e adaptados nos respectivos condutos. Procedeu-se a modelagem do conduto com resina acrílica (Duralay, Polidental – Brasil), a partir de uma adaptação da técnica para confecção de núcleos de Pegoraro *et al.* (2002). Lubrificou-se o conduto com vaselina e o preencheu com resina, levando-a com pincel no seu interior e envolvendo o pino pré-fabricado que era introduzido no mesmo, verificando se atingia toda sua extensão. Durante a polimerização da resina, o pino pré-fabricado era removido e novamente introduzido várias vezes no canal radicular, para evitar que o pino ficasse retido. Por fim, o núcleo em resina preparado foi enviado para um laboratório de prótese especializado, onde foi feita a fundição com liga de ouro tipo III (Degulor C, Degudent-Dentsply – Alemanha).

As ligas nobres de ouro são biocompatíveis, com alta resistência à corrosão e baixa rigidez, sendo as mais indicadas para a confecção de núcleos metálicos fundidos, em função de suas propriedades biomecânicas favoráveis (FERNANDES, DESSAI, 2001).

#### 4.5 Indução da fratura

Cada dente do grupo com fratura foi revestido por uma camada de cera rosa 7 de 02mm (Wilson – Brasil), fixado em um torno de bancada Motomil n° 3 (Garthen Indústria e Comércio de Máquinas – Brasil) e a fratura radicular induzida segundo descrito por Monaghan *et*

*al.* (1993), onde uma cunha metálica cônica com ponta biselada era introduzida apicalmente no conduto até encontrar resistência, induzindo a fratura.

#### 4.6 Confirmação da presença/ausência de fratura (Padrão ouro)

Para visualização da linha de fratura utilizou-se o aparelho de diodo emissor de luz (LED) Elipar Freelight 2 (3M ESPE – Brasil). A presença de fraturas foi avaliada visualmente por um observador, em ambiente de baixa luminosidade. A ausência de fratura no grupo controle também foi confirmada do mesmo modo.

#### 4.7 Fixação dos dentes

Utilizou-se um crânio seco de cadáver humano, doado pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Desenvolvimento Urbano de Florianópolis/SC à Disciplina de Radiologia do Departamento de Odontologia da Universidade Federal de Santa Catarina.

Antes da obtenção das imagens tomográficas, cada elemento amostral foi colocado na maxila dentada deste crânio seco, onde apenas o incisivo central superior esquerdo estava ausente. O dente a ser analisado foi sustentado no alvéolo por uma fina camada de cera rosa 7. Além disso, o crânio foi recoberto com uma camada de 5 milímetros de espessura de cera rosa 7. De acordo com Liedke *et al.* (2009) uma camada de cera é suficiente para simular a interferência dos tecidos moles na formação da imagem, além de evitar que a diferença brusca de densidade entre ar e dente gere algum artefato indesejado.

#### 4.8 Aquisição das imagens

As imagens tomográficas foram adquiridas no aparelho i-CAT, com 120kV e 3-8 mA (Imaging Sciences International – EUA). As imagens base (axiais) foram obtidas de acordo com dois protocolos, dependendo da resolução do *voxel* desejada: *voxel* de 0.3mm (FOV de 6cm e 20seg de tempo de aquisição) ou *voxel* de 0.2mm (FOV de 6cm e 40seg de tempo de aquisição). As imagens foram processadas e reconstruídas utilizando o próprio *software* do equipamento (Xoran CAT V.2.0.21, Xoran Technologies Inc. – EUA).

#### 4.9 Interpretação das imagens

Foi selecionado um observador, cirurgião-dentista radiologista, doutor, com experiência em diagnóstico por tomografia computadorizada por feixe cônico.

Antes da avaliação, o observador foi calibrado para o uso das ferramentas do *software*. A calibração consistiu em identificar a existência ou não de fratura radicular em tomografias de 60 dentes não pertencentes à amostra do estudo, 30 em resolução 0,3mm e 30 em 0,2mm.

Todas as imagens, tanto as da calibração quanto as demais, foram mascaradas, apresentadas em monitor de LCD de 21 polegadas e avaliadas aleatoriamente. O observador foi encorajado a alinhar os três planos em qualquer ponto, clicando na região de interesse, como também a ajustar brilho e contraste. Além disso, não foi determinado limite de tempo para a avaliação.

O observador examinou as imagens duas vezes, de forma independente, com no mínimo duas semanas de intervalo entre as sessões. A ausência ou presença de fratura radicular foi registrada pelo observador em ficha-padrão.

## **5 Estudo piloto**

Um estudo piloto foi aplicado com o objetivo de testar a viabilidade e aplicabilidade da metodologia do presente trabalho.

## **6 Análise estatística**

A partir da comparação da avaliação do observador com o padrão de referência, calculou-se a sensibilidade e a especificidade para todos os dentes em conjunto e, em seguida, para cada grupo pesquisado.

A influência do material intra-canal (canal não preenchido, gutapercha ou núcleo metálico) e da resolução do voxel (0.3-mm ou 0.2-mm) na capacidade diagnóstica para detecção de FRL foi verificada através de um modelo de regressão logística.

A sensibilidade e especificidade das resoluções do voxel para cada variável foram comparadas por meio do teste de comparação de proporções (qui-quadrado).

Para análise dos dados, utilizou-se o programa SAS for Windows (Version 9.1.3; SAS Institute Inc., Cary, NC), considerando-se um nível de significância de 5%.

## 7 Considerações éticas

O projeto desta pesquisa foi analisado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de Santa Catarina, de acordo com as Resoluções de números 196/96, 251/97 e 292/99 do Conselho Nacional de Saúde, do Ministério da Saúde, sendo iniciado somente após a aprovação do mesmo, sob o parecer 224/09.

Como o estudo se desenvolveu a partir de dentes unirradiculares permanentes humanos, extraídos por finalidade terapêutica, de pacientes atendidos nas clínicas odontológicas da UFSC, foi solicitada a assinatura do termo de doação pelo paciente (APÊNDICE D). Neste estava garantida a livre escolha em permitir a utilização do dente na pesquisa, e a não identificação dos participantes.

## 8 Referências

1. Fernandes AS, Dessai GS. Factors affecting the fracture resistance of post-core reconstructed teeth: a review. *Int J Prosthodont* 2001;14(4):355-63.
2. Fletcher RH, Fletcher SW. *Epidemiologia clínica – elementos essenciais*. 4ª ed. Porto Alegre: Artmed; 2006.
3. Hochman B, Nahas FX, Filho RSO, Ferreira LM. Desenhos de pesquisa. *Acta Cir Bras* 2005;20(2):02-9.
4. Pegoraro LF, *et al.* *Prótese fixa*. São Paulo: Artes Médicas; 2002.

## APÊNDICE B – BANCO DE DADOS

arquivo	variável			diagnóstico do observador - voxel 0.3		diagnóstico do observador - voxel 0.2	
	fratura	endo	núcleo	sim	não	sim	não
3013	.	.	.	x			x
3016	.	.	.		x		x
3025	.	.	.		x		x
3028	.	.	.		x		x
3037	.	.	.		x		x
3043	.	.	.		x		x
3049	.	.	.	x		x	
3064	.	.	.		x		x
3076	.	.	.		x		x
3079	.	.	.		x		x
3091	.	.	.		x		x
3094	.	.	.		x		x
3109	.	.	.		x	x	
3112	.	.	.		x		x
3115	.	.	.	x			x
3121	.	.	.		x		x
3124	.	.	.	x			x
3127	.	.	.		x		x
3133	.	.	.		x		x
3136	.	.	.		x		x
3139	.	.	.		x	x	
3142	.	.	.		x		x

arquivo	variável			diagnóstico do observador - voxel 0.3		diagnóstico do observador - voxel 0.2	
	fratura	endo	núcleo	sim	não	sim	não
3148	.	.	.		x		x
3151	.	.	.		x		x
3154	.	.	.		x		x
3157	.	.	.	x			x
3160	.	.	.		x		x
3166	.	.	.		x		x
3175	.	.	.	x			x
3178	.	.	.		x	x	
3014	.	x	.	x			x
3017	.	x	.	x		x	
3026	.	x	.		x		x
3029	.	x	.		x		x
3038	.	x	.		x		x
3044	.	x	.		x		x
3050	.	x	.	x			x
3065	.	x	.		x		x
3077	.	x	.		x		x
3080	.	x	.		x	x	
3092	.	x	.	x			x
3095	.	x	.		x	x	
3110	.	x	.		x		x
3113	.	x	.	x			x
3116	.	x	.	x			x
3122	.	x	.		x	x	

arquivo	variável			diagnóstico do observador - voxel 0.3		diagnóstico do observador - voxel 0.2	
	fratura	endo	núcleo	sim	não	sim	não
3125	.	x	.		x		x
3128	.	x	.	x			x
3134	.	x	.		x		x
3137	.	x	.		x	x	
3140	.	x	.		x		x
3143	.	x	.		x		x
3149	.	x	.		x		x
3152	.	x	.		x	x	
3155	.	x	.		x		x
3158	.	x	.	x		x	
3161	.	x	.		x		x
3167	.	x	.	x			x
3176	.	x	.		x	x	
3179	.	x	.		x		x
3015	.	x	x		x	x	
3018	.	x	x	x		x	
3027	.	x	x		x		x
3030	.	x	x	x		x	
3039	.	x	x		x		x
3045	.	x	x	x			x
3051	.	x	x	x			x
3066	.	x	x		x		x
3078	.	x	x		x	x	
3081	.	x	x		x	x	

arquivo	variável			diagnóstico do observador - voxel 0.3		diagnóstico do observador - voxel 0.2	
	fratura	endo	núcleo	sim	não	sim	não
3093	.	x	x	x			x
3096	.	x	x		x	x	
3111	.	x	x		x		x
3114	.	x	x		x	x	
3117	.	x	x		x		x
3123	.	x	x	x			x
3126	.	x	x		x		x
3129	.	x	x	x		x	
3135	.	x	x		x		x
3138	.	x	x		x		x
3141	.	x	x	x		x	
3144	.	x	x		x		x
3150	.	x	x	x		x	
3153	.	x	x		x		x
3156	.	x	x		x		x
3159	.	x	x	x			x
3162	.	x	x		x		x
3168	.	x	x		x		x
3177	.	x	x	x			x
3180	.	x	x		x		x
3001	x	.	.		x	x	
3004	x	.	.	x		x	
3007	x	.	.	x		x	
3010	x	.	.		x		x



arquivo	variável			diagnóstico do observador - voxel 0.3		diagnóstico do observador - voxel 0.2	
	fratura	endo	núcleo	sim	não	sim	não
3019	x	.	.		x	x	
3022	x	.	.	x		x	
3031	x	.	.	x		x	
3034	x	.	.	x		x	
3040	x	.	.		x	x	
3046	x	.	.	x		x	
3052	x	.	.		x	x	
3055	x	.	.	x		x	
3058	x	.	.		x	x	
3061	x	.	.		x	x	
3067	x	.	.	x		x	
3070	x	.	.	x		x	
3073	x	.	.	x		x	
3082	x	.	.		x	x	
3085	x	.	.	x		x	
3088	x	.	.		x		x
3097	x	.	.		x	x	
3100	x	.	.	x			x
3103	x	.	.		x		x
3106	x	.	.	x		x	
3118	x	.	.		x	x	
3130	x	.	.		x		x
3145	x	.	.	x		x	
3163	x	.	.	x		x	

arquivo	variável			diagnóstico do observador - voxel 0.3		diagnóstico do observador - voxel 0.2	
	fratura	endo	núcleo	sim	não	sim	não
3169	x	.	.	x		x	
3172	x	.	.		x	x	
3002	x	x	.		x	x	
3005	x	x	.	x		x	
3008	x	x	.	x		x	
3011	x	x	.		x	x	
3020	x	x	.	x		x	
3023	x	x	.	x		x	
3032	x	x	.	x		x	
3035	x	x	.		x	x	
3041	x	x	.		x	x	
3047	x	x	.	x		x	
3053	x	x	.		x		x
3056	x	x	.	x		x	
3059	x	x	.		x	x	
3062	x	x	.		x	x	
3068	x	x	.	x		x	
3071	x	x	.		x	x	
3074	x	x	.		x	x	
3083	x	x	.	x			x
3086	x	x	.	x		x	
3089	x	x	.		x	x	
3098	x	x	.		x	x	
3101	x	x	.	x		x	

arquivo	variável			diagnóstico do observador - voxel 0.3		diagnóstico do observador - voxel 0.2	
	fratura	endo	núcleo	sim	não	sim	não
3104	x	x	.		x	x	
3107	x	x	.		x	x	
3119	x	x	.		x	x	
3131	x	x	.	x		x	
3146	x	x	.		x	x	
3164	x	x	.	x		x	
3170	x	x	.	x		x	
3173	x	x	.		x	x	
3003	x	x	x	x		x	
3006	x	x	x		x	x	
3009	x	x	x	x		x	
3012	x	x	x		x	x	
3021	x	x	x	x		x	
3024	x	x	x	x		x	
3033	x	x	x	x		x	
3036	x	x	x		x	x	
3042	x	x	x		x		x
3048	x	x	x	x		x	
3054	x	x	x	x			x
3057	x	x	x	x		x	
3060	x	x	x		x		x
3063	x	x	x		x		x
3069	x	x	x		x	x	
3072	x	x	x		x	x	

arquivo	variável			diagnóstico do observador - voxel 0.3		diagnóstico do observador - voxel 0.2	
	fratura	endo	núcleo	sim	não	sim	não
3075	x	x	x	x		x	
3084	x	x	x		x	x	
3087	x	x	x	x		x	
3090	x	x	x		x		x
3099	x	x	x	x			x
3102	x	x	x	x		x	
3105	x	x	x		x	x	
3108	x	x	x		x	x	
3120	x	x	x		x		x
3132	x	x	x	x			x
3147	x	x	x	x		x	
3165	x	x	x	x		x	
3171	x	x	x	x		x	
3174	x	x	x		x		x

## APÊNDICE C – MATRIZES DA CALIBRAÇÃO

### VOXEL 0.2

		2ª AVALIAÇÃO		
		SIM	NÃO	TOTAL
1ª AVALIAÇÃO	SIM	15	1	16
	NÃO	0	14	14
	TOTAL	15	15	

$$\begin{aligned}
 \text{KAPPA} &= 2(AD - BC)/(N1N4 + N2N3) \\
 &= 2(15 \times 14 - 1 \times 0)/(16 \times 15 + 14 \times 15) \\
 &= 420/450 \\
 \text{KAPPA} &= 0,93
 \end{aligned}$$

### VOXEL 0.3

		2ª AVALIAÇÃO		
		SIM	NÃO	TOTAL
1ª AVALIAÇÃO	SIM	8	0	8
	NÃO	2	20	22
	TOTAL	10	20	

$$\begin{aligned}
 \text{KAPPA} &= 2(AD - BC)/(N1N4 + N2N3) \\
 &= 2(8 \times 20 - 2 \times 0)/(8 \times 20 + 22 \times 10) \\
 &= 320/380 \\
 \text{KAPPA} &= 0,84
 \end{aligned}$$

APÊNDICE D – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E  
ESCLARECIDO



**SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL**  
**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE**  
**DEPARTAMENTO DE ODONTOLOGIA**  
**DISCIPLINA DE RADIOLOGIA ODONTOLÓGICA**  
Campus Universitário – Trindade – Fpolis/SC – CEP 88040-370  
Fone: (48) 37219630

---

**TERMO DE DOAÇÃO**

Prezado participante,

Todas as informações contidas neste termo foram fornecidas pelo Cirurgião-Dentista **Saulo Leonardo Sousa Melo**, aluno do Curso de Mestrado em Radiologia Odontológica e Imaginologia do Centro de Ciências da Saúde da UFSC, sob orientação do Professor Dr **Márcio Corrêa** do Departamento de Odontologia do CCS/UFSC.

O objetivo deste documento é informar sobre a realização do trabalho **"Acurácia da tomografia computadorizada de feixe cônico no diagnóstico de fraturas radiculares"**, para obter uma autorização por escrito para a sua participação espontânea na pesquisa.

O(a) Sr(a) apresentou alguma doença no(s) dente(s) \_\_\_\_\_ e recebeu o diagnóstico e/ou tratamento na UFSC. O tratamento indicado e realizado foi a extração do(s) dente(s) envolvido(s) pela doença. Este trabalho pretende utilizar este dente extraído por motivo de doença e nele induzir a fratura radicular para avaliar a eficiência da tomografia computadorizada de feixe cônico na observação destas fraturas. A comprovação da

eficiência deste exame fará com que o dentista escolha o melhor tratamento, trazendo benefícios aos pacientes acometidos por fraturas radiculares no futuro.

Assinando este termo o(a) Sr(a) concorda em participar do trabalho a partir da doação do(s) seu(s) dente(s) extraído(s). Vale ressaltar que esse(s) dente(s) foi(foram) extraído(s) por indicação terapêutica para a melhoria da sua saúde, como documentado no seu prontuário odontológico, arquivado sob a responsabilidade do Departamento de Odontologia da UFSC.

Em nenhum momento o nome do Sr(a) será vinculado a qualquer parte do trabalho.

Este procedimento não lhe causará qualquer prejuízo e a sua participação nesta pesquisa não lhe trará nenhum custo e nem será remunerada. Ressaltamos que este material não será usado para pesquisa genética. Os dados obtidos serão arquivados sob a supervisão do pesquisador principal e o mesmo se responsabiliza pela confidencialidade das informações.

Garantimos que o Sr(a) receberá respostas ou esclarecimentos a todas as suas perguntas sobre os assuntos relacionados ao trabalho, por meio do contato com os pesquisadores, segunda à sextas-feiras, na sala dos professores da Disciplina de Radiologia no Ambulatório de Radiologia Odontológica do CCS/UFSC, ou nos telefones (48) 3721 9630, (48) 99169779 (telefone celular, Saulo) ou (48) 84117100 (telefone celular, Prof Márcio). Os pesquisadores assumem o compromisso de proporcionar informações atualizadas obtidas durante o estudo.

O Sr(a) tem a liberdade de retirar seu consentimento a qualquer momento, deixando de participar do estudo, sem qualquer represália ou prejuízo, através do contato com o Saulo pelo telefone (48) 99169779 (telefone celular) ou e-mail [slsmelo@uol.com.br](mailto:slsmelo@uol.com.br).

## CONSENTIMENTO PÓS-INFORMADO

Eu, .....,  
portador do RG:..... e CPF:.....  
concordo em participar do trabalho: "**Acurácia da tomografia  
computadorizada de feixe cônico no diagnóstico de  
fraturas radiculares**", bem como com a utilização do material  
coletado, desde que seja mantido o sigilo de minha identificação,  
conforme normas do Comitê de Ética em Pesquisa com Seres  
Humanos desta Universidade. A minha participação é voluntária  
podendo ser suspensa a qualquer momento.

Florianópolis, ..... de ..... de 200....

Assinatura do participante

Pesquisador Principal  
Saulo Leonardo Sousa Melo  
RG 1358328

Pesquisador Responsável  
Prof Dr Márcio Corrêa  
RG 1660993





*Anexos*

---



## ANEXO A – Parecer Consubstanciado do Comitê de Ética e Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de Santa Catarina



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
 Pró-Reitoria de Pesquisa e Extensão  
 Comitê de Ética na Pesquisa em Seres Humanos

**CERTIFICADO** Nº 224

O Comitê de Ética na Pesquisa em Seres Humanos (CEPSH) da Pró-Reitoria de Pesquisa e Extensão da Universidade Federal de Santa Catarina, instituído pela PORTARIA N.º0584/GR/99 de 04 de novembro de 1999, com base nas normas para a constituição e funcionamento do CEPSH, considerando o conteúdo no Regimento Interno do CEPSH, **CERTIFICA** que os procedimentos que envolvem seres humanos no projeto de pesquisa abaixo especificado estão de acordo com os princípios éticos estabelecidos pela Comissão Nacional de Ética em Pesquisa - CONEP

**APROVADO**

**PROCESSO:** 180/09

**FR-** 271239

**TÍTULO:** Acurácia da tomografia computadorizada de feixe cônico no diagnóstico de fraturas radiculares.

**AUTOR:** Márcio Córrea e Saulo Leonardo Sousa Melo.

**DPTO.:** CCS/UFSC

**FLORIANÓPOLIS, 27 de julho de 2009.**

Coordenador do CEPSH/UFSC - Prof.º Washington Portela de Souza

## **ANEXO B – Normas utilizadas na formatação do artigo**

### **AAE The Root Canal Specialists Guidelines for Publishing Papers in the JOE**

Writing an effective article is a challenging assignment. The following guidelines are provided to assist authors in submitting manuscripts.

The *JOE* publishes original and review articles related to the scientific and applied aspects of endodontics. Moreover, the *JOE* has a diverse readership that includes full-time clinicians, full-time academicians, residents, students and scientists. Effective communication with this diverse readership requires careful attention to writing style.

#### **1. General Points on Composition**

Authors are strongly encouraged to analyze their final draft with both software (e.g., spelling and grammar programs) and colleagues who have expertise in English grammar. References listed at the end of this section provide a more extensive review of rules of English grammar and guidelines for writing a scientific article. Always remember that clarity is the most important feature of scientific writing. Scientific articles must be clear and precise in their content and concise in their delivery since their purpose is to inform the reader. The Editor reserves the right to edit all manuscripts or to reject those manuscripts that lack clarity or precision, or have unacceptable grammar. The following list represents common errors in manuscripts submitted to the *JOE*:

a. The paragraph is the ideal unit of organization. Paragraphs typically start with an introductory sentence that is followed by sentences that describe additional detail or examples. The last sentence of the paragraph provides conclusions and forms a transition to the next paragraph. Common problems include one-sentence paragraphs, sentences that do not develop the theme of the paragraph (see also section “c”, below), or sentences with little to no transition within a paragraph.

b. Keep to the point. The subject of the sentence should support the subject of the paragraph. For example, the introduction of authors' names in a sentence changes the subject and lengthens the text. In a

paragraph on sodium hypochlorite, the sentence, “In 1983, Langeland et al., reported that sodium hypochlorite acts as a lubricating factor during instrumentation and helps to flush debris from the root canals” can be edited to: “Sodium hypochlorite acts as a lubricant during instrumentation and as a vehicle for flushing the generated debris (Langeland et al., 1983)”. In this example, the paragraph’s subject is sodium hypochlorite and sentences should focus on this subject.

c. Sentences are stronger when written in the active voice, i.e., the subject performs the action. Passive sentences are identified by the use of passive verbs such as “was,” “were,” “could,” etc. For example: “Dexamethasone was found in this study to be a factor that was associated with reduced inflammation”, can be edited to: “Our results demonstrated that dexamethasone reduced inflammation”. Sentences written in a direct and active voice are generally more powerful and shorter than sentences written in the passive voice.

d. Reduce verbiage. Short sentences are easier to understand. The inclusion of unnecessary words is often associated with the use of a passive voice, a lack of focus or run-on sentences. This is not to imply that all sentences need be short or even the same length. Indeed, variation in sentence structure and length often helps to maintain reader interest. However, make all words count. A more formal way of stating this point is that the use of subordinate clauses adds variety and information when constructing a paragraph.(This section was written deliberately with sentences of varying length to illustrate this point.)

e. Use parallel construction to express related ideas. For example, the sentence, “Formerly, Endodontics was taught by hand instrumentation, while now rotary instrumentation is the common method”, can be edited to “Formerly, Endodontics was taught using hand instrumentation; now it is commonly taught using rotary instrumentation”. The use of parallel construction in sentences simply means that similar ideas are expressed in similar ways, and this helps the reader recognize that the ideas are related.

f. Keep modifying phrases close to the word that they modify. This is a common problem in complex sentences that may confuse the

reader. For example, the statement, “Accordingly, when conclusions are drawn from the results of this study, caution must be used”, can be edited to “Caution must be used when conclusions are drawn from the results of this study”.

g. To summarize these points, effective sentences are clear and precise, and often are short, simple and focused on one key point that supports the paragraph’s theme.

### **General Points on the Organization of Original Research Manuscripts**

**Please Note:** *Starting in 2009, all abstracts should be organized into sections that start with a one-word title (in bold), i.e., Introduction, Methods, Results, Conclusions, etc., and should not exceed more than 250 words in length.*

**Title Page:** The title should describe the major conclusion of the paper. It should be as short as possible without loss of clarity. Remember that the title is your advertising billboard—it represents your major opportunity to solicit readers to spend the time to read your paper. It is best not to use abbreviations in the title since this may lead to imprecise coding by electronic citation programs such as PubMed (e.g., use “sodium hypochlorite” rather than NaOCl). The author list must conform to published standards on authorship (see authorship criteria in the Uniform Requirements for Manuscripts Submitted to Biomedical Journals at [www.icmje.org](http://www.icmje.org)).

**Abstract:** The abstract should concisely describe the purpose of the study, the hypothesis, methods, major findings and conclusions. The abstract should describe the new contributions made by this study. The word limitations (250 words) and the wide distribution of the abstract (e.g., PubMed) make this section challenging to write clearly. This section often is written last by many authors since they can draw on the rest of the manuscript. Write the abstract in past tense since the study has been completed. Three to ten keywords should be listed below the abstract.

**Introduction:** The introduction should briefly review the pertinent literature in order to identify the gap in knowledge that the study is intended to address. The purpose of the study, the tested hypothesis and its scope should be described. Authors should realize that this

section of the paper is their primary opportunity to establish communication with the diverse readership of the *JOE*. Readers who are not expert in the topic of the manuscript are likely to skip the paper if the introduction fails to provide sufficient detail. However, many successful manuscripts require no more than a few paragraphs to accomplish these goals.

**Material and Methods:** The objective of the methods section is to permit other investigators to repeat your experiments. The three components to this section are the experimental design, the procedures employed, and the statistical tests used to analyze the results. The vast majority of manuscripts should cite prior studies using similar methods and succinctly describe the particular aspects used in the present study. The inclusion of a “methods figure” will be rejected unless the procedure is novel and requires an illustration for comprehension. If the method is novel, then the authors should carefully describe the method and include validation experiments. If the study utilized a commercial product, the manuscript should state that they either followed manufacturer’s protocol or specify any changes made to the protocol. Studies on humans should conform to the Helsinki Declaration of 1975 and state that the institutional IRB approved the protocol and that informed consent was obtained. Studies involving animals should state that the institutional animal care and use committee approved the protocol. The statistical analysis section should describe which tests were used to analyze which dependent measures; p-values should be specified. Additional details may include randomization scheme, stratification (if any), power analysis, drop-outs from clinical trials, etc.

**Results:** Only experimental results are appropriate in this section (i.e., neither methods nor conclusions should be in this section). Include only those data that are critical for the study. Do not include all available data without justification, any repetitive findings will be rejected from publication. All Figs./Charts/Tables should be described in their order of numbering with a brief description of the major findings.

**Figures:** There are two general types of figures. The first type of figure includes photographs, radiographs or micrographs. Include only essential figures, and even if essential, the use of composite figures containing several panels of photographs is encouraged. For



example, most photo-, radio- or micrographs take up one column-width, or about 185 mm wide X 185 mm tall. If instead, you construct a two columns-width figure (i.e., about 175 mm wide X 125 mm high when published in the *JOE*), you would be able to place about 12 panels of photomicrographs (or radiographs, etc.) as an array of four columns across and three rows down (with each panel about 40 X 40 mm). This will require some editing on your part given the small size of each panel, you will only be able to illustrate the most important feature of each photomicrograph. Remember that each panel must be clearly identified with a letter (e.g., “A”, “B”, etc.), in order for the reader to understand each individual panel. Several nice examples of composite figures are seen in recent articles by Chang, et al, (*JOE* 28:90, 2002), Hayashi, et al, (*JOE* 28:120, 2002) and by Davis, et al (*JOE* 28:464, 2002). At the Editor’s discretion, color figures may be published at no cost to the authors. However, the Editor is limited by a yearly allowance and this offer does not include printing of reprints.

The second type of figure are graphs (i.e., line drawings) that plot a dependent measure (on the Y axis) as a function of an independent measure (usually plotted on the X axis). Examples include a graph depicting pain scores over time, etc. Graphs should be used when the overall trend of the results are more important than the exact numerical values of the results. For example, a graph is a convenient way of reporting that an ibuprofen treated group reported less pain than a placebo group over the first 24 hours, but was the same as the placebo group for the next 96 hours. In this case, the trend of the results is the primary finding; the actual pain scores are not as critical as the relative differences between the NSAID and placebo groups.

**Tables:** Tables are appropriate when it is critical to present exact numerical values. However, not all results need be placed in either a table or figure. For example, the following table may not necessary:

% NaOCl	N/Group	% Inhibition of Growth
0.001	5	0
0.003	5	0
0.01	5	0
0.03	5	0
0.1	5	100
0.3	5	100
1	5	100

Instead, the results could simply state that there was no inhibition of growth from 0.001-0.03% NaOCl, and a 100% inhibition of growth from 0.03-3% NaOCl (N=5/group). Similarly, if the results are not significant, then it is probably not necessary to include the results in either a table or as a figure. These and many other suggestions on figure and table construction are described in additional detail in Day (1998).

**Discussion:** The conclusion section should describe the major findings of the study. Both the strength and weaknesses of the observations should be discussed. What are the major conclusions of the study? How does the data support these conclusions? How do these findings compare to the published literature? What are the clinical implications? Although this last section might be tentative given the nature of a particular study, the authors should realize that even preliminary clinical implications might have value for the clinical readership. Ideally, a review of the potential clinical significance is the last section of the discussion.

**References:** The reference style follows Index Medicus and can be efficiently learned from reading past issues of the *JOE*. Citations are placed in parentheses at the end of a sentence or at the end of a clause that requires a literature citation. Do not use superscript for references. Original reports are limited to 35 references. There are no limits in the number of references for review articles.

### **Page Limitations for Manuscripts in the Category of Basic Science/Endodontic Techniques**

**What is the limitation?** Original research reports in the category of basic science/endodontic techniques are limited to no more than 2,000 words (total for the abstract, introduction, methods, results and conclusions), and a total of three Figs./Charts/Tables. If a composite figure is used (as described above), then this will count as two of the three permitted Figs./Charts/Tables.

**Does this apply to me?** Manuscripts submitted to the *JOE* can be broadly divided into several categories including review articles, clinical trials (e.g., prospective or retrospective studies on patients or patient records, or research on biopsies excluding the use of human

teeth for technique studies), basic science/biology (animal or culture studies on biological research related to endodontics, or relevant pathology or physiology), and basic science/techniques (e.g., stress/strain/compression/strength/failure/composition studies on endodontic instruments or materials). Manuscripts submitted in this last category are the only category subject to these limitations. If you are not sure whether your manuscript falls within this category please contact the Editor by e-mail at [jendodontics@uthscsa.edu](mailto:jendodontics@uthscsa.edu).

**Why page limitations?** Most surveyed stakeholders of the *JOE* desire timely publication of submitted manuscripts and an extension of papers to include review articles and other features. To accomplish these goals, we must reduce the average length of manuscripts since increasing the *JOE*'s number of published pages is prohibitively expensive. Although a difficult decision, restricting this one category of manuscripts accomplishes nearly all of these goals since ~40-50% of published papers are in this category.

**How do I make my manuscript fit these limitations?** Adhering to the general writing methods described in these guidelines (and in the resources listed below) will help to reduce the size of the manuscript. Authors are encouraged to focus on only the essential aspects of the study and to avoid inclusion of extraneous text and figures. The Editor will reject manuscripts that exceed these limitations.

**5. Available Resources:**

- Strunk W, White EB. *The Elements of Style*. Allyn & Bacon, 4th ed, 2000, ISBN 020530902X
- Day R.. *How to Write and Publish a Scientific Paper*. Oryx Press, 5th ed. 1998. ISBN 1-57356-164-9
- Woods G. *English Grammar for Dummies*. Hungry Minds:NY, 2001 (an entertaining review of grammar)
- Alley M. *The Craft of Scientific Writing*. Springer, 3rd edition 1996 SBN
- Alley M. *The Craft of Editing*. Springer, 2000 SBN 0-387-98964-1.

## ANEXO C – Relação de outros trabalhos publicados ou enviados para publicação durante o Mestrado

### 1. ARTIGO COMPLETO PUBLICADO EM PERIÓDICO

- a. MELO, Saulo Leonardo Sousa; REBELLO, Ieda Margarida Crusoé; MELO, Maria de Fátima Batista de; CORREA, Márcio.

Considerações sobre a tomografia computadorizada de feixe cônico. Revista Catarinense de Implantodontia. , v.8, p.40 - 42, 2008.

### 2. ARTIGOS ACEITOS PARA PUBLICAÇÃO

- a. AUST, Scheila; CORREA, Márcio; ABREU JR, Murillo José Nunes; GRANDO, Liliane Janete; MELO, Saulo Leonardo Sousa; ABDALA, Daniel Duarte; BERTOLDI, Rafael Floriani.

Comparative study of linear measurements performed in magnetic resonance and computed tomography images with the aid of an image realignment software. RPG. Revista de Pós-Graduação (USP), 2009.

### 3. TRABALHOS PUBLICADOS EM ANAIS DE EVENTOS (RESUMO)

- a. MELO, Saulo Leonardo Sousa; AUST, Scheila; CORREA, Márcio; ABREU JR, Murillo José Nunes; MELO, Maria de Fátima Batista de.

Acurácia das imagens por ressonância magnética para medidas lineares em Odontologia In: 26ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Pesquisa Odontológica, 2009, Águas de Lindóia. Brazilian Oral Research. São Paulo: SBPqO, 2009. v.23. p.243 – 243.

- b. OENNING, Anne Caroline Costa; SA, Saione Cruz; MELO, Maria de Fátima Batista de; MELO, Saulo Leonardo Sousa; CORREA, Márcio.

Destino dado aos resíduos de materiais radiográficos pelos cirurgiões-dentistas In: 26ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Pesquisa Odontológica, 2009, Águas de Lindóia. Brazilian oral research. São Paulo: SBPqO, 2009. v.23. p.345 – 345.

- c. MELO, Saulo Leonardo Sousa; MODOLO, Filipe; MELO, Maria de Fátima Batista de; ALMEIDA, Ana Fátima Silva de; CORREA, Márcio.

Displasia óssea florida associada à osteomielite agressiva secundária In: 17º Congresso Brasileiro de Estomatologia,

- 2009, Porto Alegre. Anais do 17º Congresso Brasileiro de Estomatologia. , 2009. v.único. p.76 – 76.
- d. MELO, Saulo Leonardo Sousa; CORREA, Márcio; CORREA, Letícia Ruhland; ABREU JR, Murillo José Nunes.  
Aspecto radiográfico de 'raios de sol' em um caso de 'lesão reativa' In: XV Jornada da Associação Brasileira de Radiologia Odontológica, 2008, Rio de Janeiro. Revista da ABRO. São Paulo: ABRO, 2008. v.09. p.66 – 67.
- e. MELO, Saulo Leonardo Sousa; CORREA, Márcio; SANTOS, Christiano Oliveira dos; REBELLO, Ieda Margarida Crusoé; TORRES, Marianne Gomes Guanaes.  
Avaliação do coeficiente de atenuação de ameloblastomas e tumores odontogênicos queratocísticos em imagens axiais por tomografia computadorizada In: XV Jornada da Associação Brasileira de Radiologia Odontológica, 2008, Rio de Janeiro. Revista da ABRO. São Paulo: ABRO, 2008. v.09. p.81 – 81.
- f. MELO, Saulo Leonardo Sousa; OENNING, Anne Caroline Costa; MELO, Maria de Fátima Batista de; ALMEIDA, Ana Fátima Silva de; CORREA, Márcio.  
Displasia óssea florida - relato de um caso In: XV Jornada da Associação Brasileira de Radiologia Odontológica, 2008, Rio de Janeiro. Revista da ABRO. São Paulo: ABRO, 2008. v.09. p.72 – 72.
- g. MELO, Saulo Leonardo Sousa; CORREA, Márcio; REBELLO, Ieda Margarida Crusoé; CORREA, Letícia Ruhland; ABREU JR, Murillo José Nunes.  
Tomografia computadorizada de feixe cônico - propriedades e aplicações em casos clínicos In: XV Jornada da Associação Brasileira de Radiologia Odontológica, 2008, Rio de Janeiro. Revista da ABRO. São Paulo: ABRO, 2008. v.09. p.46 – 47.
- h. MELO, Saulo Leonardo Sousa; CORREA, Márcio; ABREU JR, Murillo José Nunes; SALUM, Guilherme Chioldelli; CORREA, Letícia Ruhland.  
A imagem radiográfica digital no cotidiano do cirurgião-dentista In: 7ª Semana de Ensino, Pesquisa e Extensão da UFSC, 2008, Florianópolis. Anais da 7ª Semana de Ensino Pesquisa e Extensão. Florianópolis: UFSC, 2008. v.2008.
- i. MELO, Saulo Leonardo Sousa; CORREA, Márcio; ABREU JR, Murillo José Nunes; SALUM, Guilherme Chioldelli; CORREA, Letícia Ruhland.

Avaliação da osseointegração de enxertos ósseos alveolares pela tomografia computadorizada de feixe cônico In: 7ª Semana de Ensino, Pesquisa e Extensão da UFSC, 2008, Florianópolis. Anais da 7ª Semana de Ensino Pesquisa e Extensão. Florianópolis: UFSC, 2008. v.2008.

- j. MELO, Saulo Leonardo Sousa; CORREA, Márcio; ABREU JR, Murillo José Nunes; SALUM, Guilherme Chiodelli; CORREA, Letícia Ruhland.

Avaliação de fraturas dento-alveolares pela tomografia computadorizada de feixe cônico In: 7ª Semana de Ensino, Pesquisa e Extensão da UFSC, 2008, Florianópolis. Anais da 7ª Semana de Ensino Pesquisa e Extensão. Florianópolis: UFSC, 2008. v.2008.

- k. MELO, Saulo Leonardo Sousa; CORREA, Márcio; ABREU JR, Murillo José Nunes; SALUM, Guilherme Chiodelli; CORREA, Letícia Ruhland.

Tomografia computadorizada de feixe cônico - A revolução da imagem na Odontologia In: 7ª Semana de Ensino, Pesquisa e Extensão da UFSC, 2008, Florianópolis. Anais da 7ª Semana de Ensino Pesquisa e Extensão. Florianópolis: UFSC, 2008. v.2008.

**ANEXO D – Normas do Programa de Pós-Graduação em Odontologia da UFSC**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA  
FONE/FAX (48) 3319531  
e-mail:cpgo@ccs.ufsc.br**

Normalização do Programa de Pós-Graduação em Odontologia para apresentação do trabalho de conclusão do Curso no Mestrado e Doutorado

O Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Odontologia, resolve aprovar medidas para sistematizar a apresentação dos trabalhos de conclusão de curso para a obtenção do título de Mestre e Doutor em Odontologia, na área que esteja cursando.

Os trabalhos poderão ser apresentados respectivamente na forma de Tese, Dissertação e Artigo para Publicação.

- 1) As formas de Dissertação e Tese seguirão as normas estabelecidas pela ABNT, já utilizadas por este programa.
- 2) No formato de artigo para publicação o trabalho deverá ser apresentado na forma que segue:

**CAPITULO I**

- 1) Resumo, 2) Abstract : Este itens deverão estar na forma como é apresentado nas Teses e Dissertações, ou seja, deve conter o conteúdo total do ou dos artigos apresentados.

**CAPITULO II**

- 1) Introdução: A introdução deve ser geral, contendo uma revisão da literatura objetiva e concentrada dos trabalhos principais e mais relevantes. Deve incluir a proposta do trabalho e seus objetivos.

### CAPITULO III

- 1) Artigo para Publicação: Poderão ser incluídos um ou mais artigos que estejam relacionados com a proposta e objetivos do trabalho.
  - Inc. 1) O(s) artigo(s) deverá(ao) apresentar a formatação (resumo, introdução, material e métodos, discussão, conclusão, referências, gráficos, figuras, tabelas etc.) de acordo com a revista a que será submetido.
  - Inc. 2) O(s) artigo(s) produzido(s) para a obtenção do título de Mestre e Doutor, deverá(ao) ser de preferência para publicação em Revistas Qualis A ou B Internacional secundariamente em Qualis C Internacional ou A Nacional.
  - Inc. 3) O(s) artigo(s) produzido(s) deverá(ao) ser apresentados em Português e no idioma da revista de destino.

### CAPITULO IV

- 1) Bibliografia Consultada: Este tópicos servirá para a colocação das referências que entraram na introdução geral e metodologia, mas que não fazem parte do(s) artigo(s), conforme ABNT ou Vancouver.

### CAPITULO V

- 1) Anexos e Apêndices: Farão parte deste tópico:
  1. Partes da Metodologia que não entraram no artigo como: Metodologia expandida, ou seja, textos preliminares ou textos coadjuvantes ou outras explicações necessárias, banco de dados originais, tratamento estatístico etc.
  2. Forma de consentimento livre e esclarecido, se necessário
  3. Aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa (humanos e animais), se necessário
  4. Relação de outros trabalhos publicados ou enviados para publicação durante o Mestrado e ou Doutorado