UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE RIBEIRÃO PRETO

AMANDA BUOSI DE BIAGI

**Avaliação, por meio de microtomografia computadorizada, da
anatomia interna e externa de primeiros pré-molares superiores.**

Ribeirão Preto
2014

AMANDA BUOSI DE BIAGI

Avaliação, por meio de microtomografia computadorizada, da anatomia interna e externa de primeiros pré-molares superiores.

Dissertação de Mestrado apresentada à Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo para a obtenção do grau de Mestre em Ciências – Programa: Odontologia Restauradora - Área de concentração: Odontologia Restauradora (Opção: Endodontia).

Orientador: Prof. Dr. Paulo César Saquy

Ribeirão Preto

2014

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Assinatura do autor: _____ Data: ____/____/2014

FICHA CATALOGRÁFICA

Biagi, Amanda Buosi.

Avaliação, por meio de microtomografia computadorizada, da anatomia interna e externa de primeiros pré-molares superiores. Ribeirão Preto, 2014.

133p.: il.; 30cm

Dissertação de mestrado, apresentada na Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo (FORP-USP), área de concentração: Odontologia Restauradora - Endodontia.

Orientador: Prof. Dr. Paulo César Saquy

1. Pré-molares superiores. 2. Sulcos Radiculares. 3. Microtomografia Computadorizada.

FOLHA DE APROVAÇÃO

BIAGI, A. B. Avaliação, por meio de microtomografia computadorizada, da anatomia interna e externa de primeiros pré-molares superiores.

Dissertação de Mestrado apresentada à
Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto da
Universidade de São Paulo para a obtenção do
grau de Mestre em Ciências

Programa: Odontologia Restauradora

Área de concentração: Odontologia
Restauradora (Opção: Endodontia).

Aprovado em: ____/____/____

Banca Examinadora

Prof. Dr. Paulo César Saquy (Orientador) Instituição: Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto/USP

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof(a). Dr(a).: _____ Instituição _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof(a). Dr(a).: _____ Instituição _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof(a). Dr(a).: _____ Instituição _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Este trabalho de pesquisa foi realizado no Laboratório de Pesquisa em Endodontia do Departamento de Odontologia Restauradora da Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo

Dedicatória

Ao meu pai, **Valter de Biagi**, grande incentivador em relação aos meus estudos e meu maior exemplo de luta, simplicidade e honestidade, que junto com a minha mãe, nunca mediu esforços para me ajudar na busca e na realização de todos os meus sonhos. Não existem palavras para expressar meu amor, carinho e admiração.

À minha mãe, **Helena Luiza Buosi de Biagi**, minha melhor amiga, companheira de todos os momentos, exemplo, orgulho e espelho de mim mesma. Obrigada por toda a paciência, carinho, incentivo, apoio, e por sempre encontrar em você muito amor. Sem vocês esse sonho jamais teria se tornado realidade. Muito obrigada!

Ao **Caio Marchini**, pelo sorriso calmante e pelo melhor abraço após cada longo dia de trabalho.

À toda a minha família, pela convivência e por sempre acreditarem na minha formação e me apoiarem.

Agradecimientos

Em primeiro lugar, a **Deus**, por tudo que tem me concedido e por me dar força física e espiritual para que eu possa realizar meu trabalho sempre da melhor maneira possível.

Ao meu orientador, **Prof. Dr. Paulo César Saquy**, pela oportunidade de iniciação, desenvolvimento e finalização dessa nova etapa na carreira científica.

Ao **Prof. Dr. Manoel Damião de Sousa Neto**, por toda a paciência, pelo conhecimento compartilhado e orientação, que me acompanha desde a graduação, fundamental na minha formação acadêmica e crescimento profissional.

Ao **Prof. Dr. Jesus Djalma Pécora**, um exemplo de pesquisador e homem a frente do seu tempo, obrigada por todos os conhecimentos científicos e pela troca de vivências em conversas informais.

Ao **Prof. Dr. Antônio Miranda da Cruz Filho**, pela amizade construída ao longo de toda a minha formação acadêmica, e com seu jeito calmo e seguro, sempre foi um grande parceiro nos momentos difíceis.

Ao **Prof. Dr. Luiz Pascoal Vansan**, pela amizade surgida nos corredores do departamento e pelos conhecimentos transmitidos durante conversas informais.

Aos amigos da Pós-Graduação, **Alessandro Lamira, Breno de Souza Nantes, Bruno Mongilhott Crozeta, Emanuele Boschetti, Fernanda Plategher, Ivan Lobo Gava, Keila de Almeida Franceschini, Luis Eduardo Flamini, Paul Bacca Wisse, Poliana Vilaça, Rafael Rezende Ribeiro, Rodrigo Dantas, Samuel Henrique Câmara de Bem, Vanessa Lessa Cavalcanti de Araújo**, por todos os

momentos compartilhados, ensinamentos, experiências e risadas. Especialmente ao **Jardel Francisco Mazzi Chaves e Graziela Bianchi Leoni**, por toda a ajuda, companheirismo e paciência. Vocês foram fundamentais na conclusão desta etapa.

Ao técnico de laboratório **Reginaldo Santana**, pela constante colaboração e bom humor, tornando nossos dias mais alegres.

Ao funcionário e amigo, **Carlos Feitosa dos Santos**, pela sua dedicação e atenção, obrigada por todas as ajudinhas, lembranças de prazo e desabafos.

Às funcionárias **Luiza Pitol e Rosângela Angelini**, pela amizade, convivência e carinho.

À **CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior**, pela ajuda financeira.

À **Faculdade de Odontologia de Ribeirão preto – FORP USP**, que tem sido minha segunda casa desde a graduação permitindo meu crescimento pessoal e profissional.

“Alguns homens veem as coisas como são, e dizem ‘Por quê?’ Eu sonho com as coisas que nunca foram e digo ‘Por quê não?’ ”

(George Bernard Shaw)

RESUMO

BIAGI, A. B. **Avaliação, por meio de microtomografia computadorizada, da anatomia interna e externa de primeiros pré-molares superiores.** 2014, 133p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2014.

O objetivo do presente estudo foi avaliar a anatomia do sistema de canais radiculares (SCR) de 72 primeiros pré-molares superiores (32 unirradiculares, 30 birradiculares com sulcos e 10 trirradiculares), por meio de microtomografia computadorizada (μ CT). As amostras foram escaneadas no microtomógrafo SkyScan 1174 v2, e as imagens geradas foram reconstruídas para análise dos parâmetros bidimensionais (número, área, circularidade, diâmetro maior e menor, fator de forma) a 1, 2, 3 mm do forame apical e tridimensionais (volume, área de superfície, índice de estrutura do modelo - SMI, número e localização de canais acessórios), bem como avaliação das características anatômicas externas da raiz (presença, localização, profundidade e extensão do sulco e espessura interna e externa de dentina) e análise qualitativa dos modelos tridimensionais. Os resultados mostraram que o número máximo de canais no terço apical foi três. A 1 mm do forame apical, nos dentes unirradiculares, o diâmetro maior foi, em média, duas vezes maior que o diâmetro menor. O padrão de circularidade demonstrou forma circular com tendência ao achatamento dos canais dos dentes unirradiculares e uma forma mais circular nos canais dos bi e trirradiculares, principalmente nas raízes palatinas. Os resultados do fator de forma confirmaram a forma mais circular dos canais em todos os dentes avaliados. Na análise tridimensional, as maiores médias de volume ($14,84 \pm 10,78 \text{ mm}^3$) e área de superfície ($83,65 \pm 48,26 \text{ mm}^2$) foram encontradas nos canais radiculares dos pré-molares unirradiculares, e as menores médias de volume ($3,78 \pm 1,61 \text{ mm}^3$) e área de superfície ($25,11 \pm 6,17 \text{ mm}^2$) foram observadas na raiz disto-vestibular dos primeiros pré-molares superiores trirradiculares. Os valores de SMI foram semelhantes em todas as raízes nos três grupos dentais avaliados, evidenciando uma forma tridimensional cônica com tendência cilíndrica dos canais radiculares. A presença de um canal acessório variou de 45% a 100% no terço apical e de 15% a 100% no terço médio em todas as raízes dos grupos dentais avaliados. Na análise radicular externa, foram encontrados 35 sulcos radiculares (23 únicos e 12 duplos), sendo encontrados na face palatina da raiz vestibular em 100% dos pré-molares superiores birradiculares. A profundidade do sulco apresentou maior valor médio ($0,57 \pm 0,27 \text{ mm}$) na secção transversal correspondente à 1mm acima da metade da extensão total do sulco. O teste de correlação mostrou que nas secções transversais mais cervicais em relação ao suco, quanto maior a sua profundidade, maior é o achatamento e a ocorrência de divisão dos canais radiculares. Os modelos tridimensionais evidenciaram a prevalência da classificação tipo IV de Vertucci. Dessa forma, conclui-se que a μ CT possibilitou o estudo detalhado da anatomia interna e externa do SCR em primeiros pré-molares superiores uni, bi e trirradiculares.

Abstract

BIAGI, A. B. **Evaluation of the external and internal anatomy of maxillary first premolars, using computed microtomography.** 2014, 133p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2014.

The aim of this study was to evaluate the anatomy of the root canal system (RCS) of 72 maxillary first premolars (32 single-rooted, 30 two-rooted with radicular grooves and 10 three-rooted), using computed microtomography (μ TC). The specimens were scanned with the SkyScan 1174v2 microtomography device and the images were reconstructed for analysis of two-dimensional parameters (number, area, roundness, major diameter, minor diameter, and form factor) at 1, 2 and 3 mm of the apical foramen, and three-dimensional parameters (volume, surface area, structure model index - SMI, number and location of accessory canals), as well as examination of external anatomic characteristics of the roots (presence, location, depth and extension of the grooves, and internal and external dentin thickness) and qualitative analysis of the three-dimensional models. No more than three canals were found in the apical third. At 1 mm from the apical foramen in single-rooted teeth, mean values of the major diameter were twice as higher than those of the minor diameter. The roundness pattern of the canals revealed a round shape with a tendency to flattening in the single-rooted premolars, and a shape with more accentuated roundness in the two- and three-rooted premolars, mainly in the palatal roots. The form factor results confirmed the more circular shape of all teeth. In the three-dimensional analysis, the highest values of mean volume ($14.84 \pm 10.78 \text{ mm}^3$) and surface area ($83.65 \pm 48.26 \text{ mm}^2$) were found in the canals of the single-rooted premolars, and the lowest values of mean volume ($3.78 \pm 1.61 \text{ mm}^3$) and surface area ($25.11 \pm 6.17 \text{ mm}^2$) were observed in the distobuccal root of the three-rooted premolars. The mean SMI values were similar in all roots of the three groups of premolars, indicating a tendency to a 3D cylinder-like geometry of the canals. The presence of one accessory canal ranged from 45 to 100% in the apical third and 15 to 100% in the middle third in all evaluated roots. In the examination of the external root surface, 35 radicular grooves (23 singles and 12 doubles) were found, with prevalence (100%) in the palatal face of the buccal root in two-rooted premolars. The radicular groove depth presented higher mean value ($0.57 \pm 0.27 \text{ mm}$) in the cross-section corresponding to 1 mm above the middle point of the full length of the groove. The correlation test showed that in the cross-sections more coronal to the groove, the greater the depth, the more accentuated the flattening and the greater the occurrence of division of the canals within the root. The analysis of the three-dimensional models demonstrated the prevalence of Vertucci's type IV configuration. In conclusion, the use of μ CT provided a detailed evaluation of the internal and external anatomy of the RCS in single-rooted, two-rooted and three-rooted maxillary first premolars.

Sumário

SUMÁRIO

Introdução.....	31
Proposição.....	37
Material e Método.....	41
Resultados.....	55
Discussão.....	77
Conclusões.....	89
Referências Bibliográficas.....	93
Apêndices.....	101
Anexos.....	129

Introdução

O desconhecimento das variações anatômicas dos canais radiculares pode influenciar o preparo biomecânico, resultando em áreas não preparadas, o que compromete o processo de limpeza e desinfecção do sistema de canais radiculares (SCR) (SCHILDER, 1974; VERTUCCI, 2005; VERSIANI; PÉCORA; SOUSA-NETO, 2011a), e pode levar ao insucesso do tratamento endodôntico.

Em relação à anatomia dos primeiros pré-molares superiores, tem-se observado baixa incidência destes dentes com canal único (WALKER, 1988; PECORA et al., 1991; ÇALIŞKAN et al., 1995; WENG et al., 2009; TIAN et al., 2012). A descrição anatômica mais comumente relatada é de um dente com duas raízes cônicas e distintas e presença de dois canais (VERTUCCI, 1984; BELLIZZI; HARTWELL, 1985; ÇALIŞKAN et al., 1995; SERT; BAYIRLY, 2004; CANTATORE; BERUTTI; CASTELLUCCI, 2009). No entanto, essas raízes podem se apresentar fusionadas (RELVAS et al., 2013), além da ocorrência de dentes com três raízes distintas e separadas (SOARES; LEONARDO, 2003; ARISU; ALACAM, 2009; RELVAS et al., 2013).

CARROTE (2004) afirmou que os primeiros pré-molares superiores são dentes difíceis de realizar o tratamento endodôntico, uma vez que apresentam complexo sistema de canais radiculares, variando de raiz única com um canal e um forame até três raízes, três canais e três forames (CARNS; SKIDMORE, 1973), além de canais laterais, acessórios, istmos e deltas apicais. Por meio de diafanização, VERTUCCI (1984) e AWAWDEH; ABDULLAH; AL-QUDAH (2008) estudaram a anatomia interna de primeiros pré-molares superiores e observaram a existência de canal único em 3,3 a 30,8% dos dentes, dois canais em 69 a 79,7% dos dentes e a presença de três canais foi observada em 1,5 a 5% da amostra estudada.

Em relação à configuração morfológica do sistema de canais radiculares, VERTUCCI (1984) descreveu e classificou o sistema de canais radiculares de dentes permanentes humanos em oito tipos morfológicos distintos, considerando o número de canais e a localização das suas divisões. Posteriormente, outros estudos acrescentaram novos tipos morfológicos à classificação original (ÇALIŞKAN et al., 1995; KARTAL; ÖZÇELİK; CIMILLI, 1998; SERT; BAYIRLI, 2004; AWAWDEH; ABDULLAH; AL-QUDAH, 2008; LEONI et al., 2014). Nos pré-molares superiores, a configuração tipo IV de VERTUCCI, em que dois canais se estendem da câmara pulpar ao ápice, é o tipo mais frequentemente relatado (CARNS; SKIDMORE, 1973; AWAWDEH; ABDULLAH; AL-QUDAH, 2008; CANTATORE; BERUTTI; CASTELLUCCI, 2009). Segundo AWAWDEH; ABDULLAH; AL-QUDAH (2008), a prevalência da configuração tipo IV em pré-molares superiores foi de 79,7%, os autores observaram ainda duas novas configurações: (1) dois canais partem da câmara pulpar, e o canal vestibular se divide em dois canais até o ápice; (2) dois canais que deixam a câmara pulpar, o canal vestibular se divide em dois, que se juntam novamente no corpo da raiz e, por fim, se separam novamente em dois canais distintos próximo ao ápice.

Em relação à superfície radicular externa, tem sido relatada, nos pré-molares superiores, a presença de sulcos no sentido cérvico-apical na raiz vestibular, principalmente na face palatina (PINHEIRO JÚNIOR et al., 1993; JOSEPH; VARMA; BHAT, 1996; SIMON et al., 2000; TAMSE; KATZ; PILO, 2000; MATTUELLA et al., 2005; AL SHARANI et al., 2013; LI; LI; PAN, 2013). A profundidade dos sulcos está relacionada com o nível de bifurcação dos canais em dentes com raízes fusionadas. Nesse sentido, nos dentes que apresentam sulcos profundos o nível de bifurcação tende a ser mais cervical, e quando esse sulco apresenta-se de forma suave, a

bifurcação ocorre mais apicalmente (PINHEIRO JÚNIOR et al., 1993). Além disso, a presença de sulcos radiculares é comumente associada à provável existência de dois canais na raiz vestibular (PINHEIRO JÚNIOR et al., 1993; SIMON et al., 2000).

Características anatômicas importantes como a localização dos sulcos, no sentido cérvico-apical, a profundidade e outros pontos de referência anatômicos podem influenciar a terapia endodôntica e posterior reabilitação do elemento dental, além de, favorecer o desenvolvimento de doenças periodontais (TAMSE; KATZ; PILO, 2000).

O advento da microtomografia computadorizada (μ CT) permitiu o estudo tridimensional do sistema de canais radiculares (PETERS; LAIB; RÜEGSEGG, 2000; OI; SAKA; IDE, 2004; KATO; OHNO, 2009; VERSIANI; PÉCORA; SOUSA-NETO, 2011; HARTMANN et al., 2013; KIM et al., 2013; SOUZA-FLAMINI et al., 2014; LEONI et al., 2014), sendo considerada como importante método de estudo sobre a morfologia de diferentes grupos dentais (GRANDE et al., 2008; VERSIANI; PÉCORA; SOUSA-NETO, 2012; VERSIANI; SOUSA-NETO; PÉCORA, 2013; SOUZA-FLAMINI et al., 2014; LEONI et al., 2014), por reproduzir detalhadamente a anatomia interna e externa de maneira simultânea ou separadamente (RHODES et al., 1999).

Os resultados fornecidos pela μ CT proporcionam novas perspectivas na evolução dos estudos de anatomia interna e externa, visto que oferecem maior riqueza de informações, podendo otimizar o planejamento e execução do tratamento endodôntico.

Proposição

O objetivo do presente estudo foi avaliar, por meio de microtomografia computadorizada, pré-molares superiores unirradiculares, birradiculares com presença de sulcos radiculares na face palatina da raiz vestibular e trirradiculares, em relação à anatomia interna utilizando parâmetros bidimensionais de número, área, circularidade, diâmetro maior, diâmetro menor e fator de forma; e parâmetros tridimensionais de volume, área de superfície e *Structure Index Model* (SMI) do canal radicular, bem como a classificação do número e localização da divisão dos canais radiculares; e em relação a anatomia externa, a avaliação da extensão e profundidade dos sulcos radiculares, espessura interna e externa de dentina e circularidade.

Material e Método

Seleção e preparo da amostra

Após aprovação do presente estudo pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo (FORP-USP) (anexo 1), foram obtidos, do Banco de dentes humanos da FORP-USP, 72 primeiros pré-molares superiores (PMS) com rizogênese completa e estrutura radicular hígida, sendo 32 dentes unirradiculares, 30 dentes birradiculares com sulco na raiz vestibular e 10 dentes trirradiculares, mantidos em solução de timol a 0,1%. Os dentes foram lavados em água corrente por 24 horas e, em seguida, tiveram sua superfície radicular externa limpa por meio de raspagem com ultrassom (Profi II Ceramic, Dabi Atlante Ltda, Ribeirão Preto, SP, Brasil). Após esse procedimento, os dentes foram mantidos em solução de hipoclorito de sódio a 1% por 2 horas para remoção de remanescentes de tecidos pulparez do sistema de canais radiculares.

Estes dentes tiveram seu comprimento medido no longo eixo desde o ápice radicular até a superfície oclusal da coroa por meio de paquímetro digital (Digimess, Shiko Precision Gaging Ltd, China).

Escaneamento

Para a obtenção dos dados morfométricos, utilizou-se o microtomógrafo SkyScan modelo 1174 v.2 (SkyScan, Kontich, Bélgica) (Figura 1A), do Laboratório de Pesquisa em Endodontia do Departamento de Odontologia Restauradora da FORP-USP. Esse aparelho é composto por um tubo de raios-X de microfoco com fonte de alta tensão (50 kV, 800 μ A), uma porta amostra com manipulador de precisão e um detector baseado em uma câmera *Charge Coupled Device* (CCD) de

1.3 Mp (1304 x 1024 pixel). Este dispositivo permite o escaneamento de amostras com até 15 mm de altura usando resolução espacial isotrópica que pode variar de 6 a 30 μm . Todo este sistema está conectado a um computador Dell Precision™ T5500 WorkStation (Dell Inc., São Paulo, SP, Brasil) com sistema operacional Windows 7 de 64 bits, utilizado no controle, aquisição de dados, reconstrução e análise dos atributos das imagens.

Antes do procedimento de escaneamento dos espécimes, foram utilizados recursos de correção geométrica e do campo de aquisição (*flat-field correction*). Uma porção de cera (Cera 7, Lyzanda, São Paulo, SP, Brasil) de aproximadamente 1 cm de altura foi acoplado a um microposicionador metálico que foi firmemente fixado à mesa giratória (Figura 1B), por meio de um parafuso de controle manual, no interior da câmara do microtomógrafo. Cada espécime foi individualmente inserido no centro da cera, o que possibilitou o seu posicionamento de forma perpendicular em relação à fonte de radiação durante o escaneamento, reduzindo-se assim a possibilidade de distorção da imagem (Figura 1B).

Figura 1. (A) Microtomógrafo SkyScan modelo 1174 v.2 (SkyScan, Kontich, Bélgica). (B) Posição do espécime no interior da câmara do microtomógrafo.

Após cada dente ser posicionado e o compartimento da câmara do microtomógrafo fechado, a fonte de raios-X foi acionada por meio do botão de

energia na barra de ferramentas do Programa de Controle SkyScan 1174 v2 (Figura 2A). Depois do processo de *aging*, que corresponde ao pré-aquecimento do tubo de raios - X, no qual a tensão e a corrente sobem suavemente, verificou-se o posicionamento correto do espécime com auxílio da ferramenta *Video Image* (Figura 2B) no mesmo programa.

Figura 2. Barra de ferramentas do Programa de Controle SkyScan 1174 v2. **(A)** Botão de acionamento de energia. **(B)** Video Image.

Após a confirmação do posicionamento do espécime, deu-se início à aquisição das projeções do espécime em diversas angulações ao longo de uma rotação de 180° e passos de rotação de grau com tamanho de voxel isotrópico de 22,9 μm , estabelecendo um tempo de escaneamento de aproximadamente 24 minutos por espécime. Durante este procedimento foi utilizado um filtro de 0,5 mm de alumínio posicionado em frente à fonte de raios-X, o que permitiu alterar a sensibilidade à radiação policromática.

As projeções bidimensionais das imagens geradas foram arquivadas no formato *Tagged Image File* (TIFF). O detalhamento dos parâmetros utilizados na aquisição das projeções dos espécimes está disposto no Anexo 2.

Reconstrução tridimensional

A etapa seguinte consistiu na reconstrução das secções transversais a partir das imagens das projeções angulares por meio do algoritmo de reconstrução de

feixe cônico de Feldkamp modificado, usando o programa NRecon v.1.6.6.0 (Bruker-microCT, Kontich, Bélgica), resultando na completa representação da microestrutura interna de cada amostra. Sendo assim, foi aplicada uma redução de artefatos em forma de anel (*Ring Artifact*) no valor de 5 (escala de 0-20), de endurecimento de feixe (*Beam Hardening*) no percentual de 42% (escala de 0 a 100%), de suavização (*Smoothing*) no valor de 5 (escala de 0 a 10) e com o histograma de contraste variando de 0,04 (valor mínimo) a 0,13 (valor máximo). As secções transversais reconstruídas foram salvas em formato *Bitmap* (BMP). O detalhamento dos parâmetros de reconstrução das secções transversais dos espécimes está disposto no Anexo 3.

Processamento e análise das imagens

Após a reconstrução, realizou-se o processamento e análise das imagens com auxílio do programa CTAn v.1.13.5.1+ (Bruker microCT, Kontich, Bélgica), o que consistiu, inicialmente, na utilização de operações matemáticas para alterar valores dos *pixels* do canal radicular, em um processo denominado binarização ou segmentação. Estas operações matemáticas consistiram na elaboração e execução de uma rotina computacional (macro) com a ferramenta *Custom Processing*, utilizando uma sequência de *plug-ins*, visando padronizar e automatizar o processo de obtenção de dados.

Neste processo foi possível dividir a imagem em regiões, reconhecendo-as como objetos independentes uns dos outros e do fundo. Esse processo foi realizado separadamente para esmalte, dentina e canal radicular.

A seguir, por meio do *plug-in Individual Object Analysis (2D space)*, foram obtidos dados referentes aos parâmetros bidimensionais de número, área (mm²), circularidade, diâmetro maior (mm), diâmetro menor (mm) e fator de forma (FF), dos canais radiculares nas secções transversais a 1, 2 e 3 mm do forame apical. O fator de forma é calculado pela equação $(4 \cdot \pi \cdot A) / P^2$, onde 'A' e 'P' são a área e perímetro do objeto, respectivamente. O alongamento do objeto analisado resulta em menores valores do fator de forma, que variam de 0 a 1. A circularidade ou *roundness* (R) de

um objeto bidimensional é definida pela fórmula
$$R = \frac{4A}{(\pi \cdot (d_{max})^2)}$$
 em que A e d correspondem à área e ao diâmetro do objeto, respectivamente. Os valores de circularidade variam de 0 a 1, sendo que “0” corresponde a uma reta e “1” a um círculo perfeito (Figura 3).

Figura 3. Representação esquemática do parâmetro de circularidade.

Em seguida, por meio do *plug-in 3D analysis*, foi possível obter a análise quantitativa tridimensional do volume (mm³), área de superfície (mm²) e *Structure Index Model* (SMI) considerando-se o canal radicular como um todo desde a junção cimento-esmalte (JCE) até o forame apical. O SMI envolve a mensuração da convexidade de superfície de um sólido. Seus valores variam de 0 a 4, sendo que os valores 0, 3 e 4 correspondem, respectivamente, a um plano, um cilindro e a uma esfera regulares (Figura 4).

Figura 4 -Representação esquemática do parametro de SMI. **(A)** representa um plano e corresponde ao valor 0. **(B)** representa um cilindro e corresponde ao valor 3. **(C)** representa uma esfera e corresponde ao valor 4.

De forma complementar, no programa CTAn v.1.13.5.1+ (Bruker microCT, Kontich, Bélgica), gerou-se modelos tridimensionais dos espécimes por meio do algoritmo *double time cubes*, no formato P3G e, a partir do programa CTVol v.2.2.3.0 (Bruker-microCT, Kontich, Bélgica), foi feita a visualização realista dos modelos tridimensionais para a análise qualitativa da anatomia externa com a observação das diferentes extensões e profundidades dos sulcos radiculares dos segundos pré-molares e interna com observação dos diferentes tipos morfológicos dos canais radiculares, que tiveram sua configuração classificada de acordo com o tradicional sistema de classificação de Vertucci e com as classificações adicionais apresentadas na literatura. ÇALIŞKAN et al. (1995) descreveram 2 classes adicionais de configuração do SCR. Em 1998, KARTAL et al. descreveram uma nova configuração. Posteriormente, SERT, BAYIRLI (2004) identificaram e descreveram 14 novos tipos morfológicos. Atualmente, LEONI et al. (2013) descreveram mais 8 novos tipos de configuração do SCR.

A classificação de Vertucci (1984) se baseia no número e divisão dos canais sendo que: Tipo I - Um único canal se estende da câmara pulpar até o ápice; Tipo II - Dois canais deixam a câmara pulpar e se juntam próximo ao ápice para formar um

único canal; Tipo III - Um único canal deixa a câmara pulpar, divide em dois dentro da raiz, e então se fundem para terminar como um canal; Tipo IV - Dois separados e distintos canais estendem da câmara pulpar até o ápice; Tipo V - Um único canal deixa a câmara pulpar e divide em dois separados e distintos canais com forames apicais separados; Tipo VI - Dois separados canais deixam a câmara pulpar, fundem-se no corpo da raiz, e se divide novamente próximo ao ápice para terminar como dois distintos canais; Tipo VII - Um único canal deixa a câmara pulpar, divide e então se fundem no corpo da raiz, e finalmente redivide em dois distintos canais próximo ao ápice; Tipo VIII - Três separados e distintos canais se estendem desde a câmara pulpar até o ápice (Figura 5).

Figura 5. Representação esquemática dos tipos de canais radiculares segundo classificação de Vertucci (1984).

O número e localização (terço apical, médio e cervical) dos canais acessórios e deltas apicais, foram avaliados através de cortes contínuos no plano transversal a partir das imagens reconstruídas no programa DataViewer v.1.5.0 64-bit (Bruker-microCT, Kontich, Bélgica).

Através do programa CTVol v.2.2.3.0 (Bruker-microCT, Kontich, Bélgica), foi feita a visualização da anatomia externa demonstrando diferentes localizações e número de forames apicais por toda extensão do terço apical da raiz dos pré-molares superiores.

Análise do sulco radicular e espessura de dentina

A avaliação inicial dos sulcos radiculares foi feita por meio de inspeção a olho nú, sendo anotados os seguintes aspectos:

- a) Presença e número de sulcos rasos e profundos;
- b) Face da raiz onde estão presentes os sulcos;

A avaliação microtomográfica da superfície radicular foi realizada através do programa CTAn v.1.13.5.1+ (Bruker microCT, Kontich, Bélgica) sendo feita a mensuração da extensão e profundidade do sulco mais expressivo nas diferentes raízes, bem como a espessura de dentina medida do fundo do sulco até o lúmen do canal (espessura interna) e a do lado oposto a este ponto (espessura externa) (Figura 6) através da ferramenta *Measure Tool*. Ainda, com auxílio do programa CTAn v.1.13.5.1+ (Bruker microCT, Kontich, Bélgica), o parâmetro de circularidade foi analisado. Estas medidas de profundidade, espessura e circularidade foram realizadas na superfície radicular em 5 secções transversais pré-estabelecidas a

partir da secção transversal correspondente a metade da extensão do sulco radicular (M): 2 mm acima da secção central (M + 2); 1 mm acima da secção central (M + 1); na secção central (M); 2 mm abaixo da secção central (M – 2); 1 mm abaixo da secção central (M – 1) (Figura 6).

Figura 6. Mensuração da profundidade do sulco (A), espessura interna (B) e espessura externa de dentinada (C) da raiz.

Ainda com o auxílio do programa CTAn v.1.13.5.1+ (Bruker microCT, Kontich, Bélgica), foi realizada a mensuração da extensão entre diferentes pontos anatômicos de referência: comprimentos da Junção Cimento Esmalte (JCE) até a Secção Cervical do Sulco (SCS), da Secção Cervical do Sulco à Secção Apical do Sulco (SAS), da Secção Apical do Sulco à Secção do Forame (SF), da Junção Cimento Esmalte à Secção do Forame, e da Junção Cimento Esmalte à secção transversal central do sulco (M) (Figura 7).

Figura 7. Pontos anatômicos de referência: Junção Cimento Esmalte (JCE), Secção Cervical do Sulco (SCS), Secção Apical do Sulco (SAS), Secção do Forame (SF), Secção transversal correspondente à metade da extensão do sulco radicular (M), 2 mm acima da secção central (M + 2), 1 mm acima da secção central (M + 1), na secção central (M), 2 mm abaixo da secção central (M - 2), 1 mm abaixo da secção central (M - 1).

Análise estatística

A análise estatística foi realizada com auxílio do programa GraphPad InStat versão 3.06, 32 bit for Windows (GraphPad Software, Inc., La Jolla, CA, USA). Os dados de cada parâmetro avaliado foram submetidos ao teste estatístico Kolmogorov-Smirnov com o objetivo de verificar a distribuição amostral. O nível de significância foi estabelecido em 5% ($p < 0,05$). Considerando-se a distribuição normal dos resultados, aplicou-se o teste paramétrico de análise de variância (One-Way ANOVA) e teste *post hoc* de Tukey para comparação entre os grupos e entre os

milímetros avaliados no mesmo grupo. O teste de correlação de Spearman foi aplicado para avaliar a relação entre as variáveis circularidade, número de canais e profundidade do sulco.

Resultados

Comprimento médio dos dentes

O comprimento médio dos primeiros pré-molares superiores unirradiculares (n= 30) foi de $22,00 \pm 1,38$ mm, nos birradiculares (n = 30) foi de $21,98 \pm 1,48$ mm, e dos trirradiculares (n = 10) foi de $22,303 \pm 0,921$ mm, conforme na observado Tabela I.

Tabela I. Comprimento médio dos dentes (mm).

Comprimento Médio (mm)			
	Unirradiculares n = 30	Birradiculares n = 30	Trirradiculares n = 10
Média $\pm$ DP	$22,00 \pm 1,38$	$21,98 \pm 1,48$	$22,30 \pm 0,92$

Avaliação bidimensional

A Tabela II mostra o número de canais encontrados nos 3 milímetros apicais dos espécimes avaliados. O número máximo de canais encontrados foi 3, sendo que a 1 mm do forame apical foi prevalente a presença de um canal para os três grupos de primeiros pré-molares superiores analisados. Apenas um canal também foi encontrado em 100% das raízes dos pré-molares trirradiculares.

Tabela II. Número e distribuição da frequência (n) dos canais radiculares localizados a 1, 2 e 3 mm do forame apical dos primeiros pré-molares superiores unirradiculares, birradiculares e trirradiculares.

Distância do Forame	Número de Canais	n = 30			n = 30			n = 10		
		Unirradiculares	Birradiculares	Trirradiculares	RV	RP	RMV	RDV	RP	
1 mm	1	58,07 % (18)	68,96 % (20)	96,66 % (29)	100 % (10)	100 % (10)	100 % (10)	100 % (10)	100 % (15)	
	2	35,48 % (11)	27,58 % (8)	3,44 % (1)	0	0	0	0	0	0
	3	6,45 % (2)	3,46 % (1)	0	0	0	0	0	0	0
	Total	31	29	30	30	30	10	16	15	15
2 mm	1	53,13 % (17)	80 % (25)	100 % (30)	100 % (10)	100 % (10)	100 % (10)	100 % (10)	100 % (15)	
	2	46,87 % (15)	16,66 % (4)	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	3,44 % (1)	0	0	0	0	0	0	0
	Total	32	30	30	30	30	10	10	15	15
3 mm	1	59,37 % (19)	83,33 % (25)	100 % (30)	100 % (10)	100 % (10)	100 % (10)	100 % (10)	100 % (15)	
	2	40,63 % (13)	16,66 % (5)	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Total	32	30	30	30	30	10	10	15	15

RV: raiz vestibular; RP: raiz palatina; RMV: raiz mesio-vestibular; RDV: raiz disto-vestibular.

A análise morfométrica bidimensional destes canais revelou que a área dos canais radiculares aumentou gradualmente a cada milímetro apical que se distanciou do ápice, com exceção da raiz palatina dos trirradiculares, que diminuiu do segundo para o terceiro milímetro avaliado (Tabela III).

A circularidade variou entre $0,53 \pm 0,23$ (valor mínimo) e $0,58 \pm 0,19$ (valor máximo) nos canais dos unirradiculares. Nos birradiculares, o valor variou entre $0,60 \pm 0,18$ e $0,63 \pm 0,15$ nos canais da raiz vestibular e entre $0,74 \pm 0,08$ e $0,78 \pm 0,09$ nos canais da raiz palatina. No grupo dos trirradiculares este descritivo de forma variou entre $0,68 \pm 0,23$ e $0,79 \pm 0,09$ nos canais da raiz méso-vestibular e entre $0,68 \pm 0,22$ e $0,73 \pm 0,15$ nos canais da raiz disto-vestibular e entre $0,76 \pm 0,07$ e $0,80 \pm 0,05$ nos canais da raiz palatina. Estes valores demonstram uma forma levemente achatada com tendência circular dos canais dos unirradiculares e canais da raiz vestibular dos birradiculares e uma forma mais circular nos canais das raízes palatinas dos dentes bi e em todos os canais dos dentes trirradiculares (Tabela III).

Em relação aos diâmetros, nos pré-molares unirradiculares, o diâmetro maior foi, em média, duas vezes maior que o diâmetro menor sendo que a 1 mm do forame apical estes canais apresentaram valores de média de 0,57 mm para o diâmetro maior e de 0,30 mm para o diâmetro menor. Houve aumento de aproximadamente 58% do diâmetro maior e de 36% do diâmetro menor nos 3 milímetros apicais avaliados. Nos pré-molares birradiculares, na raiz vestibular a 1 mm do forame apical os canais apresentaram valores de média de 0,39mm para o diâmetro maior e 0,35mm para o diâmetro menor, já na raiz palatina foi de 0,45 mm e de 0,34 mm, respectivamente. Houve aumento de 74% do diâmetro maior e de 14% do diâmetro menor dos canais nos 3 milímetros apicais avaliados na raiz vestibular, enquanto que na raiz palatina esse aumento foi de 35% e 55%, respectivamente (Tabela III).

No grupo dos pré-molares trirradiculares, na raiz mésio-vestibular a 1 mm do forame apical os canais apresentaram valores de média de 0,29mm para o diâmetro maior e 0,24mm para o diâmetro menor, na raiz disto-vestibular esse valor foi de 0,26mm e 0,18mm, e na raiz palatina esse valor foi de 0,34 mm e de 0,27 mm, respectivamente. Houve aumento de 17% do diâmetro maior e 16% do diâmetro menor nos 3 milímetros apicais avaliados dos canais na raiz mésio-vestibular, na raiz disto-vestibular, 23% e 27%, e na raiz palatina 23% e 33%, respectivamente (Tabela III).

O fator de forma variou entre $0,69 \pm 0,19$ (valor mínimo) e $0,76 \pm 0,16$ (valor máximo) nos canais dos pré-molares unirradiculares. Nos pré-molares birradiculares esse valor variou de $0,77 \pm 0,16$ e $0,81 \pm 0,10$ na raiz vestibular e de $0,58 \pm 0,11$ e $0,88 \pm 0,02$ nos canais da raiz palatina. Nos trirradiculares esse descritivo de forma variou entre $0,68 \pm 0,23$ e $0,89 \pm 0,04$ nos canais da raiz mésio-vestibular, entre $0,82 \pm 0,18$ e $0,88 \pm 0,08$ nos canais da raiz disto-vestibular e entre $0,86 \pm 0,07$ e $0,88 \pm 0,01$ nos canais da raiz palatina. Os resultados deste descritivo reafirmam uma forma mais circular dos canais de pré-molares superiores sem presença de muitos achatamentos (Tabela III).

Tabela III. Análise morfométrica bidimensional de área, circularidade, maior diâmetro, menor diâmetro e fator de forma (média $\pm$ desvio padrão).

	Raízes	Distância do Forame	Área (mm ²)	Circularidade	Maior Diâmetro (mm)	Menor Diâmetro (mm)	Fator de Forma (mm)
UNIRRADICULARES		1mm	0,15 $\pm$ 0,12 ^a	0,58 $\pm$ 0,19	0,57 $\pm$ 0,37 ^a	0,3 $\pm$ 0,11 ^a	0,76 $\pm$ 0,16
		2mm	0,24 $\pm$ 0,19 ^{b,c}	0,54 $\pm$ 0,21	0,72 $\pm$ 0,41 ^{a,c}	0,35 $\pm$ 0,12 ^{a,c}	0,71 $\pm$ 0,18
		3mm	0,30 $\pm$ 0,24 ^c	0,53 $\pm$ 0,23	0,9 $\pm$ 0,53 ^{b,c}	0,41 $\pm$ 0,15 ^{b,c}	0,69 $\pm$ 0,19
BIRRADICULARES	V	1mm	0,12 $\pm$ 0,15 ^a	0,63 $\pm$ 0,15 ^A	0,39 $\pm$ 0,18 ^a	0,35 $\pm$ 0,09 ^{aA}	0,81 $\pm$ 0,10 ^A
		2mm	0,16 $\pm$ 0,15 ^{a,c}	0,60 $\pm$ 0,18 ^A	0,53 $\pm$ 0,32 ^{a,c}	0,31 $\pm$ 0,13 ^{aA}	0,77 $\pm$ 0,16 ^A
		3mm	0,25 $\pm$ 0,14 ^{b,c}	0,63 $\pm$ 0,18 ^A	0,68 $\pm$ 0,31 ^{b,c}	0,40 $\pm$ 0,12 ^{bA}	0,78 $\pm$ 0,14 ^A
	P	1mm	0,12 $\pm$ 0,08 ^a	0,74 $\pm$ 0,08 ^B	0,45 $\pm$ 0,19 ^a	0,34 $\pm$ 0,10 ^{aB}	0,58 $\pm$ 0,11 ^B
		2mm	0,16 $\pm$ 0,11 ^{a,c}	0,78 $\pm$ 0,09 ^B	0,48 $\pm$ 0,17 ^a	0,39 $\pm$ 0,13 ^{aB}	0,88 $\pm$ 0,02 ^B
		3mm	0,24 $\pm$ 0,16 ^{b,c}	0,78 $\pm$ 0,06 ^B	0,61 $\pm$ 0,23 ^b	0,53 $\pm$ 0,19 ^{bB}	0,86 $\pm$ 0,12 ^B
TRIRRADICULARES	MV	1mm	0,05 $\pm$ 0,02	0,79 $\pm$ 0,09	0,29 $\pm$ 0,07	0,24 $\pm$ 0,05	0,79 $\pm$ 0,90
		2mm	0,06 $\pm$ 0,03	0,78 $\pm$ 0,06	0,29 $\pm$ 0,10	0,25 $\pm$ 0,06	0,78 $\pm$ 0,04
		3mm	0,07 $\pm$ 0,05	0,68 $\pm$ 0,23	0,34 $\pm$ 0,11	0,28 $\pm$ 0,07	0,68 $\pm$ 0,23
	DV	1mm	0,04 $\pm$ 0,03	0,73 $\pm$ 0,15	0,26 $\pm$ 0,14	0,18 $\pm$ 0,07 ^A	0,88 $\pm$ 0,08
		2mm	0,04 $\pm$ 0,03	0,68 $\pm$ 0,22	0,31 $\pm$ 0,15	0,20 $\pm$ 0,05 ^A	0,82 $\pm$ 0,18
		3mm	0,06 $\pm$ 0,05	0,70 $\pm$ 0,16	0,32 $\pm$ 0,17	0,23 $\pm$ 0,06 ^A	0,86 $\pm$ 0,06
	P	1mm	0,07 $\pm$ 0,04	0,76 $\pm$ 0,07	0,34 $\pm$ 0,09	0,27 $\pm$ 0,09 ^B	0,87 $\pm$ 0,03
		2mm	0,18 $\pm$ 0,25	0,8 $\pm$ 0,08	0,38 $\pm$ 0,11	0,34 $\pm$ 0,10 ^B	0,86 $\pm$ 0,07
		3mm	0,12 $\pm$ 0,10	0,8 $\pm$ 0,05	0,42 $\pm$ 0,12	0,36 $\pm$ 0,13 ^B	0,88 $\pm$ 0,01

RV: vestibular; RP: palatina; RMV: méso-vestibular; RDV: disto-vestibular.

Letras Maiúsculas: diferença entre raízes no mesmo milímetro.

Letras Minúsculas: diferença entre milímetro do mesmo parâmetro.

Avaliação tridimensional

A análise morfométrica dos modelos tridimensionais mostrou que a média do volume foi de $14,84 \pm 10,78 \text{ mm}^3$ para os canais dos pré-molares unirradiculares, de $4,96 \pm 2,64 \text{ mm}^3$ para os canais da raiz vestibular e $4,79 \pm 2,18 \text{ mm}^3$ para os canais da raiz palatina dos birradiculares, e $1,46 \pm 0,12 \text{ mm}^3$ para os canais da raiz mésio-vestibular, de $1,05 \pm 1,61 \text{ mm}^3$ para os canais da raiz disto-vestibular e $3,78 \pm 1,61 \text{ mm}^3$ para os canais da raiz palatina dos trirradiculares, sendo que a raiz palatina apresentou valor de média estatisticamente maior neste grupo ($p < 0,05$). A média da área de superfície foi de $83,65 \pm 48,26 \text{ mm}^2$ para os canais de pré-molares unirradiculares, de $30,63 \pm 13,38 \text{ mm}^2$ para os canais da raiz vestibular e $27,16 \pm 8,58 \text{ mm}^2$ para os canais da raiz palatina dos pré-molares birradiculares, e $13,18 \pm 6,25 \text{ mm}^2$ para os canais da raiz mésio-vestibular, de $10,76 \pm 5,66 \text{ mm}^2$ para os canais da raiz disto-vestibular e $25,11 \pm 6,17 \text{ mm}^2$ para os canais da raiz palatina dos pré-molares trirradiculares sendo que a raiz palatina apresentou valor de média estatisticamente maior neste grupo ($p < 0,05$). O SMI apresentou valores de média estatisticamente semelhantes ($p > 0,0$) sendo de $2,31 \pm 1,19$ para os canais de pré-molares unirradiculares; de $2,79 \pm 0,28$ para os canais da raiz vestibular e $2,90 \pm 0,31 \text{ mm}^3$ para os canais da raiz palatina dos birradiculares, e de $2,88 \pm 0,24 \text{ mm}^3$ para os canais da raiz mésio-vestibular, de $2,80 \pm 0,37 \text{ mm}^3$ para os canais da raiz disto-vestibular e $3,06 \pm 0,16 \text{ mm}^3$ para os canais da raiz palatina dos trirradiculares (Tabela IV).

Tabela IV. Análise morfométrica tridimensional de volume (mm³), área de superfície (mm²) e SMI.

	Amostra	Volume (mm ³)	Área de Superfície (mm ²)	SMI
UNIRRADICULARES		14,84 ± 10,78	83,65 ± 48,26	2,31 ± 1,19
BIRRADICULARES	RV	4,96 ± 2,64	30,63 ± 13,38	2,79 ± 0,28
	RP	4,79 ± 2,18	27,16 ± 8,58	2,90 ± 0,31
TRIRRADICULARES	RMV	1,46 ± 0,12 ^a	13,18 ± 6,25 ^a	2,88 ± 0,24
	RDV	1,05 ± 1,06 ^a	10,76 ± 5,66 ^a	2,8 ± 0,37
	RP	3,78 ± 1,61 ^b	25,11 ± 6,17 ^b	3,06 ± 0,16

RV: vestibular; **RP:** palatina; **RMV:** méso-vestibular; **RDV:** disto-vestibular.

Letras diferentes significam diferença estatística entre linhas do mesmo parâmetro avaliado. (Teste Kruskal-Wallis para amostras independentes – $p < 0,05$).

Análise Qualitativa

Os modelos tridimensionais evidenciaram que 93,75% dos dentes unirradiculares, 96,67% dos birradiculares e 100% dos trirradiculares puderam ser classificados de acordo com a classificação tradicional de Vertucci (1984). A configuração morfológica do tipo I foi a mais prevalente tanto nos canais dos pré-molares unirradiculares (34,37%), como nos canais dos birradiculares (76,67% na raiz vestibular e em 100% dos na raiz palatina), sendo também o único tipo morfológico encontrado nos canais das três raízes dos trirradiculares.

Em 6,25% dos dentes unirradiculares foi encontrada uma variação da configuração Tipo VII de Vertucci (1-2-1-2-1) (LEONI et al., 2013) (Figura 8).

Figura 8. Distribuição percentual de frequência (n) da configuração morfológica do sistema de canais radiculares em primeiros pré-molares superiores uni, bi e trirradiculares, segundo a classificação de Vertucci. **(A)** tipo I (canal único da câmara pulpar ao ápice). **(B)** tipo II (configuração 2-1: dois canais deixam a câmara pulpar e se fundem no ápice). **(C)** tipo III (configuração 1-2-1: um canal sai da câmara pulpar, dividindo-se em dois e se fundindo novamente em apenas um canal). **(D)** tipo IV (dois canais separados da câmara pulpar até o ápice). **(E)** tipo V (configuração 1-2: um único canal deixa da câmara pulpar e se divide em dois separados e distintos canais com forames apicais separados). **(F)** tipo VI (configuração 2-1-2: dois canais distintos deixam a câmara pulpar, se fundem no corpo da raiz e se dividem próximo ao ápice, com dois forames distintos). **(G)** variação do tipo VII (configuração 1-2-1-2-1: Neste caso, um único canal deixa a câmara pulpar, se divide em dois e em seguida se fundem no corpo da raiz, voltam a se dividir em dois canais distintos, e finalmente se fundem em um canal com forame único).

Em um único espécime observou-se uma configuração anatômica da superfície radicular atípica em que a raiz méso-vestibular encontrava-se completamente fusionada com a raiz palatina, o que nos fez classifica-lo como pré-molar birradicular (Figura 9).

Figura 9. Variação anatômica radicular de pré-molar superior birradicular, mostrando a fusão completa da raiz méso-vestibular com a raiz palatina.

Podemos observar na figura 10 as diferentes configurações morfológicas dos canais radiculares nos primeiros pré-molares superiores uni, bi e trirradiculares.

Figura 10. Diferentes configurações morfológicas de pré molares superiores unirradiculares (A), birradiculares (B), e trirradiculares (C).

Na figura 11 podemos observar a relação entre a anatomia interna e externa de primeiros pré-molares superiores, numa visão proximal (A), uma visão proximal em transparência (B) e uma visão apical (C). No dente uniradicular podemos observar raiz achatada resultando em um único canal achatado. No birradicular nota-se presença de raiz vestibular achatada com presença de sulco resultando em canal vestibular bastante achatado. No trirradicular pode-se observar raízes cônicas que resultam em canais mais cônicos.

Figura 11. Relação anatomia interna e externa dos primeiros pré-molares superiores. **(A)** Visão proximal. **(B)** Visão Proximal em transparência. **(C)** Visão apical.

A avaliação dos canais acessórios mostrou que a presença destes canais variou de um a cinco canais que foram observados nos terços apical e médio em 75% dos dentes unirradiculares, em 66,67% na raiz vestibular e 60% da raiz palatina dos birradiculares e em 20% da raiz mésio-vestibular, 10% da raiz disto-vestibular e 20% da raiz palatina dos trirradiculares. A maior frequência de canais acessórios ocorreu nos dentes unirradiculares, sendo predominante um único canal acessório tanto no terço apical quanto no médio em todos os grupos avaliados (Tabela V).

Tabela V. Frequência de canais acessórios (n) nos terços apical e médio de primeiro pré-molares superiores uni, bi e trirradiculares avaliados no exame microtomográfico.

Número de Canais Acessórios	Unirradiculares (n = 24)			Birradiculares (n = 24)			RMV (n = 4)			RDV (n = 1)			RP (n = 2)		
	Terço Apical (n= 24)	Terço Médio (n = 5)	Terço Apical (n=20)	Terço Médio (n=3)	Terço Apical (n=15)	Terço Médio (n=3)	Terço Apical (n=4)	Terço Médio (n=0)	Terço Apical (n=1)	Terço Médio (n=0)	Terço Apical (n=2)	Terço Médio (n=1)	Terço Apical (n=2)	Terço Médio (n=0)	Terço Apical (n=1)
1	54,17% (13)	20,84% (5)	45% (9)	15% (3)	86,67% (13)	100% (3)	75% (3)	0% (0)	100% (1)	0% (0)	50% (1)	100% (1)	50% (1)	0% (0)	100% (1)
2	25% (6)	0% (0)	50% (10)	0% (0)	13,33% (2)	0% (0)	25% (1)	0% (0)	0% (0)	0% (0)	50% (1)	0% (0)	50% (1)	0% (0)	0% (0)
3	8,34% (2)	0% (0)	0% (0)	0% (0)	0% (0)	0% (0)	0% (0)	0% (0)	0% (0)	0% (0)	0% (0)	0% (0)	0% (0)	0% (0)	0% (0)
4	8,34% (2)	0% (0)	5% (1)	0% (0)	0% (0)	0% (0)	0% (0)	0% (0)	0% (0)	0% (0)	0% (0)	0% (0)	0% (0)	0% (0)	0% (0)
5	4,17% (1)	0% (0)	0% (0)	0% (0)	0% (0)	0% (0)	0% (0)	0% (0)	0% (0)	0% (0)	0% (0)	0% (0)	0% (0)	0% (0)	0% (0)
Total	44	5	33	3	19	3	5	0	1	0	3	1	3	0	1

RV: raiz vestibular; RP: raiz palatina; RMV: raiz méso-vestibular; RDV: raiz disto-vestibular.

Deltas apicais foram observados em 3,12 % dos pré-molares unirradiculares e em 3,33% dos birradiculares. Essa complexidade anatômica da região apical pode ser observada internamente na Figura 12, que mostra a diversidade da localização e o número de deltas apicais e, externamente, a Figura 13 evidencia diferentes localizações dos vários forames apicais.

Figura 12. Anatomia interna apical, em que se pode observar a complexidade da região com deltas apicais nos pré-molares superiores.

Figura 13. Anatomia externa apical demonstrando diferentes localizações e número de forames apicais por toda extensão do terço apical da raiz de pré-molares superiores (setas).

Avaliação morfológica radicular externa

Ao avaliar a anatomia radicular externa dos primeiros pré-molares superiores birradiculares, foram encontrados 35 sulcos na raiz vestibular (únicos e duplos). A face palatina apresentou sulco em 100% das raízes vestibulares, sendo sulcos únicos em 86,67% (Tabela VI).

Tabela VI. Número e distribuição dos sulcos radiculares nos primeiros pré-molares superiores birradiculares observados a olho nú.

SULCOS RADICULARES			
Localização	Sulco (n)	Sulco Único	Sulco Duplo
Vestibular	9	3	6
Palatina	26	20	6

A profundidade de sulco na secção correspondente a metade da extensão total do sulco (M) foi de $0,54 \pm 0,26$ mm sendo que o menor valor encontrado nesta análise foi de $0,33 \pm 0,21$ mm ($p < 0,05$) na secção mais apical do sulco (M – 2). A espessura de dentina na face interna e externa da raiz vestibular na região dos sulcos radiculares decresceu no sentido coroa-ápice sendo que a espessura interna apresentou valor mínimo de $1,02 \pm 0,30$ mm e a espessura externa apresentou valor máximo de $1,26 \pm 0,24$ mm. Os valores de média do descritivo de circularidade dos canais analisados na região do sulco mostrou presença de canais levemente achatados com tendência a uma forma mais circular (Tabela VII).

Tabela VII. Análise dos sulcos radiculares nas raízes vestibulares de primeiros pré-molares superiores birradiculares.

	Medidas do Sulco	Sulcos	Raízes		
		Profundidade do Sulco	Espessura Interna	Espessura Externa	Circularidade
Raiz Vestibular	M + 2	$0,55 \pm 0,30^b$	$1,22 \pm 0,29^a$	$1,26 \pm 0,24^c$	$0,61 \pm 0,20^a$
	M + 1	$0,57 \pm 0,27^b$	$1,10 \pm 0,32^a$	$1,21 \pm 0,28^{bc}$	$0,59 \pm 0,18^a$
	M	$0,54 \pm 0,26^b$	$1,06 \pm 0,34^a$	$1,14 \pm 0,21^{abc}$	$0,59 \pm 0,18^a$
	M - 1	$0,44 \pm 0,22^{ab}$	$1,04 \pm 0,32^a$	$1,07 \pm 0,22^{ab}$	$0,58 \pm 0,19^a$
	M - 2	$0,33 \pm 0,21^a$	$1,02 \pm 0,30^a$	$1,01 \pm 0,27^a$	$0,59 \pm 0,19^a$

Letras diferentes significam diferença estatística entre linhas do mesmo parâmetro avaliado. (Teste TUKEY para amostras independentes – $p < 0,05$).

O teste de correlação de Spearman entre o número de canais e circularidade mostrou, de uma forma geral, uma correlação negativa fraca entre estes dois fatores principalmente na secção transversal correspondente a metade do sulco que se apresentou quase nula ($r=0,007$) (Figura 15). Em relação à correlação de Spearman entre circularidade e profundidade de sulco, foi verificada uma correlação negativa fraca considerando todas as secções transversais, porém, nas secções transversais

mais cervicais em relação ao sulco (M+1 e M+2) a correlação foi negativa e moderada mostrando uma tendência de que quanto maior a profundidade de sulco mais achatados se apresentam os canais radiculares (Figura 16). Na figura 17 encontram-se os dados referentes à análise de correlação linear entre profundidade de sulco e número de canais, na qual podemos observar uma correlação positiva forte tanto considerando todas as secções transversais analisadas ($r=0,68$) como também nas secções analisadas individualmente.

Figura 15. Correlação de Pearson entre circularidade e número de canais considerando todas as secções transversais analisadas (A), na secção correspondente a M - 2 (B), na secção correspondente a M - 1 (C), na secção correspondente a M (D), na secção correspondente a M + 1 (E) e na secção correspondente a M + 2 (F).

Figura 16. Correlação de Pearson entre circularidade e profundidade de sulco considerando todas as secções transversais analisadas (A), na secção correspondente a M - 2 (B), na secção correspondente a M - 1 (C), na secção correspondente a M (D), na secção correspondente a M + 1 (E) e na secção correspondente a M + 2 (F).

Figura 17. Correlação de Pearson entre profundidade de sulco e número de canais considerando todas as secções transversais analisadas (A), na secção correspondente a M - 2 (B), na secção correspondente a M - 1 (C), na secção correspondente a M (D), na secção correspondente a M + 1 (E) e na secção correspondente a M + 2 (F).

A média do comprimento da junção cimento-esmalte (JCE) à secção transversal do sulco (SCS) foi de $3,41 \pm 1,49$ mm. A média do comprimento do sulco desde a SCS à secção apical do sulco (SAS) foi de $6,19 \pm 1,96$ mm. A média do comprimento da SAS à secção do forame (SF) foi de $8,38 \pm 1,34$ mm. A média do comprimento das raízes, que corresponde da JCE à SF foi de $11,79 \pm 1,38$ mm. A média do comprimento da JCE à secção transversal correspondente ao meio do sulco (M) é de $6,51 \pm 1,16$ mm. Todos esses resultados corresponde aos pré-molares birradiculares com sulco na raiz vestibular (Figura 18).

Figura 18. Reconstrução tridimensional mostrando a média das distâncias ($\pm$ DP) da JCE à SCS, da SCS à SAS, da SAS à SF, da JCE à SF e da JCE à M, em milímetros, em primeiros pré-molares superiores birradiculares.

Díscussão

Diversos métodos têm sido aplicados nos estudos *in vitro* de anatomia dental interna e externa, tais como réplicas de resina em moldes de poliéster (CARNS; SKIDMORE, 1973; MELTON; KRELL; FULLER, 1991), técnicas radiográficas (PINEDA; KUTTLER, 1972; MOSHFEGHI et al., 2013), diafanização (VERTUCCI, 1984; PÉCORA et al., 1991; PINHEIRO JÚNIOR et al., 1993; WENG et al., 2009) e secções seriadas (WEINE et al., 1969; TAMSE; KATZ; PILO, 2000), sendo alguns destes métodos destrutivos que produzem alterações irreversíveis nos espécimes.

Com o surgimento da μ TC, os estudos de anatomia dental têm sido realizados de maneira mais detalhada, uma vez que esta técnica permite gerar imagens de alta resolução da estrutura dental interna e cortes da superfície em qualquer orientação, possibilitando rotação de 360° do espécime, com observação das características morfológicas nos seus mais diversos ângulos, bem como a inclinação e magnificação das áreas de interesse. Além disso, como pode ser observado nas figuras deste estudo, é possível alterar cor, luz e textura dos tecidos dentais, permitindo melhor visualização e entendimento da anatomia dental interna e externa (PLOTINO et al., 2006; VERSIANI; PÉCORA; SOUSA-NETO, 2012).

A μ TC é uma técnica não invasiva e não destrutiva (VERSIANI; PÉCORA; SOUSA-NETO, 2011; VERSIANI; PÉCORA; SOUSA-NETO, 2012; LI; LI; PAN, 2013; VERSIANI; SOUSA-NETO; PÉCORA, 2013; LEONI et al., 2014), que possibilita a análise dos canais radiculares antes, durante e após o tratamento endodôntico (PLOTINO et al., 2006; VERSIANI; PÉCORA; SOUSA-NETO, 2011; VERSIANI; SOUSA-NETO; PÉCORA, 2013). Os algoritmos usados nesse método permitem a análise bi e tridimensional, que antes era impossível pelos métodos de descalcificação e cortes transversais (MILANEZI DE ALMEIDA et al., 2013; SOUZA-FLAMINI et al., 2014; LEONI et al., 2014), permitindo que as informações obtidas em

laboratório contribuam com o planejamento e determinação de protocolos clínicos, sendo estes dados quantitativos um diferencial importante do presente estudo em relação aos demais estudos de anatomia de pré-molares superiores.

Diversos trabalhos analisaram a morfologia dos canais radiculares em dentes permanentes (VERTUCCI, 1984; ÇALISKAN et al., 1995; SERT; BAYIRLI, 2004; CARROTE, 2004; WENG et al., 2009) e evidenciaram que seu número e forma podem variar em razão do grupo de dentes estudado, de características pessoais, e ainda, em função do grupo racial (PÉCORA et al., 1991).

O presente estudo avaliou, por meio de μ CT, canais radiculares dos primeiros pré-molares superiores em relação aos parâmetros bidimensionais de número, área, circularidade, diâmetro maior e menor e fator de forma a 1, 2 e 3 mm do forame apical; e parâmetros tridimensionais de volume, área de superfície, índice de estrutura do modelo e localização de canais acessórios, bem como características anatômicas externas como presença, localização, profundidade, extensão dos sulcos radiculares, espessura interna e externa de dentina e circularidade dos canais correspondente às secções transversais avaliadas em relação aos sulcos radiculares, considerando primeiros pré-molares superiores trirradiculares ($n = 10$) em comparação aos unirradiculares ($n = 32$) e birradiculares com sulco ($n = 30$). A literatura evidencia que os primeiros pré-molares superiores podem apresentar uma raiz variando de 40 a 66% dos casos, duas raízes de 33 a 56,7% e três raízes de 1 a 3,3% (PÉCORA et al., 1991; CHAPARRO et al., 1999; TIAN et al., 2012), utilizando diferentes métodos de avaliação, tais como tomografia computadorizada cone-beam (CBCT), diafanização e cortes transversais (PÉCORA et al., 1991; CHAPARRO et al., 1999; TIAN et al., 2012). Dessa forma, pode-se afirmar que, de acordo com a literatura, a prevalência de primeiros pré-molares superiores trirradiculares na arcada

dentária humana é baixa (PINEDA; KUTTLER, 1972; KEREKES; TRONSTAD, 1977; PÉCORA et al., 1991; CHAPARRO et al., 1999; TIAN et al., 2012).

As análises quantitativas dos parâmetros bidimensionais, avaliados neste estudo, mostraram que, em relação à circularidade, os canais dos primeiros pré-molares superiores unirradiculares apresentaram forma levemente achatada com tendência circular. Nos primeiros pré-molares superiores birradiculares, esse parâmetro mostrou que a raiz palatina apresentou canais radiculares mais circulares quando comparados com os canais da raiz vestibular. Já nos primeiros pré-molares superiores trirradiculares, este descritivo de forma variou de 0,68 a 0,80, evidenciando forma mais circular dos canais radiculares em todas as raízes. A importância da anatomia dos canais radiculares tem sido registrada por diversos estudos, que demonstram que as variações na geometria do canal parece ter grande influência na efetividade da limpeza e modelagem, independentemente das técnicas de preparo biomecânico utilizadas (PAQUE; GANAHL; PETERS, 2009; DE-DEUS et al., 2010; TAHA et al., 2010; BÜRKLEIN et al., 2012; DE-DEUS, 2012; VERSIANI; PÉCORA; SOUSA-NETO, 2013). Dessa forma, a tendência ao achatamento dos canais radiculares pode dificultar o preparo biomecânico e a efetiva limpeza com instrumentos manuais e rotatórios e, conseqüentemente, sua obturação (MILANEZI DE ALMEIDA et al., 2013).

Os valores do diâmetro maior dos canais radiculares a 1 mm do forame apical nos primeiros pré-molares superiores unirradiculares foram, em média, duas vezes maiores que o diâmetro menor, o que difere dos dados de MILANEZI DE ALMEIDA et al. (2013) que, ao estudar canais achatados, observaram que o menor diâmetro manteve valores constantes nos três milímetros avaliados, enquanto que o diâmetro maior diminuiu progressivamente em direção ao terço apical. Entretanto, nos

primeiros pré-molares superiores bi e trirradiculares, os valores de diâmetro maior e menor apresentaram-se mais constantes entre os milímetros avaliados. Os valores de diâmetro anatômico sugerem a quantidade de instrumentação requerida na região apical. A diferença anatômica entre os diâmetros maior e menor deve ser levada em consideração durante o preparo biomecânico do SCR, uma vez que a instrumentação no maior diâmetro destes canais pode levar a ocorrência de perfurações laterais antes de completar a instrumentação (LEONI et al., 2014). Entretanto, se for considerado apenas o menor diâmetro, o preparo biomecânico pode ser insuficiente e dificultar a limpeza desta região. Outro aspecto importante foi o aumento dos diâmetros maior (58%) e menor (36%) ao longo dos 3 mm avaliados, que pode ser observado principalmente nos dentes unirradiculares, demonstrando um aumento significativo de conicidade. Esse dado torna-se importante no momento do planejamento do preparo biomecânico, em que se deve utilizar instrumentos que permitem a realização de movimentos contra as paredes do canal radicular. Já nos dentes trirradiculares, os aumentos dos diâmetros maior e menor foram mais discretos, respectivamente, de 17 e 16% na raiz méso-vestibular, 23 e 27% na raiz disto-vestibular e 23 e 33% na raiz palatina. Destaca-se que a raiz méso-vestibular dos pré-molares com três raízes apresenta-se delgada na região apical.

Os dados do fator de forma apresentados neste trabalho, reafirmam a forma mais circular e sem grandes achatamentos dos canais radiculares dos primeiros pré-molares superiores. O valor médio do fator de forma para o canal vestibular dos primeiros pré-molares superiores birradiculares foi de 0,79, semelhante aos resultados encontrados por LI; LI; PAN (2013), que obtiveram valor médio de 0,82, evidenciando a tendência circular destes canais. Nos dentes trirradiculares, este descritivo de forma apresentou valores médios variando entre 0,68 e 0,88.

Em relação aos parâmetros tridimensionais, as maiores médias de volume e área de superfície foram encontradas nos canais radiculares dos primeiros pré-molares superiores unirradiculares, e as menores médias foram observadas na raiz disto-vestibular dos primeiros pré-molares superiores trirradiculares. Nota-se que esses valores foram inversamente proporcionais ao número de raízes encontradas nos pré-molares superiores. Além disso, pode ser observado que, nos primeiros pré-molares superiores trirradiculares, o canal da raiz méso-vestibular sempre foi mais volumoso em relação ao canal da raiz disto-vestibular, como já apresentado na literatura por VIER-PELISSER et al. (2010). Os valores de SMI foram semelhantes em todas as raízes nos três grupos avaliados, evidenciando forma tridimensional cônica com tendência cilíndrica do SCR.

A reconstrução em 3D dos primeiros pré-molares com três raízes permite observar externamente a presença de coroas mais extensas no sentido méso-distal, bem como a presença de câmara pulpar ampla e profunda na região de furca, principalmente na área em que estão localizados os canais vestibulares, mostrando a tendência de uma abertura única e, logo abaixo, a separação em dois canais. Segundo BELLIZI; HARTWELL, (1981), a presença da terceira raiz deve ser suspeitada clinicamente quando a câmara pulpar não aparece alinhada como de costume e também quando, em uma imagem radiográfica, a largura méso-distal no terço médio da raiz parecer igual ou maior que a largura méso-distal da imagem da coroa (SIERASKI; TAYLOR; KOHN, 1989). Os primeiros pré-molares superiores trirradiculares são comumente chamados de mini-molares ou *radiculous* (CANTATORE; BERUTTI; CASTELLUCCI, 2009). Nestes casos, a cirurgia de acesso deve ser modificada, formando um triângulo com base voltada para vestibular (BARROS; TANOMARU; TANOMARU-FILHO, 2009).

Em relação à análise qualitativa dos modelos tridimensionais, gerados no presente estudo, os primeiros pré-molares superiores apresentaram sete tipos diferentes de configuração morfológica do sistema de canais radiculares, segundo a classificação de VERTUCCI (1984). A configuração morfológica do tipo I foi a mais prevalente, tanto nos dentes unirradiculares como nos birradiculares com sulcos, sendo o único tipo morfológico observado nos pré-molares superiores trirradiculares. Alguns estudos, no entanto, observaram que a configuração do tipo IV, dois canais separados em uma mesma raiz, foi a mais prevalente neste grupo dental (VERTUCCI, 1984; SERT; BAYIRLI, 2004; CANTATORE; BERUTTI; CASTELLUCCI, 2009).

Vale destacar que 6,25% dos primeiros pré-molares superiores unirradiculares apresentaram uma configuração morfológica (1-2-1-2-1; Figura 8) não descrita por VERTUCCI (1984), mas já descrita por LEONI et al. (2014) como uma variação da classificação morfológica tipo VII de VERTUCCI (1984). Não foram encontradas novas configurações anatômicas, como observado no estudo de LEONI et al. (2014) que também utilizou a microtomografia computadorizada para avaliação dos canais radiculares de incisivos inferiores.

A presença de canais acessórios variou, no presente estudo, de 1 a 5, sendo observados nos terços médio e apical em 75% dos dentes unirradiculares, em 66,67% da raiz vestibular e 60% da raiz palatina dos pré-molares superiores birradiculares com sulcos, e em 20% da raiz mésio-vestibular, 10% da raiz disto-vestibular e 20% da raiz palatina dos pré-molares superiores trirradiculares. VIER-PELISSER et al. (2010), utilizando a mesma metodologia, observaram canais acessórios em 60% da amostra de pré-molares superiores trirradiculares, sendo

20% na raiz disto-vestibular e 40% na raiz palatina, além de deltas apicais em 70% da amostra, sendo 30% na raiz disto-vestibular e 40% na raiz palatina.

Já AWAWDEH; ABDULLAH; AL-QUDAH (2008), por meio de diafanização, demonstraram menor presença de canais acessórios (19,3%) e maior presença de deltas apicais (7%) nos primeiros pré-molares superiores, entretanto, foi realizada análise do dente levando em consideração todas as raízes e não em cada raiz como no presente estudo. A presença de deltas apicais, no presente estudo, foi observada em apenas 3,12% dos pré-molares superiores unirradiculares e 3,33% dos pré-molares superiores birradiculares com sulcos.

Segundo CANTATORE; BERUTTI; CASTELLUCCI (2009), a frequência de canais acessórios em pré-molares superiores é significativamente alta, o que também foi observada no presente estudo. No entanto, sabe-se que a desinfecção e o debridamento desses canais por meio apenas do processo de instrumentação ainda é ineficaz (BYSTRÖM; SUNDQVIST, 1981). Neste contexto, o uso da solução de hipoclorito de sódio se faz importante no processo de desinfecção, solvência de materiais orgânicos (NAENNI et al., 2004; HULSMANN; PETERS; DUMMER, 2005; VIANNA et al., 2006) e de soluções quelantes na remoção da camada de smear e smear plug, que permite maior possibilidade de obturação dos canais acessórios e deltas apicais (ROBBERECHT; COLARD; CRINQUETTE, 2012).

Em relação à anatomia radicular externa, foram observados nos primeiros pré-molares superiores birradiculares um total de 35 sulcos, sendo 23 únicos e 12 duplos. Os sulcos estavam localizados na face palatina da raiz vestibular em 100% dos espécimes, como também encontrado por AL-SHARANI et al. (2013). Já JOSEPH; VARMA; BHAT (1996), por meio de estudo biométrico, observaram que os

sulcos radiculares também estavam presentes na face palatina da raiz vestibular em 62% dos dentes analisados.

No presente estudo, a maior e a menor média de espessura de dentina foram encontradas nas regiões cervical e apical dos sulcos, respectivamente. Além disso, os sulcos mais profundos foram verificados nas áreas mais cervicais do sulco radicular. Esses resultados estão de acordo com LI; LI; PAN (2013), que analisaram a espessura mínima de dentina na raiz vestibular de primeiros pré-molares birradiculares, por meio de μ CT, e observaram maiores valores de espessura de dentina na região cervical, sendo que esses valores decresceram no sentido cérvico-apical. Acrescentaram ainda que os sulcos, em sua maioria, estavam localizados nos terços cervical e médio da raiz. Resultados semelhantes também foram observados por LAMMERTYN et al. (2009), que avaliaram, por meio de cortes transversais, primeiros pré-molares superiores birradiculares sulcados.

Neste estudo, a presença do sulco radicular na face palatina da raiz vestibular dos primeiros pré-molares superiores birradiculares levou à diminuição da espessura de dentina nesta região. Esses resultados também podem ser observados no trabalho de GU et al. (2013) que, por meio de μ TC, relataram que as paredes onde estão localizados os sulcos radiculares são as áreas de dentina com menor espessura, concluindo que um desgaste excessivo da estrutura radicular nesta região pode levar ao enfraquecimento da raiz, aumentando sua susceptibilidade à fratura. Somado a essas informações, LAMMERTYN et al. (2009), por meio de cortes transversais, verificou que a espessura de dentina correspondente à localização do sulco diminuiu conforme a profundidade do sulco aumentou.

Neste estudo, a correlação entre número de canais e circularidade foi fraca (Figura 15), quando comparada com a análise entre circularidade e profundidade de

sulco (Figura 16), que evidencia que quanto maior a profundidade de sulco mais achatados se apresentam os canais, especialmente nas secções transversais da região cervical. Esses dados também foram observados por LI; LI; PAN (2013), que associaram a presença de sulcos na face palatina da raiz vestibular de primeiros pré-molares superiores com a forma dos canais, e afirmaram que o valor do fator de forma se relaciona de maneira inversamente proporcional à profundidade do sulco nestes dentes. No presente estudo, pode-se observar forte correlação positiva entre profundidade de sulco e número de canais (Figura 17), considerando todas as secções transversais analisadas ($r=0,68$) como também nas secções analisadas individualmente, o que demonstra que quanto maior a profundidade de sulco maior será a ocorrência da divisão dos canais. MATTUELLA et al. (2005) concluíram que quanto maior o número de sulcos presentes e quanto mais profundos e extensos estes forem, maiores serão as variações anatômicas internas.

Na Figura 18 pode-se observar que estes sulcos começaram, em média, a 3,41 mm abaixo da junção cimento-esmalte e terminaram, em média, a 8,38 mm acima do forame apical. O comprimento médio do sulco radicular foi de 6,19 mm, sendo maior que o valor apresentado no estudo de AL-SHARANI et al. (2013), que observou média de 4,70 mm. Em relação à profundidade dos sulcos, a média de valores nesse estudo foi de 0,49 mm, o que corrobora com JOSEPH; VARMA; BHAT (1996), que verificaram valor médio de 0,46 mm. Estas informações são importantes para o diagnóstico clínico, principalmente nos casos de lesões endo-perio, visto que estes sulcos se iniciam 3,41 mm abaixo da junção cimento-esmalte, como demonstrado neste estudo.

Os sulcos radiculares favorecem a retenção de bactérias, o que pode causar doença periodontal e endodôntica (SIMON et al., 2000; FAN et al., 2008). Assim, na

presença de bolsas periodontais, o sulco radicular se torna um reservatório ideal para adesão da placa bacteriana e consequente formação de cálculo, dificultando a higiene bucal e o tratamento da doença periodontal (FAN et al., 2008). Já SIMON et al. (2000) relatam que em caso de necrose pulpar as bactérias do SCR, em virtude da pequena espessura de dentina na região de maior profundidade de sulco, podem alcançar a região do sulco radicular, e levar ao desenvolvimento de lesões periodontais de origem endodôntica.

A radiografia periapical é um exame bidimensional e, portanto, não passível de se fornecer os dados tridimensionais que a μ TC oferece, e apesar desta ser um método não aplicável clinicamente, fornece informações quali-quantitativas do sistema de canais radiculares que permitem ao cirurgião-dentista, com conhecimento sobre técnicas de instrumentação, melhor planejamento do protocolo clínico do preparo biomecânico, assim como o reconhecimento das variações morfológicas para conduzir o tratamento endodôntico em direção ao sucesso.

Conclusões

- 1- Os sulcos radiculares podem estar presentes, únicos ou duplos, nas faces vestibular e palatina das raízes de primeiros pré-molares superiores, porém, sua maior incidência é nas faces palatinas;
- 2- A sua presença nem sempre resulta na formação de mais de um canal nos primeiros pré-molares superiores;
- 3- Apesar de novos tipos morfológicos não terem sido encontrados, fica evidente a complexidade anatômica do SCR de primeiros pré-molares superiores.
- 4- Uma forte correlação entre a circularidade e a profundidade do sulco foram observadas, principalmente nos seus pontos mais cervicais, mostrando que quanto maior a profundidade do sulco, mais achatados os canais.
- 5- A microtomografia computadorizada possibilitou maior acuidade no estudo da anatomia interna e externa de pré-molares superiores uni, bi e trirradiculares.

Referências Bibliográficas

AL-SHARANI, S. D.; AL-SUDANI, D.; ALMALIK, M.; GAMBARINI, G.; ALRUMAIHI, F. A. Microcomputed tomographic analysis of the furcation grooves of maxillary first premolars. **Ann Stomatol**, v. 4, n. 1, p. 142 – 148, 2012.

ARISU, H. D.; ALACAM, T. Diagnosis and Treatment of Three-Rooted Maxillary Premolars. **Eur J Dent**, v. 3, n. 1, p. 62-66, 2009.

AWAWDEH, L.; ABDULLAH, H.; AL-QUDAH, A. Root Form and canal Morphology of Jordanian Maxillary First Premolars. **J Endod**, v. 34, n. 8, p. 956 – 961, 2008.

BARROS, D. B.; TANOMARU, J. M. G.; TANOMARU-FILHO, M. Root canal treatment of three-rooted maxillary second premolars: report of four cases. **Aust Endod J**, v. 35, n. 2, p. 73-77, 2009.

BELLIZZI, R.; HARTWELL, G. Evaluating the maxillary premolar with three canals for endodontic therapy. **J Endod**, v. 7, n. 11, p. 521-27, 1981.

BELLIZZI, R.; HARTWELL, G. Radiographic Evaluation of Root Canal Anatomy of *In Vivo* Endodontically Treated Maxillary Premolars. **J Endod**, v. 11, n. 1, p. 37-39, 1985.

BÜRKLEIN, S.; HINSCHITZA, K.; DAMMASCHKE, T.; SCHÄFER, E. Shaping ability and cleaning effectiveness of two single-file systems in severely curved root canals of extracted teeth: Reciproc and Wave One versus M-two and Protaper. **Int Endod J**, v. 45, n. 5, p. 449 – 61, 2012.

BYSTRÖM, A.; SUNDQVIST, G. Bacteriologic evaluation of the efficacy of mechanical root canal instrumentation in endodontic therapy. **Scand J Dent Res**, v. 89, n. 4, p. 321 – 8, 1981.

CANTATORE, G.; BERUTTI, E.; CASTELLUCCI, A. Missed anatomy: frequency and clinical impact. **Endod Topics**, v. 15, n. 1, p. 3-31, 2009.

ÇALIŞKAN, M. K.; PEHLIVAN, Y.; SEPETÇIOĞLU, F.; TÜRKÜN, M.; TUNCER, S.S. Root Canal Morphology of Human Permanent Teeth in a Turkish Population. **J Endod**, v. 21, n. 4, p. 200-204, 1995.

CARNS, E. J.; SKIDMORE, A. E. Configurations and deviations of root canals of maxillary first premolars. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod**, v. 36, n. 6, p. 880 – 886, 1973.

CARROTE, P. Endodontics: Part 4 – Morphology of the root canal system. **Brit Dent J**, v. 197, n. 7, p. 379 – 383, 2004.

CHAPARRO, A. J.; SEGURA, J. J.; GUERRERO, E.; JIMÉNEZ-RUBIO, A.; MURILLO, C.; FEITO, J. J. Number of roots and canals in maxillary first premolars: study of an Andalusian population. **Endod Dent Traumatol**, v. 15, n. 1, p. 65-7, 1999.

DE-DEUS, G. Research that matters – root canal filling and leakage studies. **Int Endod J**, n. 45, v. 12, p. 1063 – 4, 2012.

DE-DEUS, G.; BARINO, B.; ZAMOLYI, R. Q.; SOUZA, E.; JÚNIOR, A. F.; FIDEL, S.; FIDEL, R. A. S. Suboptimal Debridement Quality Produced by the Single-file F2 Protaper Technique in Oval-shaped Canals. **J Endod**, v. 36; n. 1, p. 1897–1900, 2010.

FAN, B.; YANG, J.; GUTMANN, J. L.; FAN, M. Root canal systems in mandibular first Premolars with C-shaped root configurations: part I – microcomputed tomography mapping of the radicular groove and associated root canal cross-sections. **J Endod**, v. 34, n. 11, p. 1337-41, 2008.

GRANDE, N. M.; PLOTINO, G.; PECCI, R.; BEDINI, R.; PAMEIJER, C. H.; SOMMA, F. Micro-computerized tomographic analysis of radicular and canal morphology of premolars with long oval canals. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod**, v. 106, n. 3, p. 70-76, 2008.

GU, Y.; ZHANG, Y.; LIAO, Z.; FEI, X.D. A Micro–Computed Tomographic Analysis of Wall Thickness of C-shaped Canals in Mandibular First Premolars. **J Endod**, v. 39, n. 8, p. 973-976, 2013.

HARTMANN, R. C.; BALDASSO, F. E. R.; STÜRMER, C. P.; ACAUAN, M. D.; SCARPARO, R. K.; MORGENTAL, R. D.; BRYANT, S.; DUMMER, P. M.; FIGUEIREDO, J. A. P.; VIER-PELISSER, F. V. Clinically Relevant Dimensions of 3-rooted Maxillary Premolars Obtained Via High-resolution Computed Tomography. **J Endod**, v. 39, n. 12, p. 1639-45, 2013.

HÜLSMANN, M.; PETERS, O. A.; DUMMER, P. M. H. Mechanical preparation of root canals: shaping goals, techniques and means. **Endod Topics**, v. 10, n. 1, p. 30-76, 2005.

JOSEPH, I.; VARMA, B. R. R.; BHAT, M. Clinical Significance of Furcation Anatomy of the Maxillary First Premolar: A Biometric Study on Extracted Teeth. **J Periodontol**, v. 67, n. 4, p. 386 – 389, 1996.

KARTAL, N.; YANIKOĞLU, F. C. Root canal morphology of mandibular incisors. **J Endod**, v. 18, n. 11, p. 562-4, 1992.

KARTAL, N.; ÖZÇELİK, B.; CIMILLI, H. Root Canal Morphology of Maxillary Premolars. **J Endod**, v. 24, n. 6, p. 417-419, 1998.

KATO, A.; OHNO, N. Construction of three-dimensional tooth model by micro-computed tomography and application for data sharing. **Clin Oral Invest**, v. 13, n. 1, p. 43-6, 2009.

KEREKES, K.; TRONSTAD, L.; SWEDEN, M. Morphometric observations on root canals of human premolars. **J Endod**, v. 3, n. 2, p. 74-79, 1977.

KIM, Y.; CHANG, S.; LEE, J.; CHEN, I.; KAUFMAN, B.; JIANG, J.; CHA, B. Y.; ZHU, Q.; SAFAVI, K. E.; KUM, K. A micro-computed tomography study of canal configuration of multiple-canalled mesiobuccal root of maxillary first molar. **Clin Oral Invest**, v. 17, n. 1, p. 1541-6, 2013.

LAMMERTYN, P. A.; RODRIGO, S. B.; BRUNNOTTO, M.; CROSA, M. Furcation Groove of Maxillary First Premolar, Thickness, and Dentin Structures. **J Endod**, v. 35, n. 6, p. 814-817, 2009.

LEONI, G. B.; VERSIANI, M. A.; PÉCORA, J. D.; SOUSA-NETO, M. D. Micro-computed Tomographic Analysis of the Root Canal Morphology of Mandibular Incisors. **J Endod**, v. 40, n. 5, p. 710 – 16, 2014.

LI, J.; LI, L.; PAN, Y. Anatomic Study of the Buccal Root with Furcation Groove and Associated Root Canal Shape in Maxillary First Premolars by Using Micro-Computed Tomography. **J Endod**, v. 39, n. 2, p. 265-268, 2013.

MATTUELLA, L. G.; MAZZOCCATO, G.; VIER, F. V.; SÓ, M. V. R. Root Canals and Apical Foramina of the Buccal Root of Maxillary First Premolars with Longitudinal Sulcus. **Braz Dent J**, v. 16, n. 1, p. 23 – 29, 2005.

MELTON, D. C.; KRELL, K. V.; FULLER, M. W. Anatomical and histological features of C-shaped canals in mandibular second molars. **J Endod**, v. 17, n. 8, p. 384-8, 1991.

MILANEZI DE ALMEIDA, M.; BERNARDINELI, N.; ORDINOLA-ZAPATA, R.; VILAS-BÔAS, M. H.; AMOROSO-SILVA, P. A.; BRANDÃO, C. G.; GUIMARÃES, B. M.; MORAES, I. G.; HÚNGARO-DUARTE, M. A. Micro-computed Tomography Analysis of the Root Canal Anatomy and Prevalence of Oval Canals in Mandibular Incisors. **J Endod**, v. 39, n. 12, p. 1529-33, 2013.

MOSHFEGHI, M.; SAJADI, S. S.; SAJADI, S.; SHAHBAZIAN, M. Conventional Versus Digital Radiography in Detecting Root Canal Type in Maxillary Premolars: An in Vitro Study. **J Dentistry**, v. 10, n. 1, p. 74-81, 2013.

NAENNI, N.; THOMA, K.; ZEHNDER, M. Soft tissue dissolution capacity of currently used and potential endodontic irrigants. **J Endod**, v. 30, n. 11, p. 785 – 7, 2004.

OI, T.; SAKA, H.; IDE, Y. Three-dimensional observation of pulp cavities in the maxillary first premolar tooth using micro-CT. **Int Endod J**, v. 37, n. 1, p. 46-51, 2004.

PAQUE, F.; GANAHL, D.; PETERS, O. A. Effects of root canal preparation on apical geometry assessed by micro-computed tomography. **J Endod**, v. 35, n. 7, p. 1056 – 9, 2009.

PÉCORA, J. D.; SAQUY, P. C.; SOUSA NETO, M. D.; WOELFEL, J. B. Root Form and Canal Anatomy of Maxillary First Premolars. **Braz Dent J**, v. 2, n. 1, p. 87-94, 1991.

PETERS, O. A.; LAIB, A.; RÜEGSEGG, P.; BARBAKOW, F. Three-dimensional Analysis of Root Canal Geometry by High-resolution Computed Tomography. **J Dent Res**, v. 79, n. 6, p. 1405-9, 2000.

PINEDA, F.; KUTTLER, Y. Mesiodistal and buccolingual roentgenographic investigation of 7.275 root canals. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod**, v. 33, n. 1, p. 101-10, 1972.

PINHEIRO JÚNIOR, E. C.; LEITE, A. P. P.; SILVA, R. G.; PÉCORA, J. D. Pré-molares superiores trirradiculares: anatomia externa e interna. **Rev ABO Nac**, v. 1, n. 3, p. 164-168, 1993.

PLOTINO, G.; GRANDE, N. M.; PECCI, R.; BEDINI, R.; PAMEIJER, C. H.; SOMMA, F. Three-dimensional imaging using microcomputed tomography for studying tooth macromorphology. **J Am Dent Assoc**, v. 137, n. 11, p. 1555-61, 2006.

RELVAS, J. B. F.; CARVALHO, F. M. A.; MARQUES, A. A. F.; SPONCHIADO-JÚNIOR, E. C.; GARCIA, L. F. R. Endodontic Treatment of Maxillary Premolar with Three Root Canals Using Microscope and NiTi Rotatory Files System. **Case Reports in Dentistry**, v. 2013, n. 1, p. 1-4, 2013.

RHODES, J. S.; PITT FORD, T. R.; LYNCH, P. J.; LIEPINS, P. J.; CURTIS, R. V. Micro-computed tomography: a new tool for experimental endodontology. **Inter Endod J**, v. 32, n. 1, p. 165-70, 1999.

ROBBERECHT, L.; COLARD, T.; CLAISSE-CRINQUETTE, A. Qualitative evaluation of two endodontic obturation techniques: tapered single-cone method versus warm vertical condensation and injection system: an in vitro study. **J Oral Sci**, v. 54, n. 1, p. 99 – 104, 2012.

SCHILDER, H. Cleaning and shaping the root canal. **Dent Clin North Am**, v. 18, n. 2, p. 269 – 96, 1974.

SERT, S.; BAYIRLI, G. S. Evaluation of the Root Canal Configurations of the Mandibular and Maxillary Permanent Teeth by Gender in the Turkish Population. **J Endod**, v. 30, n. 6, p. 391-398, 2004.

SIERASKI, S. M.; TAYLOR, G. N.; KOHN, R. A. Identification and Endodontic Management of Three-Canalled Maxillary Premolars. **J Endod**, v. 15, n. 1, p. 29-32, 1989.

SIMON, J. H. S.; DOGAN, H.; CERESA, L. M.; SILVER, G. K. The Radicular Groove: Its Potential Clinical Significance. **J Endod**, v. 26, n. 5, p. 295 – 298, 2000.

SOARES, J. A.; LEONARDO, R. T. Root canal treatment of three-rooted maxillary first and second premolars – a case report. **J Endod**, v. 36, n. 1, p. 705-710, 2003.

SOUZA-FLAMINI, L. E.; LEONI, G. B.; CHAVES, J. F. M.; VERSIANI, M. A.; CRUZ-FILHO, A. M.; PÉCORA, J. D.; SOUSA-NETO, M. D. The Radix Entomolaris and Paramolaris: A Micro-Computed Tomographic Study of 3-rooted Mandibular First Molars. **J Endod**, 2014 (*in press*).

TAHA, N. A.; OZAWA, T.; MESSER, H. H. Comparison of three techniques for preparing oval-shaped root canals. **J Endod**, v. 36, n. 2, p. 532 – 5, 2010.

TAMSE, A.; KATZ, A.; PILO, R. Furcation Groove of Buccal Root of Maxillary First Premolars – A Morphometric Study. **J Endod**, v. 26, n. 6, p. 359 – 363, 2000.

TIAN, Y.; GUO, B.; ZHANG, R.; YU, X.; WANG, H.; HU, T.; DUMMER, P. M. H. Root and canal morphology of maxillary first premolars in a Chinese subpopulation evaluated using cone-beam computed tomography. **Int Endod J**, v. 45, n. 1, p. 996-1003, 2012.

VERSIANI, M. A.; LEONI, G. B.; STEIER, L.; DE-DEUS, G.; TASSANI, S.; PÉCORA, J. D.; SOUSA-NETO, M. D. Micro-computed tomography study of oval-shaped canals prepared with the self-adjusting file, Reciproc, WaveOne, and ProTaper universal systems. **J Endod**, v. 39, n. 8, p. 1060 – 6, 2013.

VERSIANI, M. A.; PÉCORA, J. D.; SOUSA-NETO, M. D. The anatomy of two-rooted mandibular canines determined using micro-computed tomography. **Int Endod J**, v. 44, n. 7, p. 682-7, 2011-a.

VERSIANI, M. A.; PÉCORA, J. D.; SOUSA-NETO, M. D. Flat-oval root canal preparation with self-adjusting file instrument: a micro-computed tomography study. **J Endod**, v. 37, n. 7, p. 1002 – 7, 2011-b.

VERSIANI, M. A.; PÉCORA, J. D.; SOUSA-NETO, M. D. Root and Root Canal Morphology of Four-rooted Maxillary Second Molars: A Micro-Computed Tomography Study. **J Endod**, v. 38, n. 7, p. 977-982, 2012.

VERSIANI, M. A.; SOUSA-NETO, M. D.; PÉCORA, J. D. Microcomputed tomography analysis of the root canal morphology of single-rooted mandibular canines. **Int Endod J**, v. 46, n. 9, p. 800-7, 2013.

VERTUCCI, F. J. Root canal anatomy of the human permanent teeth. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod**, v. 58, n. 5, p. 589-99, 1984.

VERTUCCI, F. J. Root canal morphology and its relationship to endodontic procedures. **Endod Topics**, v. 10, n. 1, p. 3-29, 2005.

VIANNA, M. E.; HORZ, H. P.; GOMES, B. P.; CONRAD, G. In vivo evaluation of microbial reduction after chemo-mechanical preparation of human root canals containing necrotic pulp tissue. **Int Endod J**, v. 39, n. 6, p. 484 – 92, 2006.

VIER-PELISSIER, F. V.; DUMMER, P. M. H.; BRYANT, S.; MARCA, C.; SÓ, M. V. R.; FIGUEIREDO, J. A. P. The anatomy of the root canal system of three-rooted maxillary premolars analysed using high-resolution computed tomography. **Int Endod J**, v. 43, n. 12, p. 1122-1131, 2010.

WALKER, R. T. Root canal anatomy of mandibular first premolars in a southern Chinese population. **Endod Dent Traumatol**, v. 4, n. 5, p. 207-213, 1988.

WEINE, F. S.; HEALEY, H. J.; GERSTEIN, H.; EVANSON, L. Canal Configuration in the Mesio Buccal Root Of the Maxillary First Molar and Its Endodontic Significance. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod**, v. 23, n. 8, p. 419-25, 1969.

WENG, X.; YU, S.; ZHAO, S.; WANG, H.; MU, T.; TANG, R.; ZHOU, X. Root Canal Morphology of Permanent Maxillary Teeth in the Han Nationality in Chinese Guanzhong Area: A New Modified Root Canal Staining Technique. **J Endod**, v. 35, n. 5, p. 651-656, 2009.

Apêndices

Apêndice A. Modelos tridimensionais da anatomia interna de primeiros pré-molares superiores unirradiculares.

24

60

61

62

63

64

65

66

67

68

69

70

71

72

73

74

75

76

77

78

79

80

81

82

83

84

85

86

87

88

89

90

Apêndice B. Modelos tridimensionais da anatomia interna de primeiros pré-molares superiores birradiculares.

02

03

04

10

13

14

16

17

18

22

25

26

29

40

41

43

44

45

48

49

50

51

52

53

54

55

56

57

58

59

Apêndice C. Modelos tridimensionais da anatomia interna de primeiros pré-molares superiores trirradiculares.

01

05

07

08

09

23

27

32

33

47

Apêndice D. Modelos tridimensionais da anatomia externa de primeiros pré-molares superiores unirradiculares.

67

68

69

70

63

64

65

66

71

72

73

74

75

76

77

78

79

80

81

82

83

84

85

86

87

88

89

Apêndice E. Modelos tridimensionais da anatomia externa de primeiros pré-molares superiores birradiculares.

13

14

16

17

18

22

25

26

29

40

41

42

43

44

45

48

52

53

54

55

56

57

58

59

Apêndice F. Modelos tridimensionais da anatomia externa de primeiros pré-molares superiores trirradiculares.

01

05

07

08

09

23

27

32

33

47

Anexos

Anexo 1. Documento de aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa **UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto
Comitê de Ética em Pesquisa

Of. CEP / 356/ FORP

Ribeirão Preto, 24 de agosto de 2010

Ref. processo n.º 2009.1.972.58.4
CAAE n.º 0072.0.138.000-09

Senhor Pesquisador,

A pedido da Profa. Dra. Cláudia Helena Lovato da Silva, Coordenadora do Comitê de Ética em Pesquisa, desta Faculdade, informamos que o referido Comitê em sua 111ª Sessão, realizada em 19 de agosto de 2010, **aprovou o Relatório Parcial do Projeto de Pesquisa:** "Avaliação de diferentes técnicas de preparo biomecânico, obturação, retobturação, preparo para contenção intraradicular de dentes submetidos a diferentes tratamentos, por meio de microtomografia computadorizada".

Na oportunidade, lembramos da necessidade de entregar na Secretaria do Comitê, com os formulários preenchidos pelo pesquisador responsável, o **Relatório Parcial** no dia 30 de maio de 2011 e o **Relatório Final** no dia 30 de março de 2012.

JULIANA GODOÍ DE OLIVEIRA SILVA
Secretária do Comitê de Ética em Pesquisa

Ilmo. Sr.
Prof. Dr. MANOEL DAMIÃO DE SOUSA NETO
Departamento de Odontologia Restauradora
desta Faculdade

Anexo 2. Detalhes dos parâmetros de aquisição das imagens microtomográficas.

```
[[System]
Scanner=SkyScan1174v2
Instrument S/N=09G03050
Software=version 1. 1 (build 6)
Home Directory=C:\SkyScan1174ver2
Source Type=RTW 50/800
Camera=SHT MR285MC
Camera Pixel Size (um)= 26.92
CameraXYRatio=1.0000
[Acquisition]
Data Directory=C:\Users\skyScan\Desktop\AMANDA\2
Filename Prefix=PMS_3R_02_
Number Of Files= 188
Number Of Rows= 1024
Number Of Columns= 717
Partial width= 55%
Image crop origin X= 293
Image crop origin Y=0
Camera binning=1x1
Image Rotation=359.8600
Gantry direction=CC
Optical Axis (line)= 512
Object to Source (mm)=226.60
Camera to Source (mm)=266.50
Source voltage (kV)= 50
Source current (uA)= 800
Image Pixel Size (um)=22.89
Scaled Image Pixel Size (um)=22.893000
Image Format=TIFF
Depth (bits)=16
Screen LUT=0
Exposure (ms)=7500
Rotation Step (deg)=1.000
Use 360 Rotation=NO
FlatField Update=NO
Scanning position=4.897 mm
Flat Field Correction=ON
Frame Averaging=OFF (2)
Sharpening (%)=40
Random Movement=OFF
Geometrical Correction=ON
Filter=0.5 mm Al
Rotation Direction=CC
Type of Detector Motion=STEP AND SHOOT
Scanning Trajectory=ROUND
Number of connected scans=1
Study Date and Time=Jun 07, 2013 13:41:02
Scan duration=00:24:57
```

Anexo 3. Detalhes dos parâmetros de reconstrução das secções transversais.

```
[Reconstruction]
Reconstruction Program=NRecon
Program Version=Version: 1.6.6.0
Program Home Directory=C:\SkyScan1174ver2
Reconstruction engine=NReconServer
Engine version=Version: 1.6.6
Reconstruction from batch=Yes
Reconstruction servers= DOR-LABPECORA02
Option for additional F4F float format=OFF
Reconstruction mode=Standard
Dataset Origin=SkyScan1174v2
Dataset Prefix=PMS_3R_02_
Dataset Directory=E:\MicroCT\AMANDA\#Birradiculares\2
Output Directory=E:\MicroCT\AMANDA\#Birradiculares\2\Rec 02
Time and Date=Mar 13, 2014 14:36:04
First Section=1
Last Section=1022
Reconstruction duration per slice (seconds)=0.151663
Total reconstruction time (1022 slices) in seconds=155.000000
Postalignment=1.00
Section to Section Step=1
Sections Count=1022
Result File Type=BMP
Result File Header Length (bytes)=1134
Result Image width (pixels)=596
Result Image Height (pixels)=516
Pixel Size (um)=22.89300
Reconstruction Angular Range (deg)=188.00
Use 180+=OFF
Angular Step (deg)=1.0000
Smoothing=5
Smoothing kernel=1 (Symmetrical boxcar)
Ring Artifact Correction=5
Draw Scales=OFF
Object Bigger than FOV=OFF
Reconstruction from ROI=ON
ROI Top (pixels)=646
ROI Bottom (pixels)=127
ROI Left (pixels)=96
ROI Right (pixels)=692
ROI reference length=717
Filter cutoff relative to Nyquist frequency=100
Filter type=0
Filter type meaning(1)=0: Hamming (Ramp in case of optical scanner); 1: Hann; 2: Ramp; 3: Almost Ramp;
Filter type meaning(2)=11: Cosine; 12: Shepp-Logan; [100,200]: Generalized Hamming, alpha=(iFilter-100)/100
Undersampling factor=1
Threshold for defect pixel mask (%)=0
Beam Hardening Correction (%)=42
CS Static Rotation (deg)=0.00
Minimum for CS to Image Conversion=0.040000
Maximum for CS to Image Conversion=0.130000
HU Calibration=OFF
BMP LUT=0
Cone-beam Angle Horiz.(deg)=4.148536
Cone-beam Angle Vert.(deg)=5.922138
```