

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE MINAS GERAIS
Programa de Pós-graduação em Odontologia

Stéphanie Quadros Tonelli

**ANATOMIA INTERNA DA RAIZ MÉLIO-VESTIBULAR DE MOLARES
SUPERIORES: análise por microtomografia computadorizada e cortes
radiculares transversais**

Belo Horizonte

2016

Stéphanie Quadros Tonelli

**ANATOMIA INTERNA DA RAIZ MÉLIO-VESTIBULAR DE MOLARES
SUPERIORES: análise por microtomografia computadorizada e cortes
radiculares transversais**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Odontologia da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Odontologia. Área de Concentração: Clínicas Odontológicas - Área Temática: Endodontia.

Linha de pesquisa: Métodos de Diagnóstico por Imagem, Radiobiologia e Radioproteção.

Orientador: Prof. Dr. Frank Ferreira Silveira

Belo Horizonte

2016

FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborada pela Biblioteca da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

T664a Tonelli, Stéphanie Quadros
Anatomia interna da raiz méso-vestibular de molares superiores / Stéphanie Quadros Tonelli. Belo Horizonte, 2016.
65 f. : il.

Orientador: Frank Ferreira Silveira
Dissertação (Mestrado) – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais.
Programa de Pós-Graduação em Odontologia.

1. Molares. 2. Odontologia. 3. Canal radicular - Tratamento. 4. Dentística operatória. 5. Tomografia computadorizada. I. Silveira, Frank Ferreira. II. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Programa de Pós-Graduação em Odontologia. III. Título.

Stéphanie Quadros Tonelli

ANATOMIA INTERNA DA RAIZ MÉLIO-VESTIBULAR DE MOLARES SUPERIORES: análise por microtomografia computadorizada e cortes radiculares transversais

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Odontologia da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Odontologia. Área de Concentração: Clínicas Odontológicas – Área Temática: Endodontia.

COMPOSIÇÃO DA BANCA EXAMINADORA:

- 1- Prof. Dr. Manoel Damião de Sousa Neto – FORP/USP
- 2- Prof. Dr. Manoel Brito Júnior – Unimontes
- 3- Prof. Dr. Frank Ferreira Silveira – PUC Minas

DATA DA APRESENTAÇÃO E DEFESA: 15 de dezembro de 2016

A dissertação, nesta identificada, foi aprovada pela Banca Examinadora

Belo Horizonte, 31 de janeiro de 2017

Prof. Dr. Frank Ferreira Silveira
Orientador

Prof. Dr. Martinho Campolina Rebello Horta
Coordenador do Programa de Pós-graduação em Odontologia

**Dedico este trabalho a Deus,
mestre dos mestres, a Ele toda a honra e glória!
E ao meu anjo da guarda, João Wanderbak Dias Quadros,
que me inspirou a trilhar os seus caminhos de professor!**

AGRADECIMENTOS

Devoto meus sinceros agradecimentos ao meu orientador padrão-ouro, Prof. Dr. Frank Ferreira Silveira, pelos ensinamentos, por me transmitir tranquilidade e pela confiança em meu trabalho. Obrigada pela maneira sempre amiga de me fazer elogios e críticas. Foi uma honra tê-lo como mestre. Você é top!

Ao Prof. Dr. Eduardo Nunes pelo acompanhamento durante todo o tempo de Mestrado, partilhando comigo conhecimentos, experiências e muitas críticas construtivas que me engrandeceram como pessoa e profissional.

Aos professores da Universidade Estadual de Montes Claros – Unimontes, agradeço a participação na minha formação e pelo exemplo de grandes mestres. Destaco o nome do Prof. Dr. Manoel Brito Júnior, quem me apresentou ao mundo da pesquisa científica e da docência e que me ajudou durante esta etapa.

Ao Prof. Dr. Rodrigo Dantas, um verdadeiro espelho para mim, agradeço pela amizade, incentivo e apoio.

Ao Prof. Dr. Manoel Damiano de Sousa Neto pela oportunidade de realizar parte do meu projeto no Laboratório de Odontologia Restauradora da FOUSP/Ribeirão Preto.

À Profa. Dra. Graziela Bianchi Leoni por todo o conhecimento e atenção dedicados a mim durante a realização do trabalho na USP de Ribeirão Preto. Foi uma honra aprender com você e trabalhar ao seu lado! Agradeço também pela acolhida de todos os alunos de graduação e pós-graduação da USP.

Ao Prof. Dr. Rodrigo Albuquerque (UFMG) e Prof. Dr. André Sena Guimarães (Unimontes/HU) que contribuíram com o empréstimo de equipamentos e laboratórios, viabilizando a parte experimental da minha pesquisa.

À Silvania Martins Ferreira e Maria Angélica Paradizi Rodrigues, secretárias do Programa de Pós-Graduação em Odontologia, pela paciência e solidariedade a mim prestadas.

Aos meus pais, Alberto Avelar Tonelli e Wanini Félix Quadros Tonelli, base de tudo em minha vida, agradeço o amor incondicional, a dedicação e o apoio em todos os momentos. Vocês me ensinaram os maiores e melhores valores da vida e são responsáveis por tudo que me tornei.

Aos meus irmãos, Barbara Quadros Tonelli e João Vitor Quadros Tonelli, obrigada pela paciência e companheirismo e por suportarem minha ansiedade com

muito bom humor nos momentos de tensão. Tenho orgulho de fazer parte desta família!

Agradeço à minha avó, Magna Jeanini Félix Quadros, por me abençoar sempre e por não medir esforços para me ajudar nesta caminhada.

À minha avó, Maria Avelar e à minha tia, Maria Cristina Avelar Tonelli, agradeço pela recepção impecável em todos os módulos do mestrado e pelo carinho com que cuidaram de mim. Em nome delas, agradeço pela torcida e apoio de todos os tios e primos da família Avelar Tonelli. Sei o quanto intercederam por mim em suas orações!

Aos mais que colegas de mestrado, meus amigos, Grazielle Duarte, Gabriel Ponte e Jessyca Almeida, vocês foram os melhores companheiros que eu poderia ter durante esta jornada.

À Turma XXIV de Odontologia da Unimontes, pelos 5 anos juntos em formação e, em especial, aos meus amigos e verdadeiros companheiros da Odontologia, Wallace Freitas e Gabriela Araújo, por serem tão fiéis a mim e entenderem minha ausência. Sinto muita saudade!

A Fernando, por estar ao meu lado desde a temida seleção do mestrado, acreditando em mim muito mais do que eu poderia acreditar e por ter me ensinado como sobreviver na capital mineira com tanta paciência e amor!

Agradeço a Laíse Mendes Rodrigues e Ana Maria Alencar, minhas preceptoras da residência, por acreditarem em mim e aos meus colegas da residência e amigos da vida, Priscila Rodrigues e Franklim Nascimento por terem caminhado ao meu lado nesta fase tão importante e difícil.

A Carlos Alberto Quintão Rodrigues e Aline Soares Figueiredo, Coordenadores da Residência Multiprofissional em Saúde da Família Unimontes/HUCF, agradeço por viabilizarem a realização desse sonho e por depositarem sua confiança em mim, me presenteando com a Tutoria da Residência no Pólo Salinas/MG.

À PUC Minas que foi palco dessa passagem de muita aprendizagem e à CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pelo apoio financeiro.

A todos que participaram direta ou indiretamente da realização do meu sonho de ser mestre: muito obrigada!

RESUMO

Molares superiores apresentam complexa anatomia interna, particularmente na raiz méso-vestibular (MV) que geralmente apresenta dois canais (MV1 e MV2). A microtomografia computadorizada (μ CT) permite avaliar a morfologia dentária externa e interna de maneira não destrutiva. O presente estudo teve por objetivo avaliar a configuração anatômica de raízes MV de molares superiores usando μ CT e o método de corte radicular transversal. Raízes MV foram submetidas ao escaneamento microtomográfico (n=62) com resolução de 22,9 μ m e, posteriormente, a cortes transversais a 2, 5 e 7 mm do ápice anatômico (n=58) que foram fotografados com microscópio óptico (40x). Em ambos os métodos, o sistema de canais radiculares foi avaliado quanto à presença do canal MV2 e classificação de Vertucci. Na análise microtomográfica, foram também analisados parâmetros tridimensionais, classificações de Weine e Ahmed e mensuradas distâncias horizontais entre os canais MV1 e MV2, no assoalho da câmara pulpar e ápice radicular. MV2 foram encontrados em 35 molares (56,45%) na μ CT e em 34 (58,62%) nos cortes transversais, sem diferenças estatisticamente significativas ($p > 0,05$). Quanto à classificação de Vertucci, houve baixa concordância comparando os dois métodos ($K=0,083$). Na análise por μ CT foram mais comuns os tipos NC (22,58%); VI (2-1-2) (17,74%) e IV (2-2) (14,52%). Já na avaliação por cortes, obteve-se predominantemente tipo I (1-1) (29,31%), II (2-1) (27,59%) e IV (2-2) (25,86%). Pela classificação de Weine, a maioria das raízes (46,77%) permaneceram não-classificáveis, enquanto pela Ahmed, todas as raízes foram classificadas e os tipos predominantes foram 2-1-2 (17,74%) e 1-1 e 2-2 (14,52%). Vinte e duas raízes (35,48%) exibiram delta apical; 46 (74,19%), canais acessórios; 41 (66,12%), istmos; com uma média de 2,62mm de distância entre MV1 e MV2 no assoalho e 2,32mm, na região apical. A média volumétrica do sistema de canais radiculares foi de 2,58 mm³ \pm 1,66, a média da área de superfície, 29,22mm² \pm 3,84 e SMI de 2,28 \pm 1,33. MV2 foi detectado na maioria da amostra, independente do método de análise. A μ CT forneceu mais detalhes anatômicos da configuração radicular interna.

Palavras-chave: Molares superiores. Anatomia interna. Canal méso-vestibular. Cortes. Microtomografia computadorizada.

ABSTRACT

Maxillary molars have complex root canal configuration, particularly in the mesiobuccal root (MB) using two canals (MB1 and MB2). Micro-computed tomography (μ CT) allows the evaluation of external and internal dental morphology in a non-destructive way. The objective of the present study was to evaluate the anatomical configuration of MB roots of maxillary molars using the root cross sectioning. MB roots submitted to microtomographic scanning ($n = 62$) with resolution of $22.9 \mu\text{m}$ and, later, cross sectioning at 2, 5 and 7 mm of the anatomical apex ($n = 58$) were photographed with an optical microscope (40x). In both methods, the root canal system was evaluated for the presence of the MB2 canal, as well as a Vertucci classification. In the microtomographic analysis, we also analyzed three-dimensional parameters, Weine and Ahmed classification and measured horizontal distances between MB1 and MB2, on the floor of the pulp chamber and root apex. MB2 were found in 35 molars (56.45%) in μ CT and in 34 (58.62%) in cross sections, without statistically significant differences ($p > 0.05$). About Vertucci's classification, there was a low concordance comparing the two methods ($K = 0.083$). In the analysis by μ CT were more common NC types (22.58%); VI (2-1-2) (17.74%) and IV (2-2) (14.52%). In cross sectioning method (29.31%), II (2-1) (27.59%) and IV (2-2) (25.86%). By Weine's classification, most of the roots (46.77%) remained NC, whereas by Ahmed, all roots were classified and the predominant types were 2-1-2 (17,74%) and 1-1 and 2-2 14.52%). Twenty-two roots (35.48%) showed apical delta; 46 (74.19%) accessory canals; 41 (66.12%), isthmus; with a mean of 2.62 mm distance between MB1 and MB2 in the floor and 2.32 mm in the apical region. The mean volume of the root canal system was $2.58 \text{ mm}^3 \pm 1.66$; mean surface area, $29.22 \text{ mm}^2 \pm 3.84$ and SMI, 2.28 ± 1.33 . MB2 was detected in most of the sample, regardless of the method of analysis. The μ CT exposed more anatomical details of the internal radicular configuration.

Keywords: Maxillary molars. Root canal configuration. Mesiobuccal canal. Cross sectioning radicular. Micro-computed tomography.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
2 OBJETIVOS.....	19
2.1 Objetivo geral	19
2.2 Objetivos específicos.....	19
3 MATERIAL E MÉTODOS	21
3.1 Aspectos éticos.....	21
3.2 Seleção da amostra.....	21
3.3 Análise microtomográfica	21
3.3.1 <i>Reconstrução tridimensional</i>	23
3.3.2 <i>Avaliação da anatomia interna</i>	23
<u>3.3.2.1 Classificação de Weine.....</u>	<u>24</u>
<u>3.3.2.2 Classificação de Vertucci.....</u>	<u>24</u>
<u>3.3.2.3 Classificação de Ahmed.....</u>	<u>26</u>
3.3.3 <i>Avaliação das distâncias entre MV1-MV2</i>	27
3.4 Cortes transversais	28
3.5 Análise estatística	30
4 ARTIGO	31
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	51
REFERÊNCIAS.....	53
ANEXO A - Imagens 2D de acordo com as classificações de Weine, Vertucci e Ahmed	55

1 INTRODUÇÃO

O conhecimento da anatomia interna dos diversos grupos dentários contribui para que o profissional reconheça o nível de complexidade do tratamento endodôntico, favorecendo as fases de limpeza, modelagem e obturação. A inabilidade e/ou negligência em identificar os canais radiculares, geralmente resulta em insucesso terapêutico (BARATTO-FILHO et al., 2009; VERMA; LOVE, 2011; AHMAD; AL-JADAA, 2014; ABELLA et al., 2015). Assim, informações detalhadas do sistema de canais radiculares, bem como de suas variadas configurações anatômicas são essenciais na clínica endodôntica (AYRANCI; ARSLAN; TOPCUOGLU, 2011; VERMA; LOVE, 2011; SPAGNUOLO et al., 2012).

Os molares superiores possuem complexa anatomia interna e por isso, constituem um desafio aos clínicos e especialistas durante o tratamento endodôntico. A literatura tem relatado alta frequência desses dentes com três raízes e quatro canais, apresentando variada configuração anatômica principalmente na raiz méso-vestibular (MV) quanto ao número de canais, ramificações, localização, número de forames e presença de istmos e delta apicais (BARATTO-FILHO et al., 2009; VERMA; LOVE, 2011; KIM et al., 2013; AHMAD; AL-JADAA, 2014; ABELLA et al., 2015). O segundo canal que é comumente encontrado na raiz MV é denominado MV2 (BARATTO-FILHO et al., 2009; VERMA; LOVE, 2011; SPAGNUOLO et al., 2012; AHMAD; AL-JADAA, 2014; BRISENO-MARROQUIN et al., 2015).

Vários métodos e técnicas têm sido empregados para o estudo da anatomia interna (WEINE et al., 1969; VERTUCCI 1984; VERMA; LOVE, 2011; VERSIANI; PECORA; SOUSA-NETO, 2011, VERSIANI et al., 2012; SPAGNUOLO et al., 2012; BRISENO-MARROQUIN et al., 2015). As técnicas clínicas incluem inspeção clínica visual, avaliação retrospectiva de prontuários dos pacientes, exame radiográfico convencional ou tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC). Os métodos laboratoriais incluem cortes da raiz, exame radiográfico, diafanização, exame microscópico, escaneamento do dente e reconstrução tridimensional utilizando imagens tomográficas e microtomografia computadorizada (μ CT) (CLEGHORN; CHRISTIE; DONG, 2006; AYRANCI; ARSLAN; TOPCUOGLU, 2011; VERMA; LOVE, 2011; BRISENO-MARROQUIN et al., 2015; SOO et al., 2015; LEONI et al., 2016; WOLF et al., 2016).

O método de avaliação da anatomia interna por meio de cortes radiculares fornece informações acerca dos canais radiculares próximas do que é possível detectar clinicamente (WEINE et al., 2012). Em um estudo clássico da anatomia interna de canais radiculares foi realizada uma análise da anatomia de raízes MV de 208 molares superiores a partir de cortes longitudinais e transversais, originando a classificação de Weine, que compreendeu quatro tipos de configurações do canal radicular (WEINE et al., 1969).

A técnica da diafanização, por sua vez, foi utilizada por várias décadas para o estudo da anatomia interna de canais radiculares e apresenta um valor considerável, pois permite visão tridimensional da cavidade pulpar em relação ao exterior dos dentes (SERT; BAYIRLI, 2004; ORDINOLA-ZAPATA et al., 2016). Vertucci (1984) utilizou a diafanização para o estudo da anatomia interna de todos os grupos dentários e propôs uma classificação incluindo oito configurações, ainda utilizada como parâmetro em diversos estudos.

Nos últimos anos, a μ CT tem sido considerada o padrão-ouro em estudos sobre a anatomia dos canais radiculares (PARK et al., 2009; VERSIANI; PECORA; SOUSA-NETO, 2012; DOMARK et al., 2013; LEONI et al. 2014; SOUZA-FLAMINI et al., 2014; BRISENO-MARROQUIN et al., 2015; ORDINOLA-ZAPATA et al., 2016). É uma técnica não-invasiva, ou seja, conserva a amostra intacta e um grande número de detalhes e informações podem ser obtidas incluindo o estudo da anatomia externa e interna, reconstruções bi ou tridimensionais (3D) e análises qualitativas e quantitativas de vários ângulos da anatomia dos canais radiculares (SPAGNUOLO et al., 2012; VERSIANI et al., 2012; SOUZA-FLAMINI et al., 2014; WOLF et al., 2016; ORDINOLA-ZAPATA et al., 2016). Recentemente, foi proposta uma classificação para anatomia de canais radiculares baseada em imagens 3D de TCFC e μ CT, em função da necessidade de incluir novas configurações não detectáveis pelos métodos tradicionais (AHMED et al., 2016).

Diante do exposto, torna-se relevante o estudo da anatomia interna de raízes MV de molares superiores por meio de μ CT, para prover informações adicionais sobre a complexidade do sistema de canais radiculares destes dentes.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar, por meio de microtomografia computadorizada, a anatomia interna da raiz méso-vestibular de molares superiores humanos.

2.2 Objetivos específicos

- a) avaliar comparativamente a eficácia da μ CT e o método de corte transversal da raiz na detecção do canal MV2 em molares superiores;
- b) caracterizar a anatomia interna da raiz MV de molares superiores;
- c) avaliar a prevalência de canais MV2 em molares superiores;
- d) mensurar as distâncias horizontais entre os canais MV1 e MV2, no assoalho da câmara pulpar e na região apical.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Aspectos éticos

O presente estudo foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da PUC Minas sob parecer nº 037807/2016.

3.2 Seleção da amostra

A amostra inicial foi constituída por 75 molares superiores humanos extraídos, coletados de forma aleatória no banco de dentes da Universidade Pontifícia Católica de Minas Gerais. Inicialmente, os dentes foram submetidos à radiografia digital no sentido orto-radial a fim de excluir dentes com tratamentos endodônticos prévios, canais calcificados, curvaturas abruptas e reabsorções radiculares internas. Após cuidadosa inspeção, 62 dentes foram selecionados e armazenados em frascos contendo solução de timol 0,1% e, posteriormente, lavados em água corrente por 24h para eliminação dos resíduos do timol.

3.3 Análise microtomográfica

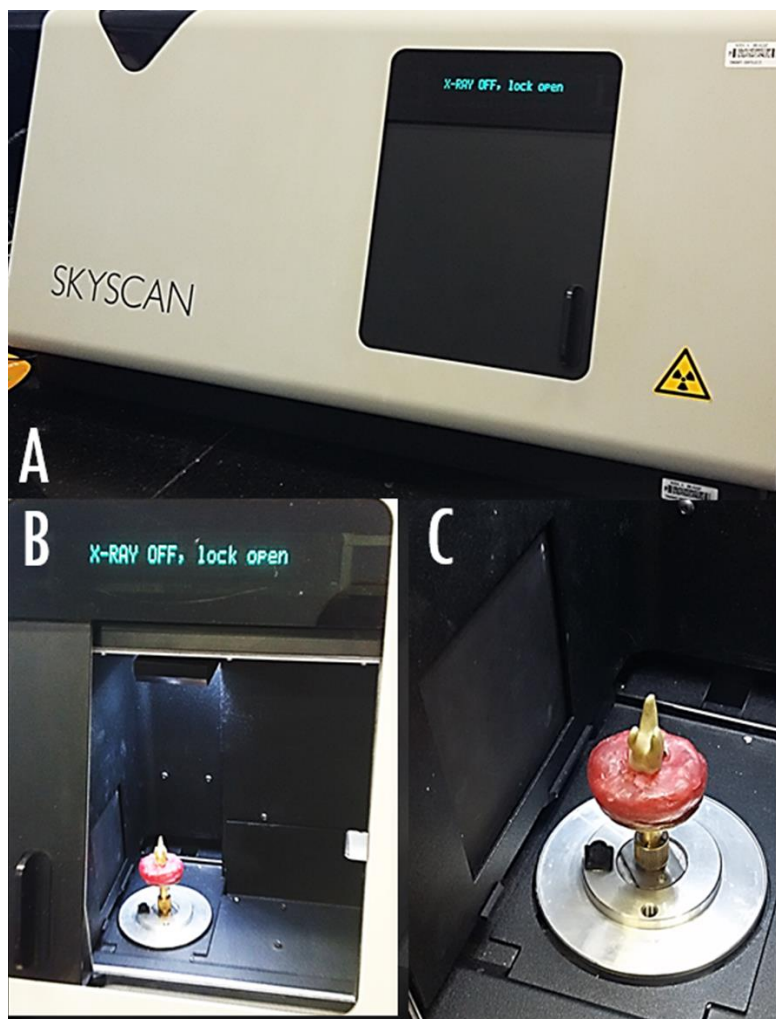
Para a obtenção dos dados morfométricos utilizou-se o microtomógrafo SkyScan modelo 1174 v.2 (SkyScan, Kontich, Bélgica) do Departamento de Odontologia Restauradora da FORP-USP (Figura 1A). O aparelho é composto por um tubo de raios-X de microfoco com fonte de alta tensão (50kV, 800 μ A), um porta-amostra 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 amostra com até 15mm de altura usando resolução espacial isotrópica que pode variar de 6 a 30 μ m. 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 estabelecidos parâmetros de correção geométrica e do campo de aquisição (*flat-field*

correction), e um filtro de 1mm de alumínio foi posicionado em frente à fonte de raios-X, a fim de permitir alteração da sensibilidade à radiação policromática.

Cada espécime foi inserido individualmente na mesa giratória com auxílio de cera utilidade, mantendo-o firme, a fim de possibilitar a estabilização, prevenindo sua movimentação durante o escaneamento (Figs. 1B e 1C).

Figura 1: A) Imagem do microtomógrafo SkyScan modelo 1174 v.2 (SkyScan, Kontich, Bélgica); B) Câmara do microtomógrafo; C) Espécime posicionado no interior da câmara.



Fonte: Elaborado pelo autor

Posteriormente ao posicionamento do dente e fechamento do compartimento da câmara do microtomógrafo, a fonte de raios-X foi acionada por meio do botão de energia de ferramentas do Programa de Controle SkyScan 1174 v.2. A correta posição do espécime foi verificada após o processo de *aging* (pré-aquecimento do

tubo de raios-X) com auxílio da ferramenta *Video Image* (Fig. 2). As fotomicrografias, com resolução de pixel de 22,9 μm , foram obtidas por meio da opção *Single Image* do Programa SkyScan 1174 v2 e armazenadas no formato *bitmap*.

Figura 2. Imagem do espécime pelo Programa SkyScan 1174 v2 durante o escaneamento pelo microtomógrafo.



Fonte: Elaborado pelo autor

3.3.1 Reconstrução tridimensional

A reconstrução dos cortes transversais se deu a partir das imagens das projeções angulares por meio do algoritmo de reconstrução de feixe cônico de Feldkamp modificado que foi obtida utilizando-se o programa NRecon v.1.6.1.5 (SkyScan, Kontich, Bélgica), resultando na completa representação da microestrutura interna de cada amostra. As reconstruções foram salvas em formato BMP.

3.3.2 Avaliação da anatomia interna

Por meio dos programas CTvox e DataViwer, foi feita análise da anatomia interna das raízes MV, a partir dos parâmetros: presença de istmo, canal acessório e delta apical. Além disso, o escaneamento microtomográfico forneceu dados quantitativos do sistema de canais radiculares, a saber, volume, área de superfície e SMI (*structure model index*).

A fotomicrografia do canal radicular da raiz MV de cada espécime foi avaliada e classificada de acordo com as Classificações de Weine, Vertucci e Ahmed.

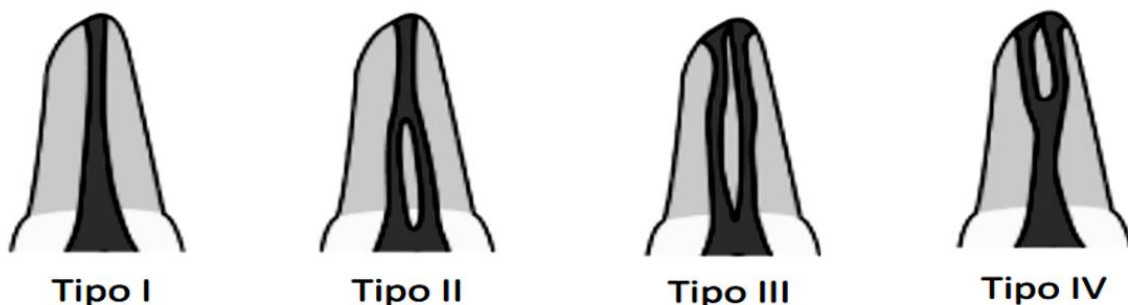
3.3.2.1 Classificação de Weine

A classificação de Weine consiste em 4 configurações (Fig. 3):

- a) tipo I: um único canal da câmara pulpar para o ápice (configuração 1-1);
- b) tipo II: dois canais separados que saem da câmara, mas fundindo brevemente do terminal do canal para formar um único canal (configuração 2-1);
- c) tipo III: dois canais distintos da câmara pulpar ao terminal do canal (configuração 2-2);
- d) tipo IV: um canal único que sai da câmara e se divide em dois canais separados no terminal do canal (configuração 1-2).

Configurações que não entraram nesta classificação foram considerados NC.

Figura 3. Imagens ilustrativas da Classificação de Weine.



Fonte: Elaborado pelo autor

3.3.2.2 Classificação de Vertucci

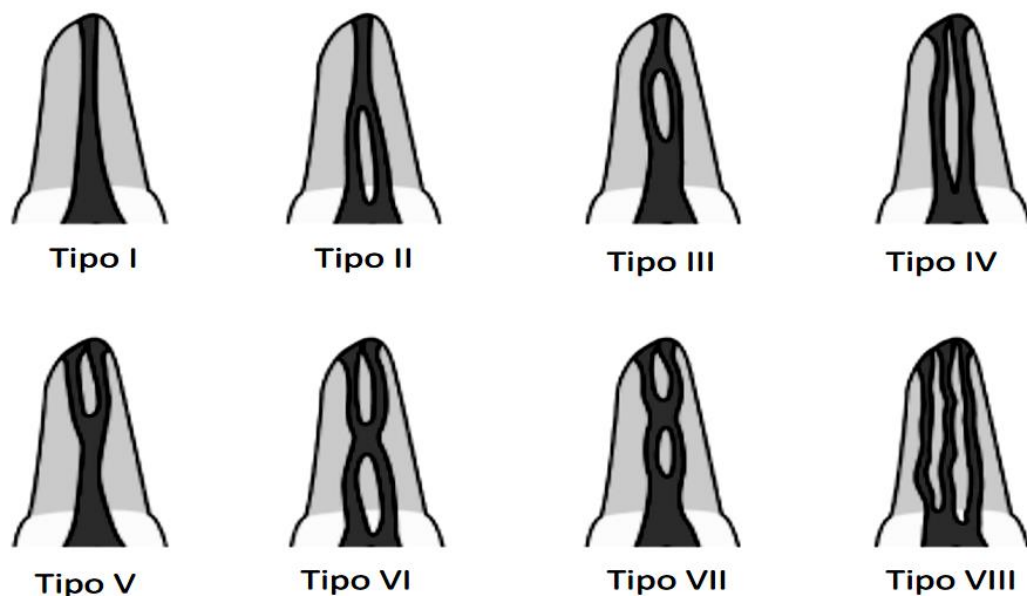
A classificação de Vertucci consiste em 8 configurações (Fig. 4):

- a) tipo I: um único canal se estendendo da câmara pulpar até o ápice (configuração 1-1);

- b) tipo II: dois canais separados que deixam a câmara pulpar e se unem próximo ao ápice, terminando em um único canal (configuração 2-1);
- c) tipo III: um único canal que deixa a câmara pulpar, divide-se em dois dentro da raiz, e unem-se posteriormente, terminando em um único canal (configuração 1-2-1);
- d) tipo IV: dois canais separados e distintos que deixam a câmara pulpar até o ápice (configuração 2-2);
- e) tipo V: um canal deixando a câmara pulpar, se dividindo próximo ao ápice, em dois canais e forames separados e distintos (configuração 1-2);
- f) tipo VI: dois canais separados que deixam a câmara pulpar, unem-se no corpo da raiz e se dividem, novamente, próximo do ápice, terminando em dois forames apicais distintos (configuração 2-1-2);
- g) tipo VII: um canal que deixa a câmara pulpar, divide-se em dois, depois se une, dentro do corpo da raiz e, novamente, se divide em dois canais distintos próximo do ápice (configuração 1-2-1-2);
- h) tipo VIII: três canais separados e distintos da câmara pulpar até o ápice (configuração 3-3).

Configurações que não entraram nesta classificação foram considerados NC.

Figura 4. Imagens ilustrativas da Classificação de Vertucci.

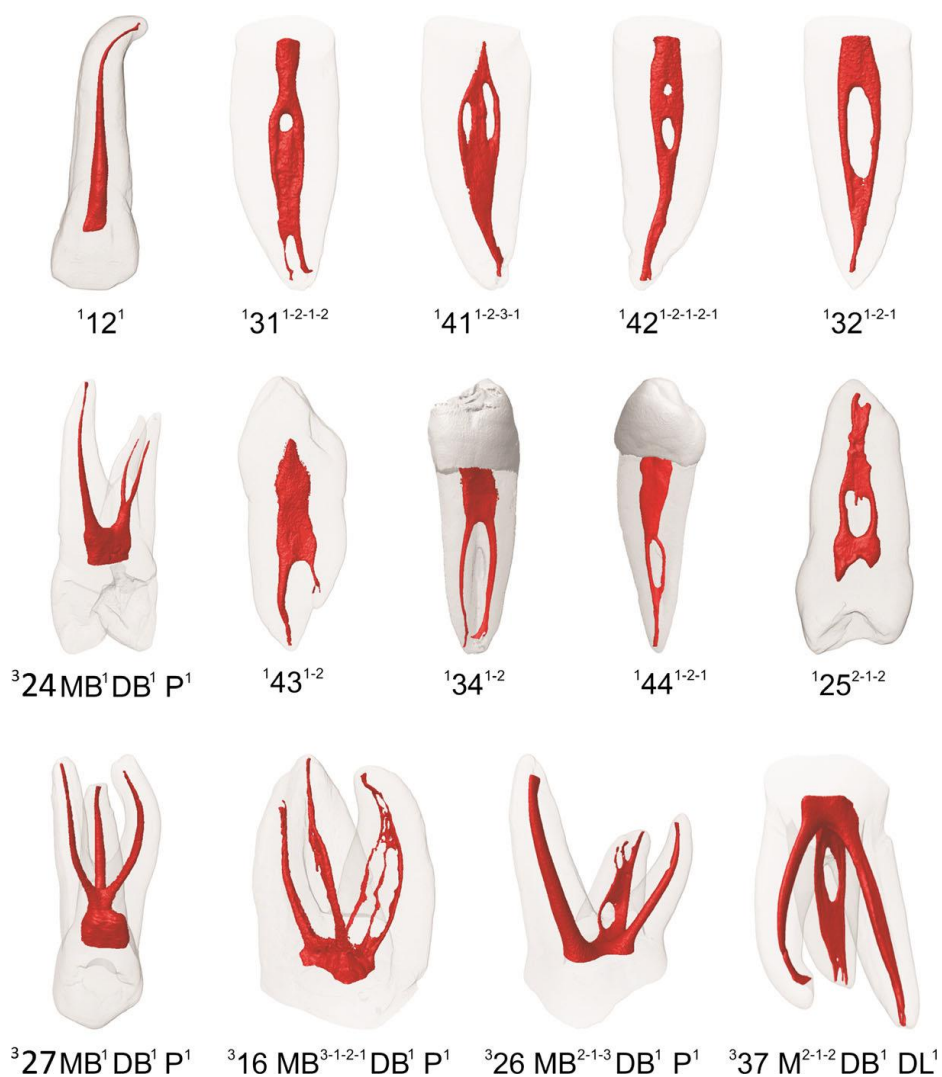


Fonte: Elaborado pelo autor

3.3.2.3 Classificação de Ahmed

A classificação de Ahmed envolve configurações de raiz e canal radicular. Inclui três códigos distintos: número do dente, número de raízes e configuração do canal radicular. O número do dente pode ser escrito usando qualquer sistema de numeração, nesta metodologia foi empregado o Sistema de Federação Dental Mundial FDI (por exemplo, no caso de primeiros molares superiores, 16 ou 26). O número de raízes é adicionado como um índice antes do número do dente (por exemplo, um primeiro molar superior direito com três raízes seria classificado ³16). O tipo de configuração do canal radicular em cada raiz será identificado como número(s) de índice após o número do dente e definirá o curso contínuo do sistema de canal radicular a partir do orifício, através do canal até o forame. Em caso de dentes multirradiculares, as raízes devem ser especificadas após a indicação do número do dente e, posteriormente a cada raiz, inclui-se a configuração da mesma. Na prática, a configuração ³16 MV¹⁻² DV¹ P¹ indica que o primeiro molar superior direito tem três raízes (MV: mesiovestibular, DV: distovestibular, P: palatina), um único orifício, canal e forame nas raízes palatina e distovestibular e um único orifício e dois forames na raiz MV. Na figura 5, têm-se exemplos desta classificação. Para este estudo, apenas as raízes MV foram consideradas e classificadas.

Figura 5. Modelos 3D de diferentes grupos dentários classificados de acordo com Ahmed

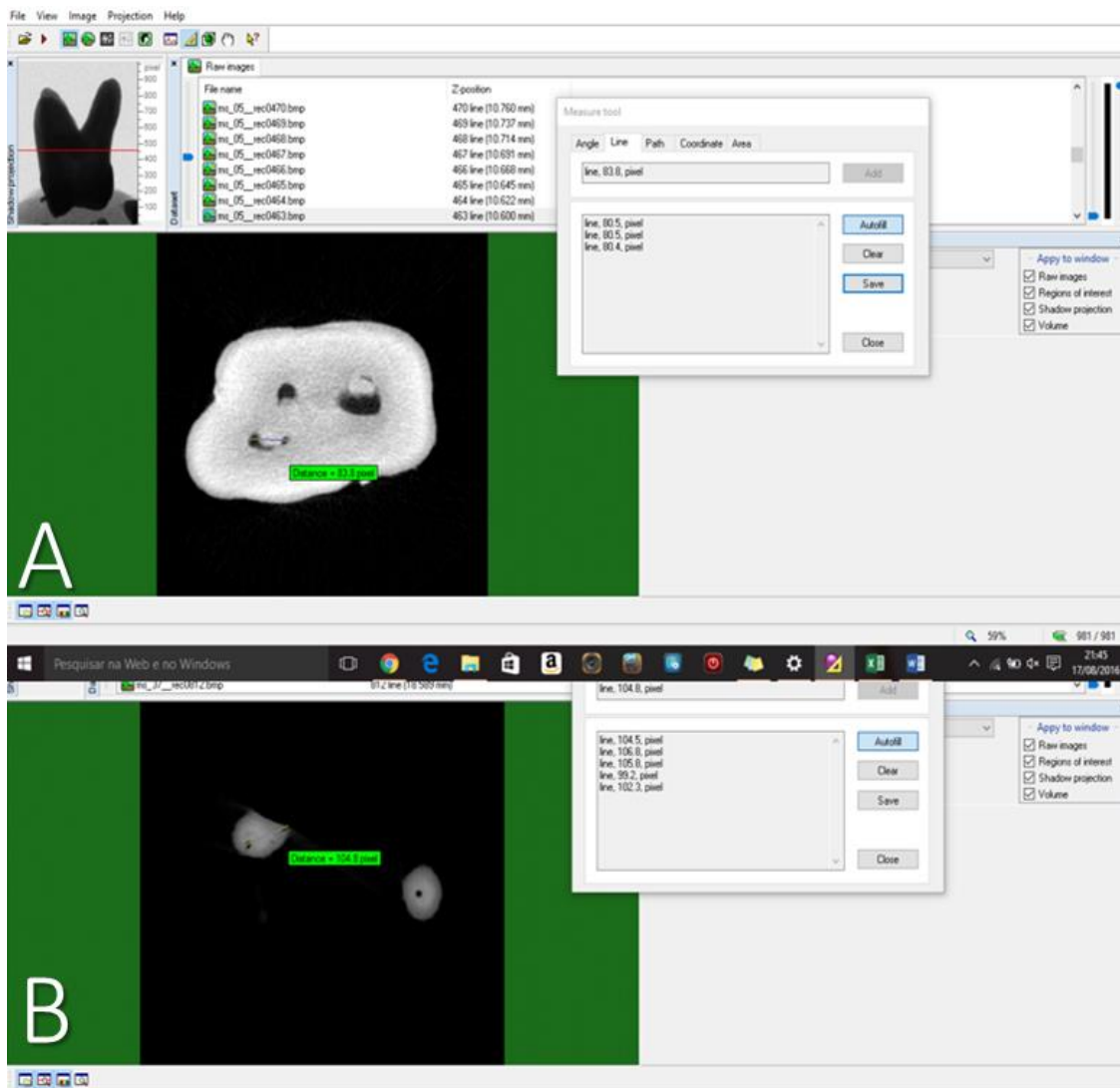


Fonte: AHMED et al., 2016

3.3.3 Avaliação das distâncias entre MV1-MV2

Foram mensuradas, também, através do programa CTan, as distâncias horizontais entre os canais MV1 e MV2. Para cada raiz, foram aferidas 6 distâncias com a ferramenta régua do *software*, 3 no assoalho e 3 mais apicalmente possível, obtendo-se, desta maneira, a média dessas distâncias.

Figura 6. Imagem das distâncias entre MV1-MV2 no assoalho. A) e o mais apicalmente possível; B) no CTan para a obtenção da média dessas distâncias.



Fonte: Elaborado pelo autor

3.4 Cortes transversais

Para a obtenção de cortes precisos e de diâmetro homogêneo, as raízes MV de 58 dentes foram individualizadas e fixadas em placas acrílicas (50mmx30mmx5mm) por meio de cola quente silicone em bastão, com a face externa da raiz voltada para a placa. As placas de resina com os espécimes fixados foram individualmente acopladas à máquina Isomet[®] 1000 (Buehler, Lake Forest, IL, USA). As raízes foram seccionadas por meio de cortes seriados no sentido perpendicular ao longo eixo do dente, utilizando um disco diamantado de 0,5 mm (South Bay Technology, San Clement, CA, USA) sob refrigeração, obtendo-se 3

fatias a 2, 5 e 7 mm do ápice anatômico, uma para cada terço da raiz (cervical, médio e apical). Para a análise dos cortes, uma fatia de cada terço foi selecionada e avaliada usando microscópio digital Olympus® FSX100, com aumento de 40x.

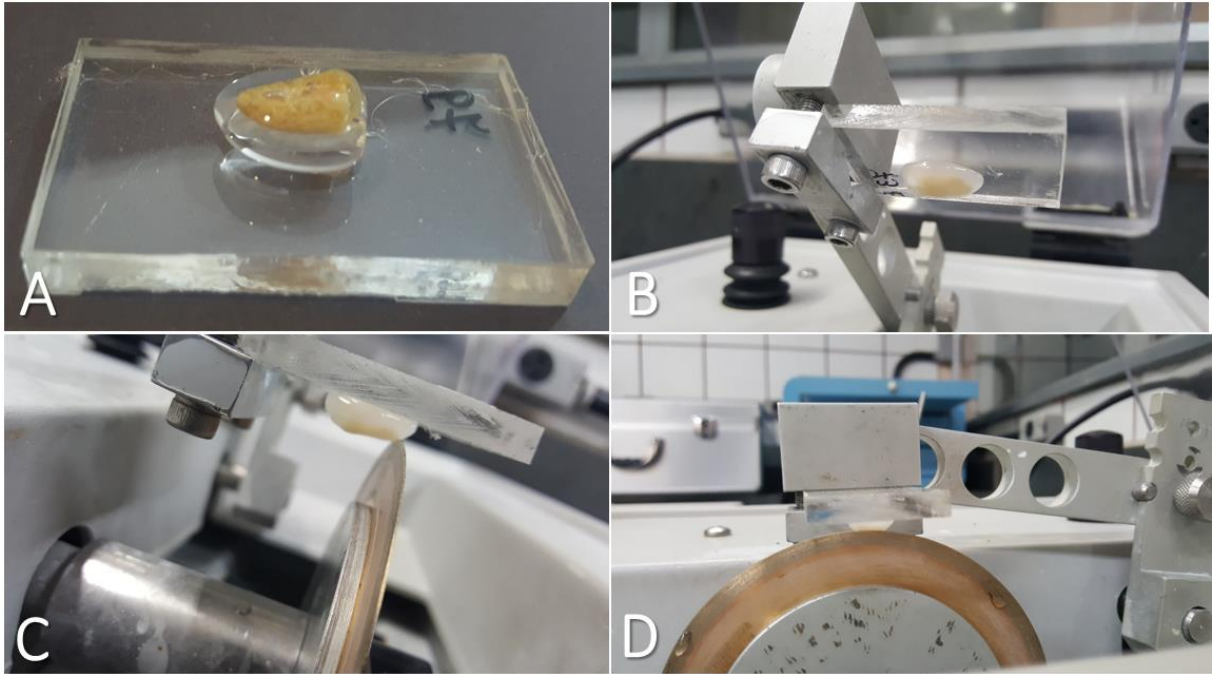
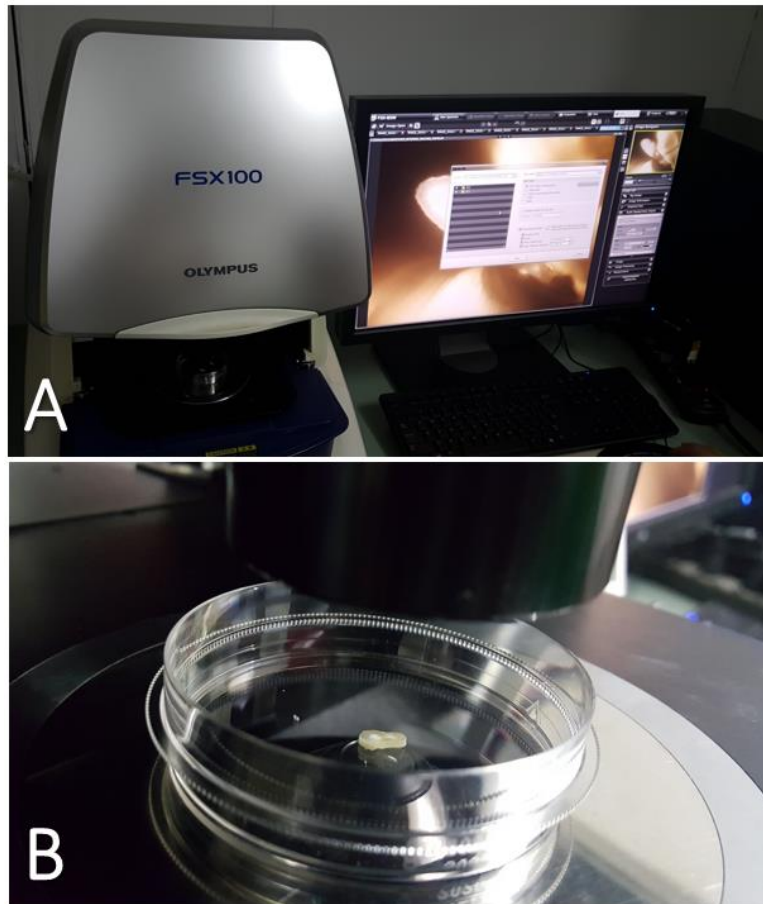


Figura 7: A) Raiz MV incluída em base de acrílico com cola quente bastão; B) Espécime acoplada à cortadeira de precisão; C) Visão frontal do corte; D) Visão lateral do corte.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 8: A) Microscópio digital Olympus® FSX100; B) Espécime em avaliação pelo microscópio.



Fonte: Elaborado pelo autor.

3.5 Análise estatística

Os dados foram tabulados e analisados por meio do *software* SPSS (SPSS v17.0; SPSS Inc., Chicago, IL, USA). Dados da distância entre os orifícios dos canais e parâmetros 2D e 3D foram apresentados como médias e desvios padrão. Para a comparação da prevalência de canais MV2 foi aplicado o Teste Qui-Quadrado e para as classificações de Vertucci, foi calculado o kappa, comparando-se resultados os dois métodos de avaliação. Os testes foram aplicados adotando-se um nível de significância de 5%.

4 ARTIGO

An ex vivo comparison of micro computed tomography and root sectioning in detection of the number of canals in the mesiobuccal roots of maxillary molars for detailed canal morphology

Artigo preparado dentro das normas do Journal of Endodontics (Qualis A1).

Normas para submissão de artigos podem ser visualizadas no endereço eletrônico: <http://www.aae.org/publications-and-research/journal-of-endodontics/authors-and-reviewers/guidelines-for-publishing-papers-in-the-joe.aspx#sthash.exAqqgMc.dpuf>

An ex vivo comparison of micro computed tomography and root sectioning in detection of the number of canals in the mesiobuccal roots of maxillary molars for detailed canal morphology

Stéphanie Quadros Tonelli* e Frank Ferreira Silveira†

ABSTRACT

Introduction: Maxillary molars have complex internal anatomy, particularly in the mesiobuccal root (MB), which usually presents two channels (MB1 and MB2). Therefore, the objective of this study was to evaluate the anatomy of MB roots using μ CT and cross sectioning. **Material and Methods:** 62 MB roots were submitted to μ CT scanning and root cross sections ($n = 58$), evaluated with optical microscope (40x). The presence of MB2 and Vertucci classification was analyzed. In the μ CT were also observed 3D parameters, classification of Weine and Ahmad et al. and measured distances between MB1 and MB2, on the floor of the pulp chamber and apical foramen. **Results:** MB2 were evidenced in 35 roots (56.45%) in μ CT and 34 (58.62%) in the cuts ($p > .05$). In Vertucci classification, there was a low agreement between the two methods ($K = 0.083$). In the μ CT the most common type was NC (22.58%), and in the cuts, it was type I (1-1) (29.31%). In the classification of Weine, the majority was NC (46.77%), whereas by the classification of Ahmed, the predominant types were 2-1-2 (17.74%) and 1-1 and 2-2 (14.52%). The horizontal distances (MB1-MB2) presented an average of 2.62 mm in the floor and 2.32 mm in the apical region. The mean volume of the root canal system was $2.58 \text{ mm}^3 \pm 1.66$ and the mean surface area was $29.22 \text{ mm}^2 \pm 3.84$. **Conclusion:** MB2 is present in most of the maxillary molars. There was no difference between μ CT and cuts in MB2 detection, despite the superiority of the first to provide more anatomical details.

Keywords: Maxillary molars. Internal anatomy. Mesiobuccal canal. Cross sectioning. micro computed tomography.

* Postgraduate Program in Dentistry - PUC Minas, Minas Gerais, Brazil.

† Department of Dentistry - PUC Minas, Minas Gerais, Brazil.

Correspondence to author: Frank Ferreira Silveira. **Endereço:** Av. Dom José Gaspar, 500 - Coração Eucarístico - Belo Horizonte/MG - Brazil CEP. 30535-901. **Telefone:** 55-31-3319-4414. email: frankfoui@uol.com.br.

Introduction

Knowledge of dental root internal morphology the dental groups contributes to the professional to recognize the level of complexity of the endodontic treatment, favoring the cleaning, modeling and filling phases. The inability and/or negligence in identifying the root canals, usually results in therapeutic failure (1-4). Thus, detailed information of the root canal system, as well as its various anatomical configurations are essential in the endodontic clinic (2,5,6).

The maxillary molars have complex internal anatomy and so constitute a challenge to clinicians and experts during endodontic treatment. The literature has reported high frequency of these teeth with three roots and four canals. A second canal is usually found in the mesiobuccal root (MB), being named MB2 (1, 2, 3, 6,7). Has been reported varied morphology configuration of the MB about the number of root canals, branches, location, number of foramina and presence of isthmus and apical delta (1, 2, 3, 4,8).

Various methods and techniques have been employed to study the internal morphology of dental roots (2,6,7,9,10,11,12). Clinical techniques include visual clinical evaluation, evaluation of retrospective patients records, radiographic examination using conventional radiographic techniques or advanced, as the cone beam computed tomography. The laboratory methods include root cross sectioning, radiographic examination, clearing, microscopic examination, scanning and three-dimensional reconstruction using tomographic images and micro computed tomography (μ -CT) (2, 5, -16 7.13).

The evaluation method of the internal anatomy through root cross sectioning provides information about root canals next than it is possible to detect clinically (17). In a classic study of internal anatomy of root canals analysis was performed of the anatomy of MB root of 208 maxillary molars from longitudinal and transverse sectioning, resulting in the classification of Weine, who understood four types of settings of the root canal (9).

The technique of clearing, in turn, was used for several decades to study the internal anatomy of root canals and presents a considerable value, as it allows three-dimensional view of pulp cavity in relation to the external morphology of the teeth (18,19). Vertucci (10) used the clearing for the study of internal anatomy of all dental

groups and proposed a classification including eight settings, still used as parameter in several studies (20).

In recent years, the μ -CT has been considered the gold-standard in studies on the anatomy of root canals (7,11,12,19-24). It is a noninvasive technique, conserves intact sample and a large number of details and information can be obtained including the study of external and internal anatomy at bi reconstructions or three-dimensional (3D) and qualitative and quantitative analyses of various angles of the anatomy of root canals (6,12,16,19,24). Recently, it was proposed a classification for root canal anatomy based on cone beam computed tomography imaging and μ -CT 3D images (25), taking into account the need to include new settings not detectable by traditional methods.

On the exposed, becomes relevant the study of internal anatomy of MB root of maxillary molars by using μ CT, to provide additional information about the complexity of the root canal system of these teeth.

Material e Methods

After submission and approval by Research Ethics Committee (Protocol n° 037807/2016), 62 maxillary molars extracted were selected from the digital radiographic examination and application of exclusion criteria: previous endodontic treatments, calcified canal, abrupt bends and internal root resorption.

μ -CT analysis

To obtain morphometric data we used the SkyScan 1174 model microtomógrafo v.2 (SkyScan, Kontich, Belgium). Each specimen was inserted individually inside the Chamber, being positioned perpendicular with respect to the source of radiation during the scan, in order to reduce distortions of the image. The photomicrographs, 22.9 μ m pixel resolution were obtained through the SkyScan 1174 v2 program control and stored in bitmap format (BMP).

Three-dimensional reconstruction

The reconstruction of the cross-sections from the pictures of the angular projections through the cone beam reconstruction algorithm of modified Feldkamp was obtained using the program NRecon v. 1.6.1.5 (SkyScan, Kontich, Belgium),

resulting in the complete representation of the internal microstructure of each sample. The reconstructions images were saved in BMP format.

Internal morphology analysis

The root canal photomicrography of the each specimen was evaluated and classified according to the classification of Weine (9), Vertucci (10) and Ahmed (25). Non-classifiable types were categorized as NC. The internal morphology of the MB roots was analyzed using CTvox and DataViwer programs from the following parameters: isthmus, accessory canal and apical delta. In addition, microtomographic scanning provided quantitative data from the root canal system: volume, surface area and SMI (structure model index).

Assessment of MB1-MB2 distances

The horizontal distances between the canals and MB1 MB2 were measured, by the CTan. For each root, have been recomputed 6 distances with the ruler tool software, 3 on the floor and 3 more apically possible, obtaining the average of these distances.

Cross sections

To obtain the precise sectioning and homogeneous diameter, 58 MB root were individualized and fixed in acrylic plates. The plates allowed each specimen to be sectioned by means of serial sectioning in a perpendicular direction long axis of tooth machine Isomet ® 1000 (Buehler, Lake Forest, IL, USA), using a diamond wheel of 0.5 mm (South Bay Technology, San Clement, CA , USA) under refrigeration. Two slices with 1 mm of thickness for each third of the root (cervical, middle and apical). For the analysis of the sectioning, a slice of each third was selected and evaluated with Olympus ® FSX100 digital microscope (Olympus, Tokyo, Japan), with an increase of 4,2x.

Statistical analysis

Results of the distance MB1-MB2 canals and 2D and 3D parameters were presented as averages and standard deviations. For a comparison of the prevalence

of MB2 canals was applied the Chi-square Test and Vertucci classifications, kappa was calculated, by comparing results of two evaluation methods. A significance level of 5% was considered, using the SPSS software (SPSS 17.0 v; SPSS Inc., Chicago, IL, USA).

Results

Sixty two maxillary molars were scanned by μ CT and of these, 58 were sectioned. In μ CT, 35 molars with canal MB2 were evidenced, 56.45% of the sample. In sectioning technique, 34 molars presented MB2 (58.62%). The Chi-square test showed no statistically significant differences between the two methods ($p = 0.851$). In comparison, figures 1 and 2 demonstrate μ CT compared to sectioning images evaluated with magnification of cervical, middle and apical thirds.

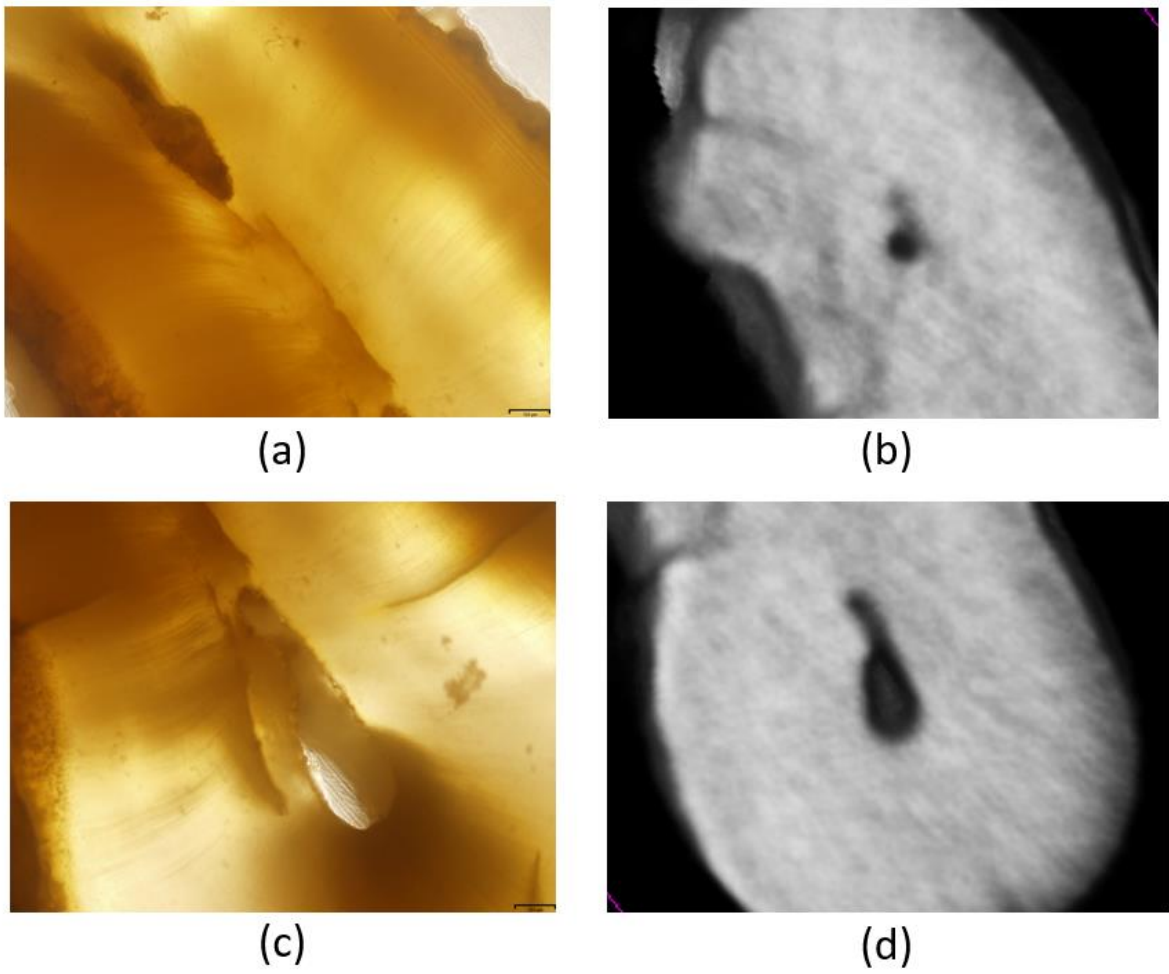


Figure 1. Images from root sectionings (a and c) and the microtomography (b and d) MB root cervical region.

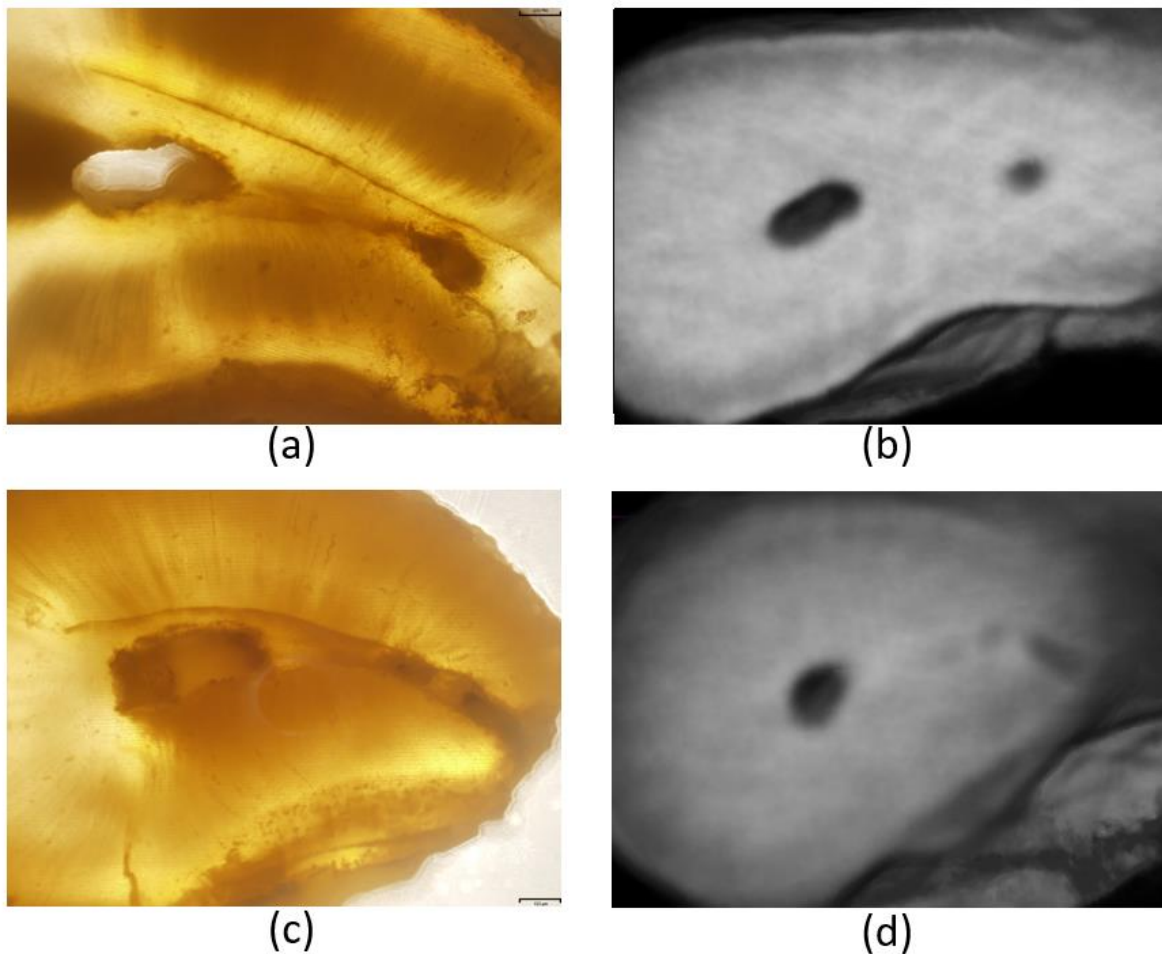


Figure 2. Images from root sectionings (a and c) and the microtomography (b and d) of the middle (a and b) and apical (c and d) third of MB root.

According to the classification of Vertucci (1984), in the microtomography analysis, most roots (22.58%) could not be classified. There was a predominance of type VI (2-1-2), representing 17.74% ($n = 11$) of the roots and type IV (2-2), 14.52% ($n = 9$). Already in the evaluation by sectioning, there was a predominance of type I with 29.31% of the roots, followed by 27.59% of type II ($n = 16$) and 25.86% of the type IV ($n = 15$) (table 1). 2 roots (3.23%), μ CT, presented a third channel (type VII), while in the sectioning, there were no roots categorized in this type. In kappa agreement analysis, was obtained low value (0.083). In Figure 3, 2D images reconstructed classified for each type of this classification.

The results of the MB roots classified by Weine and Ahmed can be seen in tables 2 and 3, respectively. In Figure 4, there are examples of photomicrographs by μ -CT of MB root configured on each of the classifications of Weine, in Figure 5, some classifications by Ahmed.

On microtomography analysis, 22 roots (35.48%) exhibited apical, delta 46 (74.19%), accessory channel, 41 (66.12%), isthmus. The horizontal distance between the canals MB1 MB2 presented average 2.62-mm \pm 0.68 mm from the floor and 2.32 mm, in the apical region. The three-dimensional root analysis data are presented in table 4 MB.

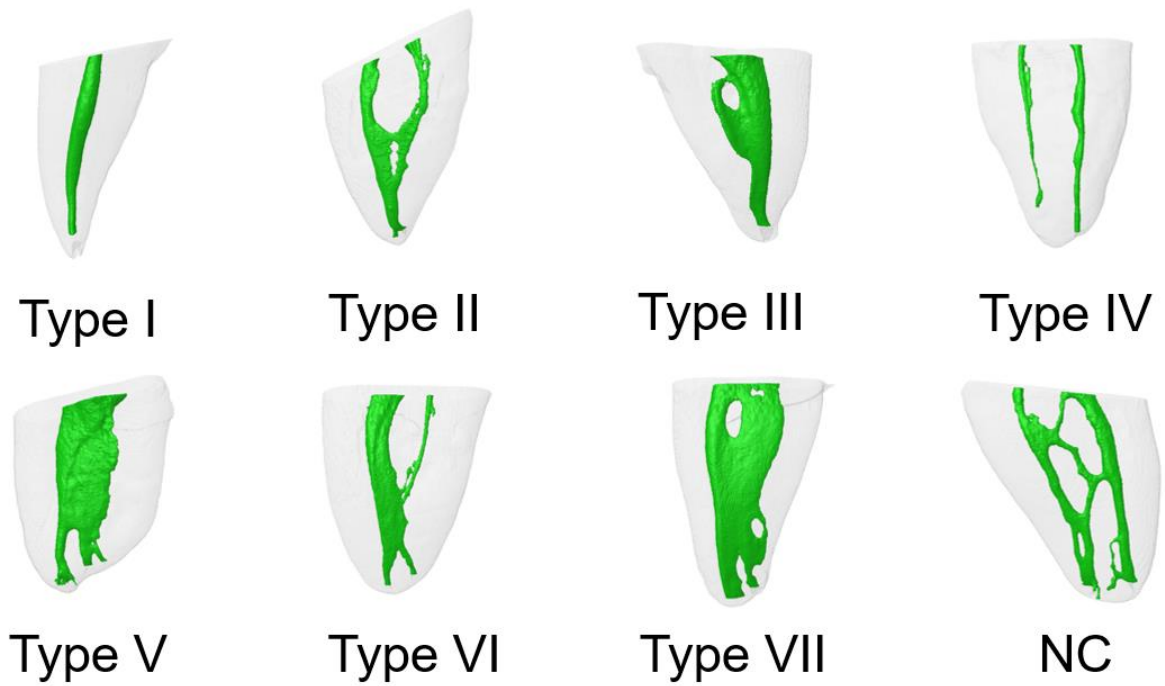


Figure 3. 2D images according to Vertucci.

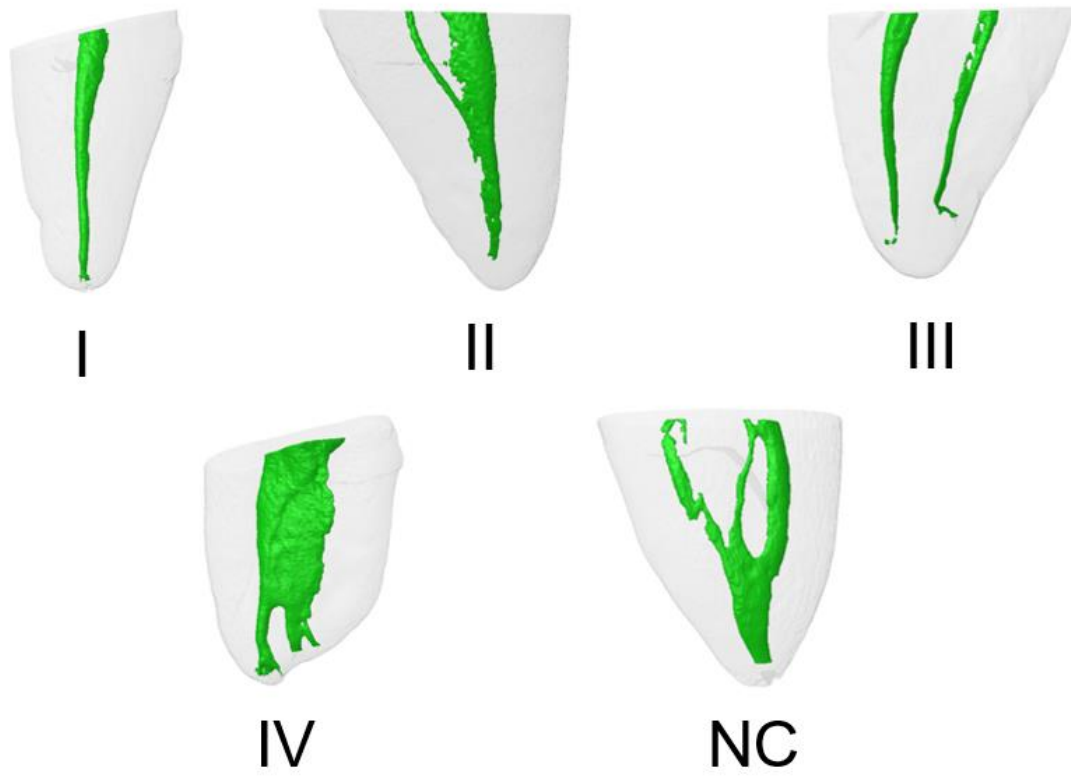


Figure 4. 2D images according to Weine.

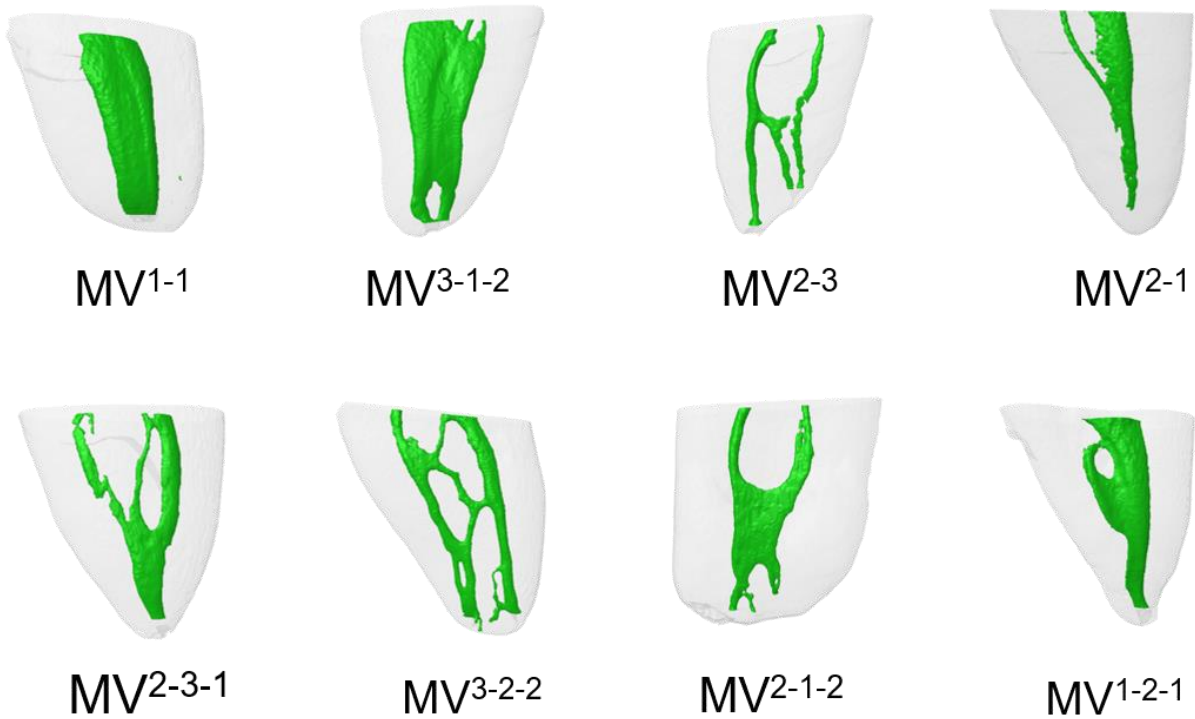


Figure 5. 2D images according to Ahmed.

TABLE 1. Amount of MB root classified in each type of Vertucci classification for each of the methods

Method	Type								Total
	I	II	III	IV	V	VI	VII	NC	
μCT	8	8	4	9	6	11	2	14	62
%	12.90	12.90	6.45	14.52	9.68	17.74	3.23	22.58	100.00
Sections	17	16	4	15	5	0	0	1	58
%	29.31	27.59	6.90	25.86	8.62	0.00	0.00	1.72	100.00

TABLE 2. Amount of MB root classified in each configuration of Weine

Tipo	N	%
I	10	16.13
II	8	12.90
III	9	14.52
IV	6	9.68
NC	29	46.77
Total	62	100

TABLE 3. Types and quantities of settings according to Ahmed observed in MB root

Tipo	N	%
1-1	9	14.52
1-2	6	9.68
1-3	1	1.61
1-2-1	4	6.45
1-2-1-2	3	4.84
1-3-2	1	1.61
2-2	9	14.52
2-1	8	12.90
2-1-2	11	17.74
2-1-2-3	1	1.61
2-1-3-2	1	1.61
2-3	2	3.23
2-3-1	1	1.61
2-3-2-1-2	1	1.61
2-4-1	1	1.61
3-1	1	1.61
3-2	1	1.61
3-2-2	1	1.61
1-1	9	14.52
Total	62	100

TABLE 4. M Three-dimensional morphometric measurements of the MB root

Measurements	Mean \pm Standard Deviation	Range
Volume (mm ³)	2.58 \pm 1.66	0.13 – 6.74
Surface area (mm ²)	29.22 \pm 3.84	10.00 - 89.4
SMI	2.28 \pm 1.33	1.24 – 7.49

Discussion

The variation in the morphology of the root canal system in multiradicular teeth makes them considered a challenge in Endodontics (4,5,12,26,27). Historically, the maxillary molars have been widely studied because of the complexity of their internal anatomy (1,2,3,6,7,). Particular attention has been given to the MB root, whose flattening in the mesio-lingual direction provides a high prevalence of two canals (3,13,28). In the literature, the frequency of MB2 in maxillary molars ranges from 25% to 100%.

The μ CT has been considered a gold standard for evaluation of the internal anatomy due to the high sensitivity of the method and the ability to provide greater anatomical details of the root canal system (6,12,15,21,22,24,29,30) . Nevertheless, in this study, we obtained similar frequencies of MB2 with both methods employed, 56.45% for μ CT and 58.62% for root section. Higher prevalences for μ CT were detected in some studies (2,6,21), but our results corroborate with findings of other authors (7,8,17,31,32). The use of magnification in the cut method may have contributed to a greater detection of MB2, since several studies have shown an increase in the prevalence of this canal with the use of lenses, magnifiers and microscopes (13,33-37).

Differences between studies can be explained by the variation in sample size, ethnicity, and diversification of methods and techniques employed (4,7). Other factors, such as age and gender, also seem to interfere with these results (13,30). In addition, the present study did not consider the differences between the first and second maxillary molars, which may imply a lower frequency of MB2 (28,33,34). Studies have shown that MB2 canals are more frequent in maxillary first molars when compared to second molars. This assertion was verified by Domark et al. (22) Whose study verified MB2 in 100% and 57%, Silva et al. (39) at 42.63% and 34.32% and Tian et al. (40) in 53.9% and 22.9%.

In the Weine Classification, 52.63% of the roots ($n = 30$) were considered unclassifiable, followed by 19.3% ($n = 11$) of type I and 10.53% ($n = 6$) of type II. In the study by Kim et al. (8) 29.2% of the MB roots were not classified by the Weine classification and, unlike the present study, the most prevalent pattern was type III (32.8%), followed by type II (23.0%) and type IR (15.0%). In another study, also with μ CT, 28% of the MB roots presented type I (21). The large proportion of non-classifiable canals by this method justifies the appearance of new configurations (8,25,32).

Regarding Vertucci classification of, for the two methods of study there was a predominance of type I, findings that are in agreement with the results of previous studies (17,27,41). While other studies did not find roots with this classification (32) or detected it in smaller proportions (30). However, there were many divergent classifications between the two methods, which may be explained by μ CT's ability to capture more anatomical details. Thus, the μ CT method showed many unclassifiable roots (19.35%), a configuration observed in only 1.72% of the sample submitted to the sectioning.

Vertucci's classification, despite being one of the most used classifications in studies of the internal anatomy of root canals (2,8,17,18,21,30,30,32,41,43), presents a series of limitations, one Since it was proposed before the advent of μ CT (19,44) and, currently, many authors have reported settings not categorized by it (8,18,32). Therefore, previous studies, especially with μ CT, recommend additional modifications and configurations for this classification (8,32).

From the new classification of Ahmed all MB roots were classified, since the study considered the use of μ CT for the evaluation of the dental anatomy, and is therefore a simple, comprehensive and effective method for determining the configurations of the Root canals. Still in this classification, there was a predominance of roots with the MB1 configurations: 15.79% ($n=9$); MB 2-1-2: 14.04% ($n=8$) and MB 2-1: 12.28% ($n=7$). These findings are similar to those of a previous study, the most frequent root canal configuration observed in the MB root was single canal, MB1 (45.8%), followed by two separate canals, MB2 (25.1%) and two canals ending in one single foramen, MB 2-1 (10.1%) (7).

In a similar study, Spagnuolo et al. (6) determined, through μ CT, the mean horizontal distance between MB1 and MB2 in the floor of the pulp cavity, reaching

1.21 ± 0.5mm. On the other hand, in the present study distance values were higher, 2.62 mm in the floor and 2.32 mm in the apical region.

In the microtomographic analysis, 35.48% of the maxillary molars presented apical delta, a higher incidence compared to the study by Bhuyan et al. (27) of 25%. 74.19% of the maxillary molars evaluated (n = 46) had an accessory canal, an anatomical condition relevant to clinical practice, since these branches of the main canal communicate with the external root surface and are associated with failure of endodontic treatment due to difficult cleaning and obturation (44). Regarding the presence of isthmus, our results (66.12%) confer with findings from other studies (6,10).

Considering the limitations of this study, it can be concluded that there was no difference between μ CT and sectioning in the detection of MB2 canals. Nevertheless, the superiority of the first one was shown to provide more details and information about the internal anatomy of the maxillary molars, which was evidenced by the divergence regarding Vertucci classification in both methods, demonstrating that the μ CT can be considered the standard- Gold from laboratory studies of the internal anatomy of human teeth. MB2 is present in most of the maxillary molars; therefore, clinicians and specialists should pay attention to the presence of this canal when planning the endodontic treatment of maxillary molars, since failure to identify and neglect it during cleaning, shaping and filling phases may lead to treatment failure.

The new classification of Ahmed is relevant for the determination of root canal anatomy as it manages to encompass the maximum of probable configurations, and is superior to previous classifications that did not include all possible configurations, especially of maxillary molars.

References

1. Baratto Filho F, Zaitter S, Haragushiku GA, de Campos EA, Abuabara A, Correr GM. Analysis of the internal anatomy of maxillary first molars by using different methods. *J Endod* 2009;35:337-42.
2. Verma P, Love RM. A Micro CT study of the mesiobuccal root canal morphology of the maxillary first molar tooth. *Int Endod J* 2011;44:210-7.
3. Ahmad IA, Al-Jadaa A. Three root canals in the mesiobuccal root of maxillary molars: case reports and literature review. *J Endod* 2014;40:2087-94.
4. Abella F, Teixidó LM, Patel S, Sosa F, Duran-Sindreu F, Roig M. Cone-beam Computed Tomography Analysis of the Root Canal Morphology of Maxillary First and Second Premolars in a Spanish Population. *J Endod* 2015;41:1241-7.
5. Ayranci LB, Arslan H, Topcuoglu HS. Maxillary first Molar with three canal orifices in MesioBuccal root. *J Conserv Dent* 2011;14:436-7.
6. Spagnuolo G, Ametrano G, D'Antò V, Formisano A, Simeone M, Riccitiello F, Amato M, Rengo S. Microcomputed tomography analysis of mesiobuccal orifices and major apical foramen in first maxillary molars. *Open Dent J* 2012;6:118-25.
7. Briseño-Marroquín B, Paqué F, Maier K, Willershausen B, Wolf TG. Root Canal Morphology and Configuration of 179 Maxillary First Molars by Means of Micro-computed Tomography: An Ex Vivo Study. *J Endod* 2015;41:2008-13.
8. Kim Y, Lee SJ, Woo J. Morphology of maxillary first and second molars analyzed by cone-beam computed tomography in a Korean population: variations in the number of roots and canals and the incidence of fusion. *J Endod* 2012;38:1063–8.
9. Weine FS, Healey HJ, Gerstein H, Evanson L. Canal configuration in the mesiobuccal root of the maxillary first molar and its endodontic significance. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1969;28:419-25.
10. Vertucci FJ. Root canal anatomy of the human permanent teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1984;58:589–99.
11. Versiani MA, Pécora JD, Sousa-Neto MD. The anatomy of two-rooted mandibular canines determined using micro-computed tomography. *Int Endod J* 2011;44:682-7.

12. Versiani MA, Pécora JD, de Sousa-Neto MD. Root and root canal morphology of four-rooted maxillary second molars: a micro-computed tomography study. *J Endod* 2012 Jul;38:977-82.
13. Cleghorn BM, Christie WH, Dong CCS. Root and root canal morphology of the human permanent maxillary first molar: a literature review. *J Endod* 2006;32:813–21.
14. Soo WK, Thong YL, Gutmann JL. A comparison of four gutta-percha filling techniques in simulated C-shaped canals. *Int Endod J* 2015;48:736-46.
15. Leoni GB, Versiani MA, Silva-Sousa YT, Bruniera JF, Pécora JD, Sousa-Neto MD. Ex vivo evaluation of four final irrigation protocols on the removal of hard-tissue debris from the mesial root canal system of mandibular first molars. *Int Endod J*. 2016 Mar 18. doi: 10.1111/iej.12630. [Epub ahead of print]
16. Wolf TG, Paqué F, Zeller M, Willershausen B, Briseño-Marroquín B. Root Canal Morphology and Configuration of 118 Mandibular First Molars by Means of Micro-Computed Tomography: An Ex Vivo Study. *J Endod* 2016;42:610-4.
17. Weine FS, Healey HJ, Gerstein H, Evanson L. Canal configuration in the mesiobuccal root of the maxillary first molar and its endodontic significance. 1969. *J Endod* 2012;38:1305-8.
18. Sert S, Bayirli GS. Evaluation of the root canal configurations of the mandibular and maxillary permanent teeth by gender in the Turkish population. *J Endod* 2004;30:391–8.
19. Ordinola-Zapata R, Bramante CM, Versiani MA, Moldauer IB, Topham G, Gutmann JL, Nuñez A, Duarte MA, Abella F. Comparative accuracy of the Clearing Technique, CBCT and Micro-CT methods in studying mesial root canal configuration of mandibular first molars. *Int Endod J* 2016;49:807-13.
20. Vertucci FJ. Root canal morphology and its relationship to endodontic procedures. *Endod Topics* 2005;10:3–29.
21. Park JW, Lee JK, Ha BH, Choi JH, Perinpanayagam H. Three-dimensional analysis of maxillary first molar mesiobuccal root canal configuration and curvature using micro-computed tomography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2009;108:437-42.
22. Domark JD, Hatton JF, Benison RP, Hildebolt CF. An ex vivo comparison of digital radiography and cone-beam and micro computed tomography in the

- detection of the number of canals in the mesiobuccal roots of maxillary molars. *J Endod* 2013;39:901-5
23. Leoni GB, Versiani MA, Pécora JD, Damião de Sousa-Neto M. Micro-computed tomographic analysis of the root canal morphology of mandibular incisors. *J Endod* 2014;40:710-6.
24. Souza-Flamini LE, Leoni GB, Chaves JF, Versiani MA, Cruz-Filho AM, Pécora JD, Sousa-Neto MD. The radix entomolaris and paramolaris: a micro-computed tomographic study of 3-rooted mandibular first molars. *J Endod* 2014;40):1616-21.
25. Ahmed HM, Versiani MA, De-Deus G, Dummer PM. A new system for classifying root and root canal morphology. *Int Endod J* 2016 Aug 31. doi: 10.1111/iej.12685. [Epub ahead of print]
26. Vizzotto MB, Silveira PF, Arús NA, Montagner F, Gomes BP, da Silveira HE. CBCT for the assessment of second mesiobuccal (MB2) canals in maxillary molar teeth: effect of voxel size and presence of root filling. *Int Endod J* 2013;46:870-6.
27. Bhuyan AC, Kataki R, Phyllei P, Gill GS. Root canal configuration of permanent maxillary first molar in Khasi population of Meghalaya: An in vitro study. *J Conserv Dent* 2014;17:359-63.
28. Mirmohammadi H, Mahdi L, Partovi P, Khademi A, Shemesh H, Hassan B. Accuracy of Cone-beam Computed Tomography in the Detection of a Second Mesiobuccal Root Canal in Endodontically Treated Teeth: An Ex Vivo Study. *J Endod* 2015;41:1678-81.
29. Grande NM, Plotino G, Pecci R, Bedini R, Pameijer CH, 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* 2008;106:70-6.
30. Guo J, Vahidnia A, Sedghizadeh P, Enciso R. Evaluation of root and canal morphology of maxillary permanent first molars in a North American population by cone-beam computed tomography. *J Endod* 2014;40:635-9.
31. Yamada M, Ide Y, Matsunaga S, Kato H, Nakagawa K. Three-dimensional analysis of mesiobuccal root canal of Japanese maxillary first molar using Micro-CT. *Bull Tokyo Dent Coll* 2011;52:77–84.

32. Lee KW, Kim Y, Perinpanayagam H, Lee JK, Yoo YJ, Lim SM, Chang SW, Ha BH, Zhu Q, Kum KY. Comparison of alternative image reformatting techniques in micro-computed tomography and tooth clearing for detailed canal morphology. *J Endod* 2014;40:417-22.
33. Buhrey LJ, Barrows MJ, BeGole EA, Wenckus CS. Effect of magnification on locating the MB2 canal in maxillary molars. *J Endod* 2002;28:324-7.
34. Yoshioka T, Kikuchi I, Fukumoto Y, Kobayashi C, Suda H. Detection of the second mesiobuccal canal in mesiobuccal roots of maxillary molar teeth ex vivo. *Int Endod J* 2005;38:124-8.
35. Smadi L, Khraisat A. Detection of a second mesiobuccal canal in the mesiobuccal roots of maxillary first molar teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2007;103:e77-81.
36. Tuncer AK, Haznedaroglu F, Sert S. The location and accessibility of the second mesiobuccal canal in maxillary first molar. *Eur J Dent* 2010;4:12-6.
37. Silveira LF, Marques MM, da Costa RK, Martos J, Lorenzi A. Location and negotiability of second mesiobuccal canal in maxillary molar by tomographic and anatomical macroscopic analysis. *Surg Radiol Anat* 2013;35:791-5.
38. Park E, Chehroudi B, Coil JM. Identification of possible factors impacting dental students' ability to locate MB2 canals in maxillary molars. *J Dent Educ* 2014;78:789-95.
39. Silva EJ, Nejaim Y, Silva AI, Haiter-Neto F, Zaia AA, Cohenca N. Evaluation of root canal configuration of maxillary molars in a Brazilian population using cone-beam computed tomographic imaging: an in vivo study. *J Endod* 2014;40:173-6.
40. Tian XM, Yang XW, Qian L, Wei B, Gong Y. Analysis of the Root and Canal Morphologies in Maxillary First and Second Molars in a Chinese Population Using Cone-beam Computed Tomography. *J Endod* 2016;42:696-701.
41. Neelakantan P, Subbarao C, Subbarao CV. Comparative evaluation of modified canal staining and clearing technique, cone-beam computed tomography, peripheral quantitative computed tomography, spiral computed tomography, and plain and contrast medium-enhanced digital radiography in studying root canal morphology. *J Endod* 2010;36:1547-51.
42. Singh S, Pawar M. Root canal morphology of South Asian Indian maxillary molar teeth. *Eur J Dent* 2015;9:133-44.

43. Yang L, Chen X, Tian C, Han T, Wang Y. Use of cone-beam computed tomography to evaluate root canal morphology and locate root canal orifices of maxillary second premolars in a Chinese subpopulation. *J Endod* 2014;40:630-4.
44. Ordinola-Zapata R, Monteiro Bramante C, Gagliardi Minotti P, Cavalini Cavenago B, Gutmann JL, Moldauer BI, Versiani MA, Hungaro Duarte MA. Micro-CT evaluation of C-shaped mandibular first premolars in a Brazilian subpopulation. *Int Endod J* 2015;48:807-13.
45. Xu T, Tay FR, Gutmann JL, Fan B, Fan W, Huang Z, Sun Q. Micro-Computed Tomography Assessment of Apical Accessory Canal Morphologies. *J Endod* 2016;42:798-802.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando as limitações deste estudo, pode-se concluir que não houve diferença entre a μ CT e os cortes na detecção de canais MV2. Não obstante, foi constatada a superioridade do primeiro no sentido de fornecer mais detalhes e informações acerca da anatomia interna de molares superiores, o que foi comprovado pela divergência quanto à classificação de Vertucci nos dois métodos, demonstrando que a μ CT pode ser considerada o padrão-ouro de estudos laboratoriais da anatomia interna de dentes humanos. MV2 está presente na maior parte dos molares superiores; dessa forma, clínicos e especialistas devem se atentar à presença desse canal ao realizar o planejamento do tratamento endodôntico de molares superiores, uma vez que a não identificação e negligência do mesmo durante as fases de limpeza, modelagem e obturação podem levar ao insucesso no tratamento.

REFERÊNCIAS

ABELLA, F. et al. Cone-beam computed tomography analysis of the root canal morphology of maxillary first and second premolars in a spanish population. **Journal of Endodontics**, v.41, n.8, p. 1241-1247, Aug. 2015.

AHMAD, I.A.; AL-JADAA, A. Three root canals in the mesiobuccal root of maxillary molars: case reports and literature review. **Journal of Endodontics**, v.40, n.12, p. 2087-2094, Dec. 2014.

AHMED, H.M. et al. A new system for classifying root and root canal morphology. **Internacional Endodontic Journal**, Aug. 2016 [Epub ahead of print] Review.

AYRANCI, L.B.; ARSLAN, H.; TOPCUOGLU, H.S. Maxillary first molar with three canal orifices in mesiobuccal root. **Journal of Conservative Dentistry**, v.14, n.4, p. 436-437, Oct/Dec. 2011.

BARATTO-FILHO, F. et al. Analysis of the internal anatomy of maxillary first molars by using different methods. **Journal of Endodontics**, v.35, n.3, p. 337-342, Mar. 2009.

BRISEÑO-MARROQUÍN. et al. Root canal morphology and configuration of 179 maxillary first molars by means of micro-computed tomography: an ex vivo study. **Journal of Endodontics**, v.41, n.12, p. 2008-2013, Dec. 2015.

CLEGHORN, B.M.; CHRISTIE, W.H.; DONG, C.C. Root and root canal morphology of the human permanent maxillary first molar: a literature review. **Journal of Endodontics**, v.32, n.9, p. 813-821, June 2006.

DOMARK, D.J. et al. An ex vivo comparison of digital radiography, cone beam and micro computed tomography in the detection of the number of canals in the mesiobuccal roots of maxillary molars. **Journal of Endodontics**, v.32, n.7, p. 901-905, July 2013.

KIM, Y. et al. A micro-computed tomography study of canal configuration of multiple-canal mesiobuccal root of maxillary first molar. **Clinical Oral Investigation**, v.17, n.6, p. 1541-1546, July 2013.

LEONI, G.B. et al. Ex vivo evaluation of four final irrigation protocols on the removal of hard-tissue debris from the mesial root canal system of mandibular first molars. **International Endodontic Journal**, Mar. 2016 [Epub ahead of print].

LEONI, G.B. et al. Micro-computed tomographic analysis of the root canal morphology of mandibular incisors. **Journal of Endodontics**, v.40, n.5, p. 710-716, May 2014.

ORDINOLA-ZAPATA, R. et al. Comparative accuracy of the Clearing Technique, CBCT and Micro-CT methods in studying mesial root canal configuration of

mandibular first molars. **International Endodontic Journal**, v.49, n.9, p. 807-813, Jan. 2016.

PARK, J.W. et al. Three-dimensional analysis of maxillary first molar mesiobuccal root canal configuration and curvature using micro-computed tomography. **Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology**, v.108, n.3, p. 437-442, Sept. 2009.

SERT, S.; BAYIRLI, G.S. Evaluation of the root canal configurations of the mandibular and maxillary permanent teeth by gender in the turkish population. **Journal of Endodontics**, v.30, n.6, p. 392-398, June 2004.

SOO, W.K. et al. A comparison of four gutta-percha filling techniques in simulated C-shaped canals. **International Endodontic Journal**, v.48, n.8, p. 736-746, Aug. 2015.

SOUZA-FLAMINI, L.E. et al. The radix entomolaris and paramolaris: a micro-computed tomographic study of 3-rooted mandibular first molars. **Journal of Endodontics**, v.40, n.10, p. 1616-1621, Oct. 2014.

SPAGNUOLO, G. et al. Microcomputed tomography analysis of mesiobuccal orifices and major apical foramen in first maxillary molars. **The Open Dentistry Journal**, v.6, p. 118-125, July 2012.

VERMA, P.; LOVE, R.M. A micro CT study of the mesiobuccal root canal morphology of the maxillary first molar tooth. **International Endodontic Journal**, v.44, n.3, p. 210-207, Mar. 2011.

VERSIANI, M.A. et al. Root and root canal morphology of four-rooted maxillary second molars: a micro-computed tomography study. **Journal of Endodontics**, v.28, n.7, p. 977-982, July 2012.


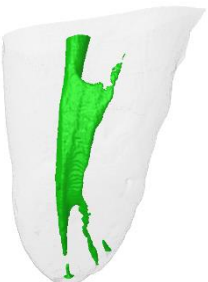


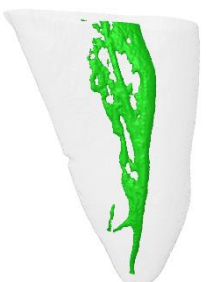
VERSIANI, M.A.; PÉCORÀ, J.D.; SOUSA-NETO, M.D. The anatomy of two-rooted mandibular canines determined using micro-computed tomography. **International Endodontic Journal**, v.44, n.7, p. 682-687, July 2011.



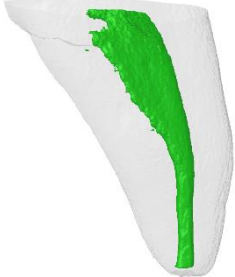
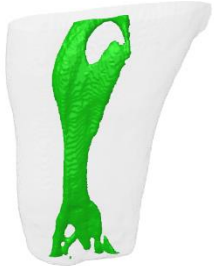

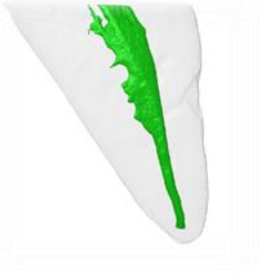
VERTUCCI, F.J. Root canal anatomy of the human permanent teeth. **Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology**, v.58, n.5, p. 589-99, Nov. 1984.

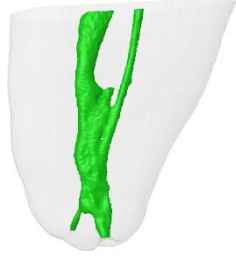
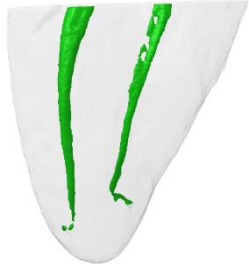
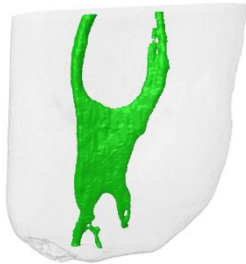
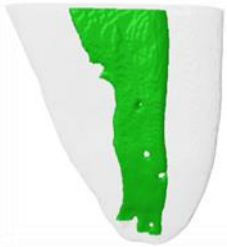


WEINE, F.S. et al. Canal configuration in the mesiobuccal root of the maxillary first molar and its endodontic significance. **Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology**, v.28, n.3, p. 419-425, Sept. 1969.

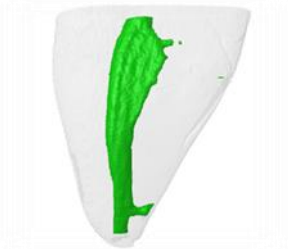


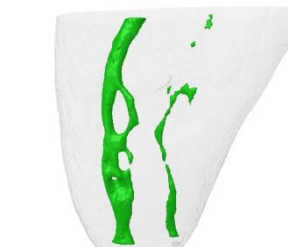

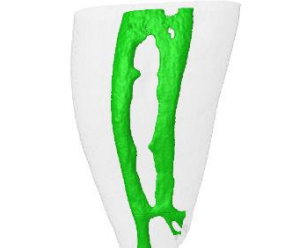
WOLF, T.G. et al. Root canal morphology and configuration of 118 mandibular first molars by means of micro-computed tomography: an ex vivo study. **Journal of Endodontics**, v.42, n.4, p. 610-614, Apr. 2016.


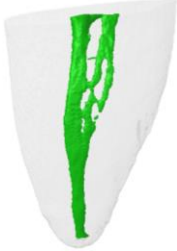


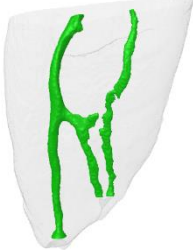

ANEXO A - Imagens 2D de acordo com as classificações de Weine, Vertucci e Ahmed

Amostra	Imagem	Weine	Vertucci	Ahmed
1		II	II	2-1
3		NC	VI	2-1-2
5		III	IV	2-2
6		I	III	1-2-1
9		NC	NC	2-3-2-1-2

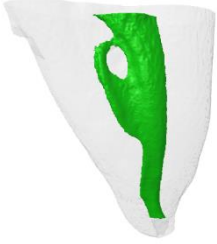
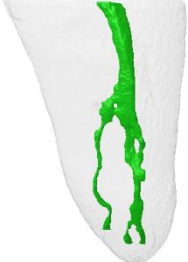



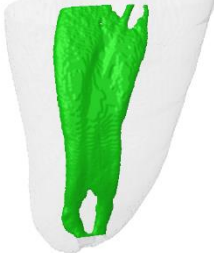
10		NC	VI	2-1-2
11		NC	NC	2-4-1
13		I	I	1-1
17		NC	VI	2-1-2
18		III	IV	2-2
20		II	II	2-1




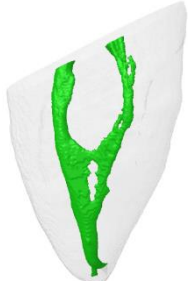
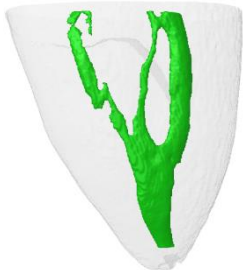
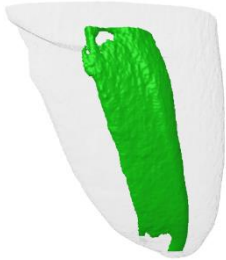
23		NC	VI	2-1-2
24		III	IV	2-2
25		NC	VI	2-1-2
27		I	I	1-1
28		NC	NC	3-2
29		NC	VI	2-1-2

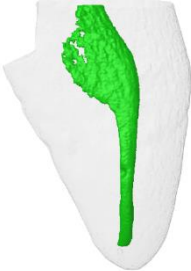
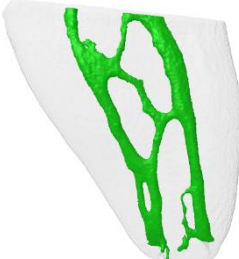
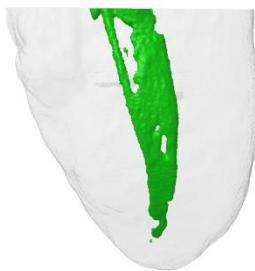
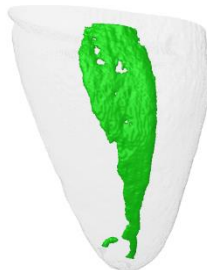
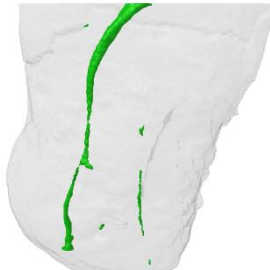
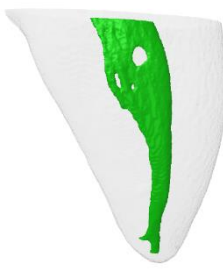
31		IV	V	1-2
32		IV	V	1-2
37		III	IV	2-2
40		III	IV	2-2
41		IV	V	1-2
42		NC	VI	2-1-2

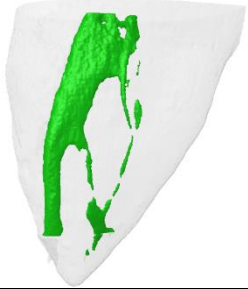
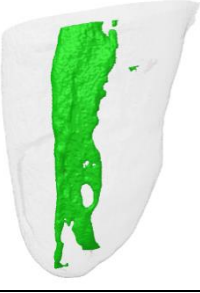

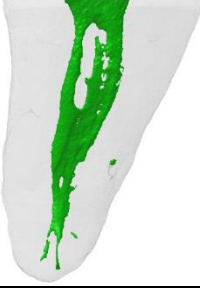

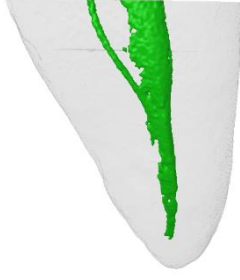
43		NC	VI	2-1-2
44		NC	NC	2-3-1
45		NC	VI	2-1-2
58		NC	NC	1-3
60		NC	NC	2-3
61		I	I	1-1

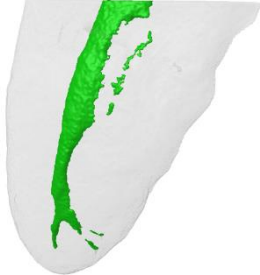

62		NC	VI	2-1-2
63		NC	NC	1-2-1-2
64		I	I	1-1
66		NC	VI	2-1-2
67		I	I	1-1
68		I	I	1-1

69		NC	III	1-2-1
71		IV	V	1-2
72		NC	NC	2-1-2-3
73		I	I	1-1
75		NC	NC	2-3
76		NC	VII	1-2-1-2

77		III	IV	2-2
79		III	IV	2-2
80		II	II	2-1
81		II	II	2-1
83		NC	NC	3-1
84		II	II	2-1

85		I	I	1-1
87		NC	NC	3-2-2
88		II	II	2-1
90		I	I	1-1
91		III	IV	2-2
94		NC	III	1-2-1

95		NC	NC	2-1-3-2
96		IV	V	1-2
98		III	IV	2-2
99		NC	VII	1-2-1-2
100		IV	V	1-2
104		II	II	2-1

105		NC	NC	1-3-2
106		NC	III	1-2-1
107		II	II	2-1