UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE BAURU

MARCELO HAAS VILLAS BÔAS

**Análise comparativa em microtomografia do preparo dos
canais mesiais de molares inferiores por quatro sistemas
rotatórios de níquel-titânio**

BAURU
2011

MARCELO HAAS VILLAS BÔAS

**Análise comparativa em microtomografia do preparo dos
canais mesiais de molares inferiores por quatro sistemas
rotatórios de níquel-titânio**

Dissertação apresentada à Faculdade de
Odontologia de Bauru da Universidade de São
Paulo para obtenção do título de mestre em
Ciências Odontológicas Aplicadas

Área de concentração: Endodontia

Orientador: Prof. Dr. Norberti Bernardineli

BAURU
2011

V712a Villas Bôas, Marcelo Haas
Análise comparativa em microtomografia do preparo dos canais mesiais de molares inferiores por quatro sistemas rotatórios de níquel-titânio / Marcelo Haas Villas Bôas. – Bauru, 2011.
126 p. : il. ; 31cm.

Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Odontologia de Bauru. Universidade de São Paulo

Orientador: Prof. Dr. Norberti Bernardineli

Autorizo, exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta dissertação/tese, por processos fotocopiadores e outros meios eletrônicos.

Assinatura:

Data:

Comitê de Ética da FOB-USP
Protocolo nº: 131/2010
Data: 25 de abril de 2011

FOLHA DE APROVAÇÃO

DADOS CURRICULARES

Marcelo Haas Villas Bôas

22 de julho de 1979

Nascimento
Resende – Rio de Janeiro

Filiação

Eduardo Dias da Costa Villas Bôas
Maria Aparecida Haas Villas Bôas

2001 – 2007

Graduação em Odontologia Universidade de
Brasília

2007 – 2009

Especialização em Saúde Bucal Coletiva
Universidade de Brasília

2008 – 2010

Especialização em Endodontia Hospital de
Reabilitação de Anomalias Crâniofaciais
Universidade de São Paulo

2009 – 2011

Pós-Graduação, mestrado, área de Endodontia
Faculdade de Odontologia de Bauru
Universidade de São Paulo

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho especialmente à minha família, verdadeira razão do meu viver, base sólida sobre a qual edifico todos os meus sonhos...

Aos meu pais, Maria Aparecida e Eduardo,

por proporcionarem-me a vida e por permanecerem ao meu lado em todos os momentos de minha existência. Pelo amor incondicional, pelos conselhos, pelas orações, palavras de apoio, preocupação e principalmente, por serem meus maiores exemplos. Agradeço por serem os responsáveis diretos por tudo o que sou. Vocês me são essenciais. As palavras jamais seriam suficientes para resumir meu amor por vocês.

Às minhas irmãs, Ticiane e Adriana,

por serem minhas companheiras e amigas. Pelas nossas conversas, experiências e situações compartilhadas. Pela amizade que temos por me ampararem e por serem minhas confidentes e amigas compreensivas. Não saberia viver sem vocês. Amo muito vocês. “Eugene, chocolat?!”

Ao meu sobrinho e afilhado Gustavo (Zezinho), seu olhar e sorriso encantador são um estímulo.

À Vó Inalva, sem o seu apoio, certamente meus sonhos não teriam se realizado. Muito obrigado por tudo, pelas orações, pelas velas acesas, pela sua alegria de viver mais que contagiante! Não tenho palavras para dizer o quanto a senhora é importante.

À minha namorada Marcela, por sua cumplicidade e companheirismo. Sua compreensão, paciência e carinho comigo foram decisivos para a finalização deste trabalho.

A vocês, dedico os resultados de meus esforços, de meus estudos, minhas felicidades e lutas durante todos os anos. Sem o apoio, carinho, incentivo e compreensão de vocês nada disso seria possível. Muito Obrigado!!

Meus Sinceros Agradecimentos

Ao Prof. Dr. Norberti Bernardineli, pela orientação desse trabalho e constante incentivo à busca de conhecimentos, por tudo que fez por mim. À paciência e dedicação dedicados a mim, não apenas na realização deste trabalho, mas durante todo curso de Mestrado. Serei eternamente grato pelos ensinamentos transmitidos e principalmente pelos exemplos de compreensão, luta, inteligência competência em cada momento. Muito obrigado!!

AGRADECIMENTO ESPECIAL

Ao Professor Doutor Ivaldo Gomes de Moraes, professor do departamento de Endodontia da FOB-USP, pelo apoio, incentivo e amizade. Foi o senhor que indiretamente estimulou a minha vinda para Bauru. Muito obrigado!!

Ao Professor Doutor Marco Antônio Húngaro Duarte, o senhor é um exemplo de professor e pesquisador. Obrigado pelo apoio, incentivo e ensinamentos presentes durante todo o desenvolvimento deste trabalho e ao longo do curso de Mestrado, principalmente por seus conselhos e sua amizade.

Ao amigo Ronad Ordínola Zapata, doutorando em Endodontia da FOB-USP, pela sua amizade, pelo companheirismo, e especialmente pelo exemplo prestativo e humilde, refletido num constante apoio e auxílio durante o todo decorrer do trabalho. Meu sincero obrigado!!

Ao amigo João Paulo Figueiró Longo, Pós-doutorando do IB - UnB, pela amizade, disponibilidade e por ter sido tão prestativo ao me ajudar com a parte laboratorial da dissertação. Obrigado meu amigo!!

AGRADECIMENTOS

Agradeço os queridos professores da disciplina de Endodontia da FOB - USP, Prof. Dr. Clovis Monteiro Bramante, Prof. Dr. Roberto Brandão Garcia, Prof. Dr. Norberti Bernardineli, Prof. Dr. Ivaldo Gomes de Moraes, Profa. Dra. Flaviana Bombarda de Andrade e Prof. Dr. Marco Antônio Húngaro Duarte, por todo o carinho, atenção, e paciência que vocês tiveram comigo. Com imensa admiração e respeito, agradeço pela grandiosa amizade e confiança demonstrada e, por todos os valiosos ensinamentos que recebi durante a nossa convivência. Serei eternamente grato pela oportunidade de crescimento profissional pelo que aprendi cada um de vocês. A vocês, meu carinho e gratidão!!

Ao Professor Doutor Ricardo Bentes de Azevedo, professor do Departamento de Morfologia e Genética do IB - UnB, pela disponibilização do Aparelho de Microtomografia Computadorizada e disponibilização do laboratório. Obrigado pela forma como o senhor me recebeu não deixando me faltar qualquer coisa durante a minha estada em sua escola. Muito obrigado!!

A meus professores de Endodontia da graduação Prof. Dr. Edson Dias Costa Júnior, Prof. Dr. Roberto Machado Cruz e Prof. Dr. Laudimar Alves de Oliveira, da Universidade de Brasília, obrigado por me estimularem à pesquisa. Agradeço também pelo incentivo e ajuda que nunca me foram negados. Que deus os abençoe sempre!

Ao Prof. Dr. Celso Kenji Nishiyama por permitir o meu ingresso na Endodontia sendo-lhe grato eternamente, “grande orientador”.

À Profa. Dra. Fernanda Gomes de Moraes, pela amizade, paciência e carinho. Eu cresci muito com os seus conselhos e ensinamentos durante nossa convivência. Obrigado, Fê!!

À família Milanezi de Almeida: Sr. Aurivan, Dona Nilce, Luizão, Ana Brígida, Laís e Júlia por serem pessoas queridas que me receberam e acolheram de braços abertos, pelo apoio e companhia durante meus estudos em Bauru. E à minha namorada Marcela, meu agradecimento pelas palavras de apoio, pela paciência, cumplicidade, pelo carinho, amizade e amor. Obrigado, Mã!!

Aos meus amigos da turma do mestrado em Endodontia: Aldo del Carpio Perochena, Bruno Cavalini Cavenago, Elaine Cristina Consolmagno, Marina Angélica Marciano da Silva, Raquel Zanin Midena e Thaís Vieira Rizzo Nunes da Cunha, guardo de vocês lembranças e carinho. Muitos Sucesso a vocês!

Às minhas colegas de mestrado Clarissa Teles Rodrigues e Paloma Gagliardi Minotti, com as quais compartilhei muitos momentos de discussão, descontração e alegria, desde a especialização no Centrinho. Obrigado pela amizade companheirismo.

Às funcionárias da Disciplina de Endodontia, D. Neide, e Suefy pelo profissionalismo gentileza e atenção presentes em todos os momentos. Vocês são uns anjos!

Ao meu amigo Edimauro, pela confiança e amizade, pelos bons momentos de conversas e rizadas. Você se tornou um amigo. Obrigado por tudo!!

Aos Funcionários da Biblioteca, exemplos de eficiência, organização, dedicação e simpatia. Agradeço pelos conhecimentos transmitidos e pela atenção dispensada.

Aos amigos do Mestrado e Doutorado das demais áreas da Odontologia e da Fonoaudiologia da FOB - USP: obrigado pela convivência e aprendizado ao longo desses dois anos...

À todos os professores do curso de Pós-graduação durante o Mestrado.

À todos que direta ou indiretamente estiveram envolvidos no desenvolvimento deste trabalho.

AGRADECIMENTOS INSTITUCIONAIS

À Faculdade de Odontologia de Bauru, Universidade de São Paulo, na pessoa do diretor, Prof. Dr. José Carlos Pereira.

À Comissão de Pós-graduação na pessoa do Prof. Dr. Paulo César Rodrigues Conti.

Ao Coordenador do programa de Pós-graduação em Endodontia Prof. Dr. Roberto Brandão García.

Ao Departamento de Morfologia e Genética, Instituto de Ciências Biológicas da Universidade de Brasília, na pessoa do Prof. Dr. Ricardo Bentes de Azevedo.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, pela concessão de bolsa de estudo para a realização deste trabalho.

Ao Programa de Apoio à Pós-Graduação - (PROAP) CAPES, pela ajuda com a disponibilização dos materiais utilizados nesta dissertação.

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar por meio da microtomografia computadorizada (micro-CT), a qualidade do preparo dos canais mesiais de molares inferiores, realizado pelos sistemas rotatórios de níquel-titânio (NiTi), ProTaper, Mtwo, BioRaCe e Twisted File. As variáveis testadas foram: habilidade em manter o canal centralizado, extensão e direção dos eventuais transportes, quantidade de dentina removida, espessura mínima de dentina remanescente e variações quanto aos volumes apical e total, antes e após a instrumentação. Sessenta e seis molares inferiores foram escaneados no microtomógrafo (Skyscan 1076) utilizando uma resolução de 18 µm. Após a reconstrução das imagens, quarenta dentes foram selecionados e divididos em quatro grupos de acordo com a similaridade da anatomia interna dos canais radiculares (N=10). Os dentes foram instrumentados com os sistemas rotatórios de NiTi até os instrumentos 25/.06 – Mtwo e BioRaCe, 25/.08 – Twisted File e F2 – ProTaper. Após a instrumentação os dentes foram novamente escaneados e os parâmetros testados foram analisados, comparando os valores obtidos antes e após a instrumentação. Os resultados foram submetidos ao teste estatístico não-paramétrico de Mann Whitney e de Kruskal-Wallis e Dunn. Nos quatro grupos, não houve diferença entre os sistemas rotatórios relativos ao transporte do canal em todos os níveis radiculares. Adicionalmente, o terço cervical apresentou a maior quantidade de transporte quando comparado aos níveis apicais e a menor quantidade de dentina remanescente, especialmente para a zona de perigo em comparação com os demais níveis. A avaliação da variável dentina remanescente demonstrou que não houve diminuição da quantidade de dentina em nenhuma das direções avaliadas nos níveis apicais em nenhum dos sistemas rotatórios. Similarmente não houve aumento significativo do volume apical e total em comparação ao volume pré-operatório. Não foram encontradas perfurações ou “rasgos”, o que indica que todos os sistemas avaliados foram seguros nesse item. Conclui-se que os sistemas rotatórios de NiTi avaliados não aumentaram significativamente os volumes apical e total dos canais radiculares, o maior índice de transporte foi no terço cervical e médio para todos os sistemas avaliados. A quantidade de dentina remanescente diminuiu significativamente nos terços cervical e médio na direção voltada para a furca, em todos os sistemas utilizados.

Palavras chave: Preparo do canal radicular; Instrumentos endodônticos; Microtomografia por Raio-X

ABSTRACT

A comparison of four nickel-titanium Rotary system to prepare mesial root canals of mandibular molars. A microcomputed tomography study.

The aim of this study was to evaluate by microcomputed tomography (micro-CT), the quality of mesial canal preparation achieved by 4 nickel-titanium rotary systems (NiTi), ProTaper Mtwo, BioRaCe and Twisted File. The variables tested were: ability to maintain the center of the canal, the extent and direction of any transport, the amount of dentine removed, the remaining dentin thickness and variations in the apical and total volumes, before and after instrumentation. Sixty-six molars were scanned using a X-ray micro-CT scanner (SkyScan 1076) with a resolution of 18 micrometers, after image reconstruction forty teeth were selected and divided into four groups according to the similarity of the internal anatomy of root canals (N = 10). The root canals were instrumented with NiTi rotary systems Mtwo BioRaCe until the 25/.06 instrument, and to the 25.08 Twisted File and F2 – ProTaper instruments. After instrumentation the teeth were again scanned and the tested parameters were analyzed by comparing the values obtained before and after instrumentation. The results were tested using statistical non-parametric Mann Whitney and Kruskal-Wallis and Dunn. The transportation of the root canal was similar using the evaluated Rotary systems at all levels. Additionally, the cervical showed the greatest amount of transport when compared to apical levels and the lowest amount of remaining dentin especially for the danger zone in comparison with other levels. The evaluation of the variable remaining dentin showed that there was no decrease in the amount of dentin in either direction evaluated at the apical levels in any of rotary systems. In addition, there was no significant increase in apical or total volume as compared to preoperative values. There were no perforations found indicating that all systems evaluated were safe in this item. It can be concluded that NiTi rotary systems evaluated did not significantly increase the volumes of the root canal system, the transport was higher in the cervical and middle third for all systems evaluated. The amount of remaining dentin decreased significantly in the cervical and middle thirds in the direction toward the furcation in all the systems used.

Keywords: Root canal preparation; endodontic instruments; X-Ray Microtomography

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – (A-B) Pote plástico de filme radiográfico e frasco de poliestireno visão lateral e superior. (C-D) Aplicação de Superbonder na embocadura e posicionamento do frasco de poliestireno no interior do pote de filme radiográfico. (E-F) Manipulação do silicone e confecção da fôrma. (G) Dente fixado na ponta do delineador posicionado no interior do molde contendo resina acrílica. (H) Amostra em base de resina terminada a polimerização. (I-J) Marcação e numeração das bases em resina. 59
- Figura 2 – (A) Aparelho de Microtomografia Computadorizada Skyscan 1076 utilizado no estudo. (B) Componentes internos do aparelho Skyscan 1076. (C) Cluster de computadores ligados por uma rede para a reconstrução das imagens adquiridas pelo Microtômografo. (D) Posicionamento das amostras na bandeja porta-amostra. 61
- Figura 3 – Imagens obtidas por micro-CT e reconstruídas em 3D para a visualização e padronização das amostras segundo a anatomia dos canais radiculares. 64
- Figura 4 – Sequência dos instrumentos utilizados na instrumentação de cada grupo. (A) ProTaper Universal. (B) Mtwo. (C) BioRace. (D) Twisted File. 65
- Figura 5 – (A-B) Secções transversais nos cinco níveis. A 2 mm aquém do ápice radicular, a 2 mm abaixo da bifurcação e as três demais obtidas do valor entre as duas primeiras dividido por três. (B-C) Linhas guia para padronização das medições pré e pós-operatórias em 8 sentidos. (D) Centralização do canal pré e pós-instrumentação e sobreposição das imagens para a medição entre as distâncias. 70
- Figura 6 – (A) Volume apical do canal radicular pré-instrumentado. (B) Volume apical do canal radicular pós-instrumentado. (C-D) Sobreposição das imagens do volume apical pré e pós-instrumentação dos canais radiculares. 71
- Figura 7 – (A) Volume do canal radicular pré-instrumentado. (B) Volume do canal radicular pós-instrumentado. (C) Sobreposição das imagens do volume pré e pós-instrumentação dos canais radiculares. 72
-
-

Figura 8. Imagens representativas referente as secções transversais da raiz mesial nos cinco níveis avaliados, demonstrando a quantidade de dentina desgastada e remanescente, antes e após o preparo do canal radicular realizado com sistema ProTaper nas oito direções.	85
Figura 9. Imagens representativas referente as secções transversais da raiz mesial nos cinco níveis avaliados, demonstrando a quantidade de dentina desgastada e remanescente, antes e após o preparo do canal radicular realizado com sistema Mtwo nas oito direções.	85
Figura 10. Imagens representativas referente as secções transversais da raiz mesial nos cinco níveis avaliados, demonstrando a quantidade de dentina desgastada e remanescente, antes e após o preparo do canal radicular realizado com sistema BioRaCe nas oito direções.	87
Figura 11. Imagens representativas referente as secções transversais da raiz mesial nos cinco níveis avaliados, demonstrando a quantidade de dentina desgastada e remanescente, antes e após o preparo do canal radicular realizado com sistema Twisted File nas oito direções.	87
Figura 12. Cortes axiais (secções transversais) microtomográficos: Imagens referentes aos cinco níveis avaliados quanto ao transporte do canal proporcionado pelos sistemas ProTaper, Mtwo, BioRaCe e Twisted File. O ponto vermelho indica o centro do canal pré-operatoriamente e o ponto verde indica o centro do canal após o preparo. A não sobreposição dos pontos indicou o transporte do canal radicular.	89
Figura 13. Reconstrução de imagens tomográficas em 3D. Imagens representativas referentes as raízes mesiais dos molares inferiores com os canais radiculares instrumentados pelos sistemas (A) ProTaper, (B) Mtwo, (C) BioRaCe e (D) Twisted File. Áreas em verde indicam onde atuaram os instrumentos durante o preparo. Áreas em vermelho demonstram porções intocadas pelos instrumentos rotatórios de NiTi dos diferentes sistemas.	91

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Parâmetros utilizados na obtenção das imagens no Microtomógrafo.....	61
Tabela 2 – Parâmetros utilizados na reconstrução das imagens.....	63
Tabela 3. Valores (Mediana, mínimo e máximo) referentes a quantidade de dentina remanescente em mm, antes e após preparo dos canais radiculares nas oito direções avaliadas nos níveis 1 e 2. Os números em negrito apresentam os valores onde houveram diferenças estatísticas significantes ($P < 0.05$), os demais valores não foram estatisticamente significantes na comparação pelo teste de U-Mann Whitney ($P > 0.05$).....	76
Tabela 4. Valores (Mediana, mínimo e máximo) referentes a quantidade de dentina remanescente em mm, antes e após preparo dos canais radiculares nas oito direções avaliadas nos níveis 3 e 4. Os números em negrito apresentam os valores onde houveram diferenças estatísticas significantes ($P < 0.05$), os demais valores não foram estatisticamente significantes na comparação pelo teste de U-Mann Whitney ($P > 0.05$).....	77
Tabela 5. Valores (Mediana, mínimo e máximo) referentes a quantidade de dentina remanescente em mm, antes e após preparo dos canais radiculares nas oito direções avaliadas no nível 5. Os números em negrito apresentam os valores onde houveram diferenças estatísticas significantes ($P < 0.05$), os demais valores não foram estatisticamente significantes na comparação pelo teste de U-Mann Whitney ($P > 0.05$).....	78
Tabela 6. Mediana, mínimo e máximo da quantidade de dentina removida em mm, nas oito direções avaliadas nos níveis 1 e 2 ($D_{\text{removida}} = D_{\text{pré}} - D_{\text{pós}}$). Os números em negrito apresentam os valores onde houveram diferenças estatísticas significantes ($P < 0.05$), os demais valores não foram estatisticamente significantes na comparação pelo teste de Kruskal-Wallis Dunn ($P > 0.05$) Letras maiúsculas iguais nas fileiras indicam ausência de diferença estatística.....	79
Tabela 7. Mediana, mínimo e máximo da quantidade de dentina removida em mm, nas oito direções avaliadas nos níveis 3 e 4 ($D_{\text{removida}} = D_{\text{pré}} - D_{\text{pós}}$).. Os números em negrito apresentam os valores onde houveram diferenças estatísticas significantes ($P < 0.05$), os demais valores não foram estatisticamente significantes na comparação pelo teste de Kruskal-Wallis Dunn ($P > 0.05$) Letras maiúsculas iguais nas fileiras indicam ausência de diferença estatística.....	80

Tabela 8. Mediana, (mínimo e máximo) da quantidade de dentina removida em mm, nas oito direções avaliadas no nível 5 ($D_{\text{removida}} = D_{\text{pré}} - D_{\text{pós}}$).. Os números em negrito apresentam os valores onde houveram diferenças estatísticas significantes ($P < 0.05$), os demais valores não foram estatisticamente significantes na comparação pelo teste de Kruskal-Wallis Dunn ($P > 0.05$).....	81
Tabela 9 Valores referentes ao transporte do canal, mediana (valores mínimo e máximo) em mm. Não foram encontradas diferenças significativas entre os sistemas rotatórios avaliados ($P > 0,05$). Diferenças estatísticas foram encontradas entre os níveis avaliados. Letras minúsculas iguais nas colunas indicam ausência de diferença estatística entre os níveis para cada sistema rotatório ($P > 0,05$).....	84
Tabela 10. Mediana, (mínimo e máximo) referentes aos volumes total e apical pré e pós-instrumentação dos canais radiculares em mm^3 . Os valores pré e pós instrumentação não foram estatisticamente significantes na comparação não pareada pelo teste de U-Mann Whitney ($P > 0.05$).....	84

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

%	porcentagem
+	mais
x	vezes
<	menor
>	maior
=	igual
#	número
CBCT	tomografia computadorizada <i>cone beam</i>
cm	centímetro (s)
EDTA	ácido etileno diaminotetracético
g	grama (s)
KV	quilovolts
kVp	potencial de quilovoltagem
mA	miliampere
MEV	microscopia eletrônica de varredura
Micro-CT	microtomografia computadorizada
min	minuto (s)
ml	mililitro (s)
mm	milímetro (s)
MP	megapixel
μm	micrômetro
μA	microampere
n°	número
NiTi	níquel-titânio
p	significância estatística
rpm	rotações por minuto
s	segundo (s)
TC	tomografia computadorizada

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	17
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	23
2.1 Introdução do Níquel-Titânio (NiTi) na Endodontia	25
2.2 Sistemas rotatórios em Níquel-Titânio (NiTi)	28
2.3 A segunda geração de sistemas rotatórios em Níquel-Titânio (NiTi).....	30
2.4 Estudos comparativos utilizando os sistemas rotatórios em Níquel-Titânio (NiTi) de segunda geração	34
2.5 Metodologias empregadas para avaliação do preparo do canal radicular	37
2.6 A Microtomografia computadorizada (micro-CT) como avaliação do preparo do canal radicular	42
3 PROPOSIÇÃO	51
4 MATERIAL E MÉTODOS	55
4.1 Seleção da amostra:.....	57
4.2 Preparo da amostra:.....	58
4.2.1 Preparo da fôrma para a confecção do molde de silicone	58
4.2.2 Preparo do molde de silicone para a confecção de bases em resina acrílica	58
4.2.3 Posicionamento dos dentes e confecção de bases em resina acrílica	59
4.3 Microtomografia computadorizada.....	60
4.3.1 Aquisição das imagens	60
4.3.2 Reconstrução das imagens:.....	63
4.3.3 Padronização da anatomia interna dos dentes a ser avaliados.....	63
4.4 Divisão dos grupos experimentais	64
4.5 Instrumentação dos canais radiculares	65
4.5.1 Grupo I – Sistema ProTaper Universal (Dentsply Maillefer).....	66
4.5.2 Grupo II – Mtwo (VDW).....	66

4.5.3 Grupo III – BioRaCe (FKG Dentaire).....	67
4.5.4 - Twisted File (SybronEndo)	67
4.6 Metodologia para avaliação dos resultados	68
4.6.1 A espessura mínima de dentina radicular remanescente	68
4.6.2 Transporte do canal	69
4.6.3 Avaliação do volume do canal.....	71
4.6.4 Avaliação do volume apical do canal.....	71
4.7 Análise estatística.....	72
 5 RESULTADOS	73
5.1 Espessura mínima de dentina radicular remanescente e quantidade de dentina removida.....	75
5.2 Transporte do canal.....	82
5.3 Volume total do canal radicular	82
5.4 Volume apical do canal radicular.....	82
 6 DISCUSSÃO	93
 7 CONCLUSÃO.....	103
 REFERÊNCIAS.....	107
 ANEXOS	123

1 INTRODUÇÃO

1 INTRODUÇÃO

A limpeza e conformação do sistema de canais radiculares são os principais objetivos do preparo biomecânico, obtidos por meio da eliminação do tecido pulpar, de bactérias e de seus subprodutos contidos nesse sistema de canais, e mediante a conformação de um preparo cônico, sentido apical para cervical, sem desvios no trajeto anatômico original (SCHILDER, 1974). A desinfecção do sistema de canais radiculares está ligada à ação mecânica dos instrumentos endodônticos associados à ação química e física das soluções irrigadoras e as diferentes substâncias usadas como medicação intra-canal (LEONARDO, 2005).

A anatomia interna do dente impõe limitações ao correto preparo do canal radicular, devido as suas inúmeras variações: irregularidades, istmos, ramificações, presenças de curvaturas, etc. Estas variações dificultam não só a correta limpeza do sistema de canais radiculares, mas também propiciam a ocorrência de acidentes como perfurações, degraus, deslocamentos apicais e fratura de instrumentos endodônticos (WALIA; BRANTLEY; GERSTEIN, 1988; GAMBARINI, 2000; LOPES; SIQUEIRA JR., 2010), o que determina muitas vezes o insucesso do tratamento.

Classicamente o preparo dos canais radiculares vem sendo realizado com limas de aço-inoxidável, no entanto algumas características indesejáveis foram reconhecida (WEINE; KELLY; LIO, 1975). A principal limitação do uso desses instrumentos tem sido descrita na presença de canais curvos. Durante o preparo de um canal com essa característica, a rigidez inerente a esse tipo de liga do instrumento pode levar a um desgaste considerável da dentina apical do lado oposto à curvatura. Outro fator relacionado à alta presença de desvio, está relacionado à presença da ponta ativa, presente nas limas do tipo K. Esses problemas foram parcialmente solucionados alterando o tipo de seção transversal de quadrangular para triangular, o que, devido a uma menor massa metálica, permitiu uma maior flexibilidade aos instrumentos. Adicionalmente, a incorporação das pontas inativas aos instrumentos permitiu uma diminuição da presença de desvios e degraus apicais.

Acompanhando a simplificação e o aprimoramento das técnicas de preparo mecânico dos canais radiculares, uma grande quantidade de novos instrumentos e sistemas foram surgindo ao longo dos anos no mercado, buscando o aperfeiçoamento de suas propriedades físicas e mecânicas. A incorporação das ligas de níquel-titânio (NiTi) na fabricação de

instrumentos endodônticos (WALIA; BRANTLEY; GERSTEIN, 1988) levou à proposição de novos conceitos e designs, que não atingia a normativa ISO, como a alteração da conicidade do instrumento e o uso com rotação constante proposto por MCSPADDEN. O emprego dos sistemas rotatórios com instrumentos de NiTi modificou conceitos, técnicas e a forma de modelar os canais radiculares.

Dentre as propriedades dos instrumentos rotatórios de NiTi destacam-se: flexibilidade, capacidade de corte e resistência à fratura (WALIA; BRANTLEY; GERSTEIN, 1988; CAMPS; PERTOT, 1995b; BERUTTI *et al.*, 2003; MARTIN *et al.*, 2003; HÜLSMANN; GRESSMANN; SCHÄFERS, 2003; GUELZOW *et al.*, 2005; CHEUNG; SHEN; DARVELL, 2007b; CHEUNG; SHEN; DARVELL, 2007; BONACCORSO *et al.*, 2008). Estas propriedades fazem com que o instrumento acompanhe com facilidade a curvatura do canal radicular (PETERS; BARBAKOW; PETERS, 2004; CHEUNG; SHEN; DARVELL, 2007b), reduzindo o deslocamento apical e a alteração de sua forma original (LOPES; SIQUEIRA JR., 2010). As propriedades mecânicas e o comportamento dos instrumentos variam de acordo com a composição química da liga metálica, com as características de produção e com o tratamento termomecânico aplicado durante a fabricação (FREIRE, 2010).

Como consequência dos avanços tecnológicos no desenvolvimento de materiais, novas gerações de sistemas rotatórios de NiTi encontram-se disponíveis, com a promessa de serem mais eficientes, seguros e previsíveis. Esses diferentes sistemas são caracterizados a partir da modificação da variação de conicidade constante para progressiva num mesmo instrumento (RUDDLE, 2005). Diferentes tipos de secção transversal, sendo em S (FOSCHI *et al.*, 2004), triangular (BONACCORSO *et al.*, 2008; LARSEN *et al.*, 2009) ou triangular convexo (YUN; KIM, 2003). A forma de fabricação tem sido também uma variação de alguns desses sistemas, sendo modificado de usinado para torcido por meio de um processo térmico (MOUNCE, 2008). Outra nova característica incorporada a alguns desses sistemas, foi o tratamento da superfície, sendo por banho de óxido (MOUNCE, 2008), ou polimento eletroquímico (LOPES *et al.*, 2010).

A microtomografia computadorizada (micro-CT) tem sido muito utilizada nos últimos anos para a avaliação do preparo dos canais radiculares. O uso de tecnologias modernas tem sido defendido com a perspectiva de que dados coletados de dentes intactos estejam prontamente disponíveis para avaliações posteriores (NIELSEN *et al.*, 1995). A principal vantagem em relação às demais metodologias já consagradas, para esse tipo de avaliação, está

na habilidade de demonstrar características morfológicas detalhadas do canal radicular, de maneira precisa e de forma não invasiva (DOWKER; DAVIS; ELLIOTT, 1997; RHODES *et al.*, 2000). Além disso este recurso tecnológico oferece dados reprodutíveis em três dimensões que permitem comparações antes e após a instrumentação (RHODES *et al.*, 2000; PETERS *et al.*, 2001; BERGMANS *et al.*, 2003).

Um dos requisitos para o uso clínico dos novos instrumentos de NiTi é que eles não ocasionem alterações na morfologia dos canais radiculares do tipo desvio, degrau ou transporte apical. Tais deformações podem causar o alojamento de detritos e microrganismos residuais relacionados a uma limpeza insuficiente dos canais radiculares. Além disso, a integridade da raiz após a instrumentação deve ser verificada, pois o desgaste excessivo pode diminuir a resistência à fratura ou levar a perfurações o que pode afetar negativamente o resultado do tratamento. Portanto este estudo propõe-se avaliar os efeitos da instrumentação, em canais radiculares curvos de raízes mesiais de molares inferiores, por quatro sistemas rotatórios de NiTi dessa nova geração.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2 REVISÃO DA LITERATURA

Os instrumentos endodônticos em aço-inoxidável passaram a ser empregados na endodontia a partir de 1961, devido às propriedades de boa resistência à corrosão e à fratura, a grande tenacidade e dureza, essas últimas podendo ser consideradas desvantagens, pois produzem alterações na posição e na forma do canal radicular, decorrentes da pouca flexibilidade e alto poder de corte (LOPES; SIQUEIRA JR, 2010).

O movimento contínuo e inadequado destes instrumentos, quando aplicados manualmente durante o preparo biomecânico de canais radiculares de dentes com curvaturas, propicia aumento da largura em todo o comprimento de trabalho, o que pode ser correlacionado, frequentemente, a acidentes inerentes a essa fase, como o desvio ou degrau (VANNI *et al.*, 2004; PEREIRA *et al.*, 2007; LOPES; SIQUEIRA JR, 2010).

O desenvolvimento tecnológico, que possibilitou a confecção de novos instrumentos, fabricados com ligas de NiTi, a partir de 1963 e introduzido na Endodontia em 1988, resultou em características peculiares, tais como as propriedades de efeito memória de forma e superelasticidade, que constituem o grande diferencial em relação às de aço-inoxidável. Apresentam também boa capacidade de modelagem, maior flexibilidade e menor risco de fratura, se empregadas corretamente. Outras vantagens incluem a redução do tempo de trabalho e do estresse profissional, além de diminuir os erros relacionados à instrumentação de canais curvos, uma vez que essas propriedades fazem com que o instrumento acompanhe com facilidade a curvatura do canal radicular, reduzindo o deslocamento apical e a alteração de sua forma original (LEONARDO, 2005; JAVAHERI; JAVAHERI, 2007; AGUIAR *et al.*, 2008; LOPES; SIQUEIRA JR, 2010).

2.1 Introdução do Níquel-Titânio (NiTi) na Endodontia

As ligas de NiTi foram desenvolvidas por W. F. Buehler, no início da década de 60, para a aplicação em peças e instrumentos destinados ao programa espacial Norte-americano. Essas ligas eram dotadas de propriedades anti-magnéticas e resistência a corrosão (MELTON, 1990; AURICCHIO; TAYLOR; LUBLINER, 1997; THOMPSON, 2000).

Os instrumentos em NiTi foram inicialmente construídos com a liga metálica chamada “Nitinol” (*Nickel Titanium Naval Ordnance Laboratory*), cuja composição era de aproximadamente 55% de níquel e 45% de titânio por peso. Desde 1979, na China, também já se fabricava essa liga denominada como “Nitalloy”. Sua composição era 56% de níquel e 44% de titânio por peso (SERENE; ADAMS; SAXENA, 1995; SCHÄFER; TEPEL; HOPPE, 1995; THOMPSON, 2000)

WALIA; BRANTLEY; GERSTEIN, (1988), buscando instrumentos mais flexíveis que os produzidos em aço-inoxidável, propuseram a fabricação de uma lima endodôntica a partir de fios ortodônticos feitos da liga Nitinol. Ao compararem as limas número 15 de secção triangular em Nitinol com as equivalentes em aço-inoxidável, os autores observaram que, submetidas a movimentos no sentido horário e anti-horário as limas de Nitinol apresentaram-se muito mais flexíveis e mais resistentes à fratura do que as em aço-inoxidável. Tais resultados demonstraram que estas limas possuíam duas grande propriedades: superflexibilidade e o chamado efeito de memória de forma.

WILDEY; SENIA; MONTGOMERY, (1992), observaram que as propriedades físicas e mecânicas dos instrumentos endodônticos são fortemente influenciadas pelo processo de fabricação empregado. Estes instrumentos são fabricados por meio dos processos de usinagem ou de torção dos fios. Relataram também que os instrumentos produzidos a partir de torção possuem a secção transversal definida pela laminação do fio, que, posteriormente, é torcido, originando as lâminas de corte. Já os instrumentos usinados têm a secção transversal ajustada de forma que suas lâminas de corte são definidas por meio de maquinário próprio.

SERENE; ADAMS; SAXENA, (1995), observaram que o efeito memória de forma possibilita à liga de NiTi passar da fase austenítica para a martensítica, retornando a sua forma original (austenítica) uma vez removida a força que a deformou. A liga de NiTi apresenta também baixo módulo de elasticidade consequentemente uma superelasticidade e uma alta resistência à deformação, que permitem ao instrumento retornar à forma original após sofrer carga de deformação, diferente do aço-inoxidável, o qual, quando submetido à mesma carga sofre deformação permanente. Essa alta flexibilidade do NiTi permite que os instrumentos fabricados com essa liga, acompanhem curvaturas de canais radiculares mais facilmente, mantendo o trajeto da anatomia original, sem ocorrência de desvios.

CAMPS; PERTOT, (1995a), analisaram que, apesar das limas em NiTi possuírem

elevada flexibilidade, os instrumentos mais calibrosos apresentaram problemas relativos à maior memória molecular.

TEPEL; SCHÄFER; HOPPE, (1995), num estudo comparativo dos instrumentos endodônticos manuais, avaliados quanto a sua eficiência de corte, observaram que as limas em NiTi apresentaram eficiência de corte menores que as limas tipo K, alargadores e instrumentos em aço-inoxidável mais flexíveis, por exemplo, limas K-Flexofiles.

HECK, (1997), observou que a maior flexibilidade em relação ao aço-inoxidável confere aos instrumentos de NiTi a capacidade de acompanharem a curvatura do canal radicular, com mínimo deslocamento apical e mantendo a forma original do mesmo.

BISHOP; DUMMER, (1997), compararam a instrumentação feita com limas #30 e #45 tipo K-Flexofile e NiTiFlex em canais artificiais em blocos de resina, com diferentes angulações e curvaturas. Imagens fotográficas antes e após os preparos foram obtidas e sobrepostas para as análises. Os preparos feitos com as limas NiTiFlex foram significativamente mais rápidos e com um menor número de irregularidades tais como perfurações “zips” e degraus.

TEPEL; SCHÄFER, (1997), revisando a literatura, observaram que as principais características de um instrumento endodôntico são a eficiência de corte e a habilidade de alargar um canal curvo sem provocar mudanças de forma, como transporte apical e degraus. Quanto à eficiência de corte, concluíram que os instrumentos flexíveis com pontas modificadas não cortantes produzem um melhor resultado em canais curvos, mantendo também o eixo original do canal radicular.

HAÏKEL *et al.*, (1998), afirmaram que a eficiência de corte dos instrumentos endodônticos está relacionada à geometria da ponta, o tipo de secção transversal e o tipo de liga metálica que compõe o instrumento.

CARVALHO; BONETTI; BORGES, (1999), fizeram um estudo, comparando instrumentos manuais em aço-inoxidável e NiTi no preparo de canais radiculares de molares inferiores. Nas imagens capturadas das secções apicais, observaram que as limas em NiTi produziram o menor desvio entre os grupos. Observaram também que mesmo realizando a técnica de imagem anti-curvatura houve uma tendência de desvio do centro do canal para o lado disto-lingual.

Uma vasta quantidade de pesquisas vêm comparando as limas manuais em aço-inoxidável e NiTi. Grande parte desses estudos demonstram o bom desempenho dos instrumentos manuais de NiTi no preparo dos canais radiculares (HIMEL *et al.*, 1995; ZMENER; BALBACHAN, 1995; COLEMAN *et al.*, 1996; GAMBILL; ALDER; DEL RIO, 1996; HARLAN; NICHOLLS; STEINER, 1996; GOLDBERG; ARAUJO, 1997; KUHN *et al.*, 1997; ATLAS; LEONARDI; RAIDEN, 2005; PERU *et al.*, 2006).

2.2 Sistemas rotatórios em Níquel-Titânio (NiTi)

Baseados na variação de conceitos e técnicas de preparo dos canais radiculares, os instrumentos empregados no preparo desses canais vêm ao longo dos anos sofrendo importantes modificações. Avanços tecnológicos tais como diferentes desenhos na ponta e no corte transversal dos instrumentos, diferentes diâmetros a partir da guia e diferentes conicidades possibilitaram a introdução dos sistemas de NiTi mecanizados, em que os instrumentos são acionados a motor. Nas duas últimas décadas muitos sistemas rotatórios fabricados com a liga de NiTi foram desenvolvidos e introduzidos no mercado (BUCHANAN, 1994; MORAES; ARAGÃO; HECK, 1999; LEONARDO, 2005).

MCSPADDEN, (1993), demonstrou, um sistema composto por instrumentos em NiTi (NT Engine – conicidade .02 e McXim – conicidade variável) especialmente desenhados para o preparo dos canais radiculares e um motor (NT Matic) com contra-ângulo especial. O autor descreveu a sequência técnica do preparo biomecânico, citando, como vantagens, a economia de tempo, a ausência de desvios e eliminação de detritos por via coronária, a facilidade de preparo de canais curvos, a redução de estresse e a possibilidade de explorar canais calcificados (THOMPSON; DUMMER, 1997).

BUCHANAN, (1994), apresentou o emprego de instrumentos endodônticos com uma variação da conicidade convencional de 0,02 milímetros por milímetro, para conicidades de 0,04; 0,06; 0,08; 0,10 e 0,12 milímetros por milímetro. Também propôs a alteração do padrão de aumento do diâmetro da ponta dos instrumentos para um aumento constante de 29%, denominando-o de série 29.

ESPOSITO; CUNNINGHAM, (1995), compararam a manutenção do trajeto do canal em raízes curvas de 45 dentes utilizando para a instrumentação, Mac-Files manuais e rotatórias em NiTi e, limas K-Flex em aço-inoxidável. Por meio da sobreposição radiográfica

observaram que as Mac-Files manuais e rotatórias mantiveram o trajeto do canal em todos os casos, sendo significativa a diferença em relação as K-Flex, quando o diâmetro cirúrgico foi além do instrumento número 30.

GLOSSON *et al.*, (1995), avaliaram canais radiculares preparados com instrumentos de níquel-titânio manuais Mity, movidos a motor Lightspeed e instrumentos de aço-inoxidável manuais. Levaram em consideração a direção do transporte do canal, a área de dentina removida e o coeficiente de centralização de cada instrumento. Os instrumentos movidos a motor causaram, significativamente, menor transporte do canal, permaneceram mais centralizados, produziram preparos mais circunferenciais e removeram menos dentina que as limas K-Flex (aço-inoxidável). Os instrumentos movidos a motor foram mais rápidos que a instrumentação manual.

KNOWLES; IBARROLA; CHRISTIANSEN, (1996), pela técnica da dupla exposição radiográfica, estudaram o preparo de canais radiculares com instrumentos de NiTi LightSpeed. Utilizaram vinte molares extraídos com raízes e canais de diferentes graus de curvatura, que foram preparados até o instrumento LightSpeed # 50 e avaliados quanto à presença ou ausência de transporte apical, resultante entre o instrumento inicial e final. Apenas um dos 20 dentes examinados apresentou transporte apical. Baseados neste estudo, os autores sugeriram que canais curvos instrumentados com LightSpeed tiveram pouca ou nenhuma incidência de transporte apical.

ZMENER; BANEGAS, (1996), compararam a instrumentação em canais artificiais em blocos de resina, utilizando as técnicas ultrassônica com limas tipo K, rotatória com o sistema ProFile 29 .04 e técnica clássica com limas tipo K. Os autores observaram os melhores resultados no grupo onde utilizaram o sistema ProFile 29 .04.

THOMPSON; DUMMER, (1998), avaliaram a eficiência do sistema Quantec 2000 em relação ao tempo de preparo do canal radicular, às deformações causadas nos instrumentos, obstrução do canal radicular, alterações no comprimento de trabalho e a forma tridimensional do canal artificial em bloco de resina. Os resultados mostraram que o preparo dos canais radiculares foi rápido, sem provocar obstruções e com mínima alteração no comprimento total dos canais. A maioria dos canais artificiais apresentaram uma forma final uniforme e cônica.

BERTRAND *et al.*, (2001), estudaram, em molares inferiores com curvatura moderada a, instrumentação dos canais radiculares com o sistema rotatório Hero 642 e limas

tipo K em aço-inoxidável. Num primeiro grupo (controle), com 12 canais radiculares foram instrumentados com limas tipo K em aço-inoxidável pela técnica “*step-back*” e num segundo grupo os canais foram instrumentados usando a sequência Hero numa técnica “*crown-down*”. Como resultado, observaram que não houve diferença significativa na quantidade de dentina removida, nem quanto à mudança de forma e deslocamento do centro do canal nos terços cervical e médio. Já no terço apical, houve transporte significativamente maior para o grupo com instrumentação manual.

SCHÄFER; LOHMANN, (2002), analisaram a eficiência do sistema FlexMaster e limas K-Flexofile, em relação a sua capacidade de limpar e modelar os canais radiculares de dentes extraídos com curvaturas variando entre 25° e 35°. Quarenta e oito canais foram divididos em dois grupos e preparados com instrumentos FlexMaster pela técnica “*crown-down*” e K-Flexofile, até o diâmetro #35. Usando as radiografias pré e pós-instrumentação, o grau de retificação da curvatura dos canais foi determinado com um *software* para análise das imagens. As raízes foram seccionadas longitudinalmente, a quantidade de detritos e “*smear layer*” foram quantificadas com base em uma escala de avaliação numérica, usando um microscópio eletrônico de varredura. Em geral, os instrumentos K-Flexofile produziram significativamente menos resíduos e “*smear layer*”. Em contrapartida, os instrumentos FlexMaster mantiveram a curvatura original do canal significativamente melhor.

SCHÄFER; SCHLINGEMANN, (2003) buscaram determinar a habilidade de modelagem dos instrumentos rotatórios de NiTi K3, quando comparados às limas K-Flexofiles, durante o preparo de canais radiculares curvos em dentes humanos extraídos. Pela técnica da dupla exposição radiográfica e análise microscópica, observaram que a instrumentação com o sistema K3 manteve melhor a curvatura original do canal e produziu mais resíduos e “*smear layer*”, significativamente, em relação as limas K-Flexofiles.

2.3 A segunda geração de sistemas rotatórios em Níquel-Titânio (NiTi)

Novos sistemas de NiTi vêm sendo desenvolvidos, cada um apresentando características específicas, tais como diferentes conicidades, *pitchs*, formatos na ponta e secção transversal, que conferem aos instrumentos maior segurança, maior flexibilidade e maior resistência (HAYASHI *et al.*, 2007). Pequenas variações no *design* de instrumentos endodônticos têm um efeito significativo nas propriedades físicas e mecânicas, tais como eficiência de corte, resistência torcional e flexibilidade (MISERENDINO *et al.*, 1988).

Até então, todos os sistemas encontrados no mercado, independente das suas características específicas, apresentavam três aspectos que foram modificados nessa nova geração de instrumentos: o processo de fabricação por usinagem, a conicidade fixa e o ângulo helicoidal constante. Essas características proporcionavam o chamado efeito de “parafusamento” e permitiam um maior acúmulo de raspas de dentina ao longo do instrumento (KOCH; BRAVE, 2002). Uma outra característica modificada foi a cinemática utilizada por esses sistemas para o preparo dos canais radiculares. O emprego dos instrumentos da primeira geração, preconizado segundo os fabricantes, devem ser utilizados sob uma cinemática de pressão leve em sentido apical com movimentos constantes de vai e vem (“movimento de bicada”). A nova geração de instrumentos é utilizada sob pressões laterais ao invés de verticais, executadas contra as paredes do canal radicular, chamados de movimentos de pincelamento (RUDDLE, 2005).

Sistema ProTaper Universal

O sistema de NiTi, ProTaper (Dentsply, Maillefer, Ballaigues, Suíça), foi lançado no mercado em 2001, apresentando um novo conceito de design e cinemática na instrumentação mecanizada dos canais radiculares. Como principal característica, esses instrumentos apresentam conicidades variáveis e progressivas (origem do nome ProTaper, “progressive taper” ou “conicidades progressivas”) dentro da mesma lâmina (CAMARA *et al.*, 2009). Outra característica foi a mudança no emprego, que passou a ser, por pressões laterais ao invés de verticais, indicando para isto que a manobra de “movimento de bicada” fosse abandonada, dando lugar a um movimento de pincelamento, onde tais pressões laterais são executadas contra as paredes do canal radicular (RUDDLE, 2005).

Neste sistema havia seis instrumentos que eram empregados durante toda a fase de preparo do canal radicular, divididos em dois grupos: três instrumentos indicados para a manobra de preparo propriamente dito, chamados de instrumentos de modelagem (do inglês “Shaping”) S1, S2 e SX e três instrumentos de acabamento (do inglês “Finishing”) F1, F2 e F3 indicados para realizar o refinamento do preparo, principalmente, na região apical. Com o tempo, pôde-se verificar que existiam algumas limitações quanto ao uso deste sistema. Como o instrumento mais calibroso (F3) detinha a sua ponta o diâmetro de 0,30 mm, canais que possuíam valores maiores do que este em seus diâmetros apicais dependiam do emprego de instrumentos de outros sistemas – ou mesmo limas manuais – ou deixavam de ser

adequadamente instrumentados. Além disso, pelos valores elevados de conicidade neste último instrumento especificamente, o mesmo tornava-se demasiadamente rígido devido ao aumento de sua massa metálica, o que dificultava e quase impedia o seu emprego em raízes curvas e achatadas (CAMARA *et al.*, 2009).

Desta forma, em 2006, para aprimorar tal sistema, evitando-se fraturas ou a utilização de outros instrumentos, um sistema mais otimizado foi lançado no mercado – o Sistema ProTaper Universal (Maillefer, Ballaigues, Suíça), onde o conceito de conicidades variáveis foi mantido (CAMARA *et al.*, 2009). Além dos 6 instrumentos previamente descritos, foram lançados outros dois instrumentos de acabamento, F4 e F5, com diâmetros de ponta medindo 0,40mm e 0,50mm, respectivamente. Além do aumento no número de instrumentos “Finishing”, outras alterações, segundo o fabricante, marcam o novo sistema como, uma ponta-guia mais arredondada sem ângulo de transição, garantindo, com isso, mais segurança durante o preparo do canal radicular. Alterações na geometria também foram feitas com o intuito de suavizar a transição entre os instrumentos (WEST, 2006), e a mudança na seção transversal dos instrumentos F3 (em formato de “U”) a fim de se buscar maior flexibilidade e segurança (SPANAKI-VOREADI; KEREZOUUDIS; ZINELIS, 2006).

Sistema BioRaCe

O sistema RaCe (Reamer with Alternating Cutting Edges) fabricado pela FKG-Dentaire, La-Chaux De Fonds, Suíça, foi introduzido comercialmente em 2001. Como principal característica, apresenta um desenho diferenciado, com pontos de contato e ângulos helicoidais alternados. Tal qualidade elimina o efeito de “rosqueamento” durante o preparo do canal radicular (LEONARDO, 2005) e mantém o instrumento centralizado no canal radicular, diminuindo o transporte apical (LEONARDO, 2005; LAURETTI; ISAAC, 2005). Possuem ainda ponta inativa e seção transversal triangular, proporcionando ausência de superfícies radiais, o que diminui sua massa metálica e confere maior capacidade de corte e flexibilidade.

Esse sistema possui também uma outra característica exclusiva, o polimento eletroquímico, que confere aos instrumentos uma superfície mais regular e sem defeitos, que podem permanecer após o processo de usinagem aumentando o risco de fratura (LOPES *et al.*, 2010).

Devido ao grande número de instrumentos nesse sistema, uma sequência reduzida foi proposta pelo fabricante, chamada de BioRaCe. Esses instrumentos de NiTi, possuem as mesmas características físicas dos instrumentos do sistema RaCe se diferenciando quanto a conicidade, tamanho e sequência de códigos (BONACCORSO *et al.*, 2009).

O sistema BioRaCe é composto por um kit básico contendo uma sequência de seis instrumentos. O primeiro, o BR0 (25 / .08), é utilizado para o preparo cervical. Os demais, BR1 (15 / .05), BR2 (25 / .04), BR3 (25 / .06), BR4 (35 / .04) e BR5 (40 / .04) são utilizados no comprimento de trabalho para o preparo total do canal radicular. Uma sequência estendida de instrumentos também compõe esse sistema, sendo dois instrumentos, BR4C (35 / .02) e BR5C (40 / .02), para canais com curvatura severa e dois, BR6 (50 / .04) BR7 (60 / .04), para canais radiculares amplos.

Uma modificação em relação aos demais sistemas de NiTi desenvolvidos até então, foi quanto a velocidade em que devem ser utilizados, passando a serem mais altas, entre 500 e 600 rpm.

Sistema Mtwo

A VDW lançou, no início da última década, o sistema Mtwo (VDW, Munique, Alemanha), apresentando instrumentos com secção transversal, em formato de S, caracterizando duas lâminas de corte com angulação ligeiramente negativa com um grande sulco entre elas. Esse design foi projetado para reduzir o núcleo metálico e aumentar a flexibilidade do instrumento. Além disso, apresentam lâminas com desenhos mais longos, quase verticais, com aumento progressivo da ponta para a haste do instrumento. Essa característica permite o mínimo de contato entre o instrumento e as paredes do canal, radicular diminuindo o risco de parafusamento e fratura, além de proporcionando uma maior área de escape de dentina (VELTRI *et al.*, 2005).

O sistema Mtwo é composto por oito instrumentos, com conicidades variando entre 4% e 7%. Os instrumentos estão disponíveis nos tamanhos e conicidades, 10/.04, 15/.05, 20/.06, 25/.06, no kit básico e, 25/.07, 30/.05, 35/.04 e 40/.04, no kit estendido que, de acordo com o fabricante, devem ser utilizados num único comprimento. Isso significa que, diferente dos outros sistemas rotatórios de NiTi, a sequência de instrumentação deve ser feita a partir do comprimento de trabalho e não no sentido “*crown-down*” (SCHÄFER; ERLER;

DAMMASCHKE, 2006).

Sistema Twisted File

Mais recentemente, um processo de manufatura diferente foi desenvolvido pela SybronEndo (Orange, CA, EUA) para fabricação do sistema Twisted File. Esse processo consiste basicamente na transformação da fase austenítica da liga em uma fase com estrutura cristalina diferente, chamada fase-R, alcançada com um processo de aquecimento/resfriamento (tratamento térmico recristalizador) que possibilita a torção do metal e confere aos instrumentos maior elasticidade e uma superior resistência à fadiga cíclica (GAMBARINI *et al.*, 2008; JOHNSON *et al.*, 2008; LARSEN *et al.*, 2009; TESTARELLI *et al.*, 2009). Esses instrumentos recebem ainda um condicionamento de superfície especial, por meio de um banho de oxidação, característica que confere o aumento na dureza do instrumento sem alterar a sua flexibilidade.

Todos os instrumentos Twisted File têm ponta de diâmetro 0,25 mm e conicidades variáveis em .04, .06, .08, .10 e .12 mm/mm. De acordo com o fabricante, o desenho dos instrumentos, a manufatura realizada durante a fase-R permitindo a torção do metal e o condicionamento da superfície dos instrumentos são as características responsáveis pelo aprimoramento desta nova geração de instrumentos de NiTi (GAMBARINI *et al.*, 2008).

Seguindo a mesma linha de utilização que o sistema BioRaCe, quanto a velocidades mais altas, o fabricante recomenda a utilização desse sistema a 500 ou 600 rpm, com uma utilização em torque elevado a (LEONARDO; LEONARDO, 2009).

2.4 Estudos comparativos utilizando os sistemas rotatórios em Níquel-Titânio (NiTi) de segunda geração

YOSHIMINE; ONO; AKAMINE, (2005) compararam o transporte do canal radicular produzido por três sistemas de NiTi rotatórios: ProTaper, K3 e RaCe. Utilizaram canais artificiais em blocos de resina, que foram preparados pela técnica “*crown-down*” até um instrumento de calibre 30. Foram obtidas imagens fotográficas pré e pós-operatórias e comparadas em um microscópio. O sistema ProTaper causou maior transporte do canal radicular, além da tendência em formar *zip* apical. Concluíram que os sistemas K3 e RaCe devem ser utilizados para o preparo apical em canais com curvaturas acentuadas.

GUELZOW *et al.*, (2005) compararam vários parâmetros referentes ao preparo dos canais radiculares e, entre eles, o diâmetro final das secções transversais dos canais. Para esse estudo, utilizaram os seguintes sistemas rotatórios de NiTi: FlexMaster, Sistema GT, Hero 642, K3, ProTaper e Race. Por meio de cortes transversais de 147 molares inferiores, puderam classificar as secções transversais dos canais em circular, oval ou irregular. Após os preparos, os autores concluíram que o sistema ProTaper produziu diâmetros maiores, mais ovais e circulares, enquanto os outros sistemas promoveram secções transversais mais irregulares. Puderam observar também que em todas as secções, principalmente em canais irregulares, foram encontradas áreas não instrumentadas.

PAQUÉ; MUSCH; HÜLSMANN, (2005), utilizando uma modificação da técnica de mufla-molde, estudaram os instrumentos de NiTi RaCe e ProTaper, comparando-os, dentre outros parâmetros, em relação à manutenção da curvatura dos canais e à incidência de erros operatórios. Os autores utilizaram raízes mesiais de molares inferiores, cujos canais foram preparados apicalmente com limas de diâmetro # 30. No preparo dos terços apical e médio não foram encontradas diferenças significativas. Os autores concluíram que ambos os sistemas respeitaram a curvatura original dos canais radiculares.

AL-SUDANI; AL-SHAHRANI, (2006) compararam os sistemas rotatórios ProFile, K3, e RaCe quanto à capacidade de manter o centro do canal e à possível ocorrência de transportes. Sessenta canais mesiais de molares inferiores tiveram suas raízes seccionadas horizontalmente a 3 mm, 5 mm e 8 mm a partir do ápice. Os dentes foram remontados e instrumentados, e as secções transversais foram escaneadas antes e após o preparo. Os resultados indicaram que os três sistemas utilizados foram capazes de preservar a estrutura de dentina. O sistema RaCe mostrou significativamente maior número de canais transportados.

SONNTAG *et al.*, (2007), analisaram o resultado do preparo dos canais radiculares realizados com os sistemas rotatórios de NiTi K3, Protaper e Mtwo. Cento e cinquenta canais radiculares artificiais curvos e 60 canais mesiais de molares inferiores humanos foram selecionados. No grupo dos canais artificiais curvos, todos os canais foram preparados até o instrumento de tamanho 35/.04 nos três sistemas. No grupo dos molares inferiores, os canais foram preparados com os um dos sistemas e preenchidos com cones de prata, foram radiografados e comparados pré e pós-preparo. Na comparação dos canais artificiais, o sistema Mtwo apresentou significativamente uma menor incidência de desvios e zips e um menor índice percentual de transporte do canal. No grupo dos molares inferiores não foram

encontradas diferenças significativas quanto ao transporte dos canais radiculares, demonstrando resultados similares entre os sistemas rotatórios.

AYDIN *et al.*, (2008) compararam a habilidade de modelagem dos instrumentos rotatórios de NiTi Hero e RaCe, em quarenta canais curvos artificiais em blocos de resina. Fotografias pré e pós-operatórias foram superpostas e as diferenças foram registradas. A quantidade de material removido foi mensurada nos limites internos e externos do preparo. Os instrumentos removeram praticamente a mesma quantidade de resina nos limites internos dos canais artificiais. O sistema RaCe removeu mais resina nos limites externos das curvaturas no terço apical, enquanto o sistema Hero removeu mais material nos limites externos dos terços médio e cervical. Os autores concluíram que os instrumentos Hero apresentaram maior capacidade de manutenção nas curvaturas dos canais artificiais.

PASTERNAK-JÚNIOR; SOUSA-NETO; SILVA, (2009), avaliaram, por meio da tomografia computadorizada (CT), o transporte do canal e o índice de centralização de canais méso-vestibulares curvos de molares superiores após o preparo biomecânico com instrumentos rotatórios RaCe de diferentes diâmetros apicais. Vinte e sete dentes foram submetidos a três exames tomográficos, um pré-operatório e dois após o seu preparo com as limas de diâmetro # 35 e # 50. Os autores concluíram que os instrumentos RaCe permitiram a instrumentação de canais radiculares curvos com diâmetro maior, com mínimo transporte do canal e capacidade adequada de centralização.

MADUREIRA *et al.*, (2010), compararam a habilidade dos sistemas rotatórios de NiTi, Profile GT, Profile, ProTaper, K3 e instrumentação manual em preparar canais artificiais em blocos de resina com dupla curvatura, em forma de S. Os canais foram fotografados e digitalizados antes e após o preparos, com instrumentos de diâmetros 25 e 35. Todos os canais tiveram uma tendência à retificação, que aumentou a medida que instrumentos mais calibrosos foram utilizados em ambas as curvaturas.

BERNARDES *et al.*, (2010), compararam por tomografia computadorizada o aumento da área do canal radicular promovido pelos sistemas EndoSequence e ProTaper. Vinte e dois canais mesiais de molares inferiores foram instrumentados. Os dentes foram montados numa base e escaneados antes e após os preparos com cada um dos sistemas. A área do canal radicular foi mensurada a 3, 5 e 7 mm do ápice radicular. Os autores observaram que ambos os sistemas ampliaram significativamente a área dos canais em todos os níveis. Na

comparação entre os sistemas rotatórios, o sistema EndoSequence, aos 3 mm, ampliou mais significativamente, porém nos demais níveis, não observaram diferenças entre os sistemas.

KUNERT *et al.*, (2010), avaliaram a ocorrência de transporte do canal radicular, após o uso dos instrumentos ProTaper Universal F3 e F4, utilizando o método de subtração de imagen radiográficas digitais. Vinte e cinco radiografias dos canais radiculares de primeiros molares superiores foram tomadas nos sentidos vestibulo-lingual e méso-distal. Os resultados revelaram um grau significativamente mais elevado de transporte do canal associado com instrumentos F4 quando comparados com os instrumentos F3, nas projeções vestibulo-lingual. Os autores concluíram que os instrumentos F3 devem ser usados com cuidado em canais curvos, e que os instrumentos F4 devem ser evitados no preparo do terço apical.

GERGI *et al.*, (2010), compararam o transporte do canal e a capacidade de centralização dos instrumentos rotatórios de NiTi Twisted File, Pathfile associado ao sistema Protaper e de instrumentos manuais tipo K, utilizando a CT. Menos transporte e uma melhor capacidade de centralização foram encontrados nas limas Twisted File, enquanto as limas tipo K apresentaram os maiores transportes. Concluiu-se que o sistema Twisted File mostrou um melhor comportamento em todas as variáveis deste estudo.

2.5 Metodologias empregadas para avaliação do preparo do canal radicular

GUTIERREZ; GARCIA, (1968), avaliaram o preparo de canais radiculares de incisivos inferiores e caninos, por meio da microscopia, e moldagem realizada com mercaptana (Permlastic). Na avaliação microscópica, num aumento de 40 vezes, não encontraram diferenças entre os canais instrumentados somente com alargadores ou com alargadores associados a limas. Nos modelos dos canais obtidos com mercaptana, observaram uma alta incidência de prolongamentos dos canais radiculares, semelhantes à barbatana de peixe, que se mantiveram intocados durante a instrumentação. Observaram ainda que as substâncias utilizadas para irrigação, soro fisiológico, hipoclorito de sódio e EDTA, se mantiveram depositadas ao longo das paredes do canal como pequenos cristais tornando mais difícil uma adequada obturação dos canais.

SCHNEIDER, (1971), analisou a forma de preparo do canal radicular obtido com movimento de alargamento em 29 dentes unirradiculados retos, moderada e acentuadamente curvos. Na análise da seção do preparo a 1 mm aquém do ápice radicular observou que 80%

dos canais retos apresentavam forma circular, enquanto que nos outros dois grupos somente 40 e 33%, respectivamente, possuíam esta forma. Ao nível de 5 mm, 40% dos canais retos e 10% dos moderadamente curvos apresentavam formas circulares, enquanto esta forma não foi encontrada em nenhum espécime dos canais acentuadamente curvos. Para demarcar o grau de curvatura das raízes, realizou tomadas radiográficas vestibulo-linguais e méso-distais, e traçou uma linha paralela ao longo do eixo do canal e uma segunda linha partindo do forame apical até o ponto de interseção com a primeira. O ângulo formado pelas duas linhas foi medido com um transferidor.

DAVIS; BRAYTON; GOLDMAN, (1972), afim de estudar a anatomia dos canais radiculares instrumentados de dentes extraídos, utilizaram modelos feitos a partir da injeção de silicone como material de moldagem. Com essa metodologia puderam observar tridimensionalmente muitas variações na anatomia dos canais radiculares após o seu preparo. Os autores observaram ainda pouca similaridade entre a anatomia dos canais instrumentados e a forma dos instrumentos utilizados durante o preparo, especialmente no terço apical. Sugeriram então que as técnicas tidas como padrão para a instrumentação tendiam a deixar uma porção considerável das paredes dos canais radiculares intocadas.

WEINE; KELLY; LIO, (1975) foram os primeiros a utilizar canais artificiais em blocos de resina com o objetivo de estudar as deformações que poderiam ocorrer em decorrência do preparo, comparando-os com dentes naturais extraídos. Para as análises, utilizaram fotografias dos canais artificiais e radiografias dos dentes extraídos. Nos canais artificiais, os autores observaram que nenhum dos preparos apresentou um formato cônico afunilado desde a embocadura até o ápice e que mesmo pré-curvadas, as limas, tiveram uma tendência de retificar-se no interior do canal radicular. Observaram os mesmos achados para a análise radiográfica dos dentes naturais, concluindo que a metodologia de canais artificiais apresentou-se como sendo um método válido para esse tipo de análise.

WALTON, (1976), utilizou o método de análise histológica para avaliar o preparo de canais radiculares instrumentados com movimentos de alargamento, limagem e pela técnica de preparo escalonado. Foram também examinados os preparos dos canais retos e curvos, totalizando 91 canais em 52 dentes. Os dentes foram instrumentados *in vivo*. Após o preparo dos canais radiculares, os dentes foram extraídos e processados para a análise histológica. Nas secções transversais e longitudinais, os melhores resultados foram observados, quando instrumentados, os dentes, pela técnica escalonada. Essa técnica foi significativamente mais

efetiva na remoção de resíduos apresentando as paredes dos canais retos mais lisas e mais limpas que as dos canais curvos.

HILL; DEL RIO, (1983), compararam histologicamente o preparo do canal realizado com a lima manual K-Flex e o sistema Dynatrak. Foram utilizadas 30 raízes mesiais de primeiros molares inferiores, dos quais se instrumentaram os canais linguais, sendo os canais méso-vestibulares mantidos como controle negativo. As raízes foram cortadas a cada 300 µm a partir do ápice anatômico, coradas e observados os cortes em microscópio de luz. A análise do alisamento das paredes dos canais foi feita por mensuração da porcentagem de pré-dentina e/ou dentina, removidas das paredes dos canais méso-linguais e comparadas com as paredes dos canais méso-vestibulares que não haviam sido instrumentadas. A análise estatística não evidenciou diferenças significativas entre os grupos na remoção de pré-dentina e/ou dentina radicular. Houve, no entanto, diferença estatisticamente significativa no tempo gasto para o preparo com o sistema Dynatrak, menor que o do outro grupo.

LIM; WEBBER, (1985), realizaram um estudo a fim de avaliar se o uso dos canais artificiais era um modelo de estudo válido. Os autores, compararam canais radiculares curvos de dentes humanos extraídos instrumentados com limas tipo K, quantitativamente e qualitativamente com canais obtidos em blocos de resina de poliéster instrumentados da mesma forma. Como resultados, observaram que canais com curvatura moderada apresentaram um preparo em forma de funil e canais acentuadamente curvos apresentaram uma alta incidência de preparos em forma de ampulheta. Os autores observaram não haver diferenças estatísticas entre os grupos com dentes extraídos e dos canais artificiais, concluindo que canais artificiais são um modelo experimental válido para o estudo do preparo dos canais radiculares.

SOUTHARD; OSWALD; NATKIN, (1987) descreveram uma metodologia, utilizando sobreposições radiográficas, que usa desenhos e imagens projetadas dos instrumentos, para avaliar a instrumentação dos canais radiculares. Utilizaram cinquenta dentes divididos em dois grupos: canais com curvatura em apenas uma direção e canais com curvatura em forma de "S". Os dentes tiveram os canais radiculares instrumentados pela técnica da força balanceada. Na análise da sobreposição radiográfica compararam o posicionamento dos canais com instrumentos # 20 a # 45, com a posição original dos canais com instrumentos # 10 ou # 15. Observaram que, com a lima # 45, a posição original do canal foi mantida em 40%, e com a lima # 40, essa porcentagem foi de 80%. Os autores concluíram

que uma efetiva instrumentação pode ser realizada com instrumentos com calibre até # 40, sem desvio significativo da posição original do canal.

LIM; STOCK, (1987) compararam os riscos de perfuração em canais curvos ao serem utilizadas a técnica “*step-back*” e a limagem anticurvatura. Sessenta molares inferiores foram usados. Um grupo de 30 dentes, sessenta canais não foram instrumentados; no outro grupo, 30 canais foram instrumentados pela técnica “*step-back*” e 30 com limagem anticurvatura. Os dentes foram seccionados a 5 e 8 mm aquém do ápice e foram medidas as distâncias do canal à parede mesial e do canal à parede da furca, com o auxílio de uma plataforma de microscópio com escala em micrômetro. Concluíram que: a curvatura média das raízes mesiais dos molares inferiores foi de 24,9°; os canais mesiais dos molares inferiores estão localizados mais próximos da parede da furca do que da superfície mesial, em ambos os níveis, 8 e 5 mm; após o preparo com ambas as técnicas, significativamente mais dentina foi removida da parede da furca do que da parede mesial no nível de 8 mm; diferenças significativas não ocorreram no nível de 5 mm; o risco de perfuração radicular para ambas as técnicas foi maior no nível de 8 mm do que no nível de 5 mm; 36% dos canais preparados com a técnica “*step-back*” apresentaram grande risco de “*stripping*” ou perfuração no nível de 8 mm; a técnica anticurvatura preservou maior quantidade de dentina na parede da furca do que a técnica “*step-back*”, reduzindo os riscos de perfuração, os resultados foram estatisticamente significativos; não foi encontrada correlação entre o grau de curvatura dos canais e os riscos de perfuração.

BRAMANTE; BERBERT; BORGES, (1987) considerando que a maioria dos estudos sobre a avaliação da eficiência da instrumentação do canal radicular era efetuada após este ter sido instrumentado, apresentaram uma metodologia capaz de comparar a anatomia do canal antes e após a instrumentação, permitindo identificar por meio de secções transversais a modificação anátomo-morfológica do canal radicular. Os autores idealizaram uma mufla em gesso pedra, com guias, onde um bloco de resina com dente incluído e seccionado em níveis predeterminados da raiz era inserido. Essa mufla permitia que as secções fossem fotografadas e depois remontadas para a instrumentação dos canais radiculares. Após a instrumentação, as secções foram novamente fotografadas, permitindo assim a comparação das imagens pré e pós-operatórias. Esse método, considerado simples pelos autores, permitiu uma análise qualitativa da instrumentação dos canais radiculares.

TACHIBANA; MATSUMOTO, (1990) avaliaram a aplicação da CT como ferramenta

para utilização na endodontia. Eles observaram a anatomia de dentes superiores e inferiores em adultos, bem como a sua relação com o ligamento periodontal e osso maxilar e mandibular, por meio de imagens obtidas de cortes sagitais e axiais. Os autores observaram que a principal vantagem da CT é a possibilidade de visualização de estruturas não identificadas pela radiografia convencional. Contudo, apesar de ser interessante a visualização das imagens dos canais radiculares em três dimensões, a CT tem seu uso limitado devido à falta de definição de detalhes da imagem, à alta dose de radiação, ao tamanho do equipamento, ao alto custo e ao tempo consumido.

SYDNEY; BATISTA; DE MELO, (1991), descreveram um método “*ex vivo*” para avaliação do preparo dos canais radiculares, chamado de plataforma radiográfica. Baseado na técnica de SCHNEIDER, (1971), o método consiste em obter a posição do instrumento antes e após o preparo do canal radicular num mesmo filme radiográfico. O objetivo da plataforma é observar a presença de desvio apical e a espessura das paredes dentinárias no sentido mesio-distal após a ampliação do canal radicular. Os autores observaram que a utilização da plataforma radiográfica é uma valiosa ferramenta como auxiliar para o ensino e para a pesquisa em endodontia.

BERUTTI, (1993), propôs um método para analisar as relações das paredes do canal radicular, antes e após os procedimentos de limpeza e modelagem. Para a obtenção das imagens, utilizou Micrografias de secções transversais de raízes mesiais de molares inferiores com intervalos de 1 mm. Essas imagens obtidas tiveram o contorno das secções selecionado digitalmente e transferido para um computador. Em seguida, utilizando um *software* foi possível reconstruir um modelo tridimensional da raiz com a imagem do canal radicular antes e após a instrumentação. Esse modelo experimental computadorizado proposto pelo autor mostrou permitir que secções de todos os tipos possam ser produzidas com grandes possibilidades para medições e análises.

GAMBILL; ALDER; DEL RIO, (1996) utilizaram a CT para avaliar o preparo de canais radiculares com limas manuais de NiTi, comparadas com as limas de aço-inoxidável. Trinta e seis dentes unirradiculares foram divididos em três grupos e submetidos à CT antes e após o preparo dos canais. As imagens tridimensionais dos canais não instrumentados foram comparadas com as imagens dos mesmos instrumentados. Os autores concluíram que os instrumentos de NiTi causaram significativamente menor transporte apical e produziram preparos mais centralizados do que os instrumentos de aço-inoxidável, além de removerem

significativamente menor volume de dentina. Os autores relataram que o sistema de imagens de CT forneceu um método reproduzível e não-invasivo para avaliação de alguns aspectos da instrumentação endodôntica.

PATEL, (2009) fez uma revisão de literatura sobre as aplicações da Tomografia Computadorizada Cone Beam (CBCT) e suas limitações. Dentre as aplicações destacaram o diagnóstico de fraturas verticais, traumatismo dental, detecção de lesões periapicais, planejamento cirúrgico e avaliação da anatomia apical. Quanto às limitações, observaram a inferior resolução da imagem à radiografia convencional. Outra limitação encontrada foi a dispersão do feixe de raios em objetos metálicos, como restaurações, prejudicando a visualização de estruturas adjacentes.

2.6 A Microtomografia computadorizada (micro-CT) como avaliação do preparo do canal radicular

Historicamente, uma grande variedade de técnicas e métodos experimentais tem sido descritas para a visualização e avaliação tridimensional do canal radicular (HESS, 1921; MEYER, 1955). Entretanto a maioria dessas metodologias apresentam limitações, como por exemplo a destruição da amostra e a impossibilidade de avaliar simultaneamente diferentes parâmetros do preparo do canal radicular (BRYANT *et al.*, 1998). Tais dificuldades levaram a uma crescente busca por novas metodologias que possibilitem avaliações quantitativas e qualitativas do preparo do canal radicular.

NIELSEN *et al.*, (1995), demonstraram a micro-CT como uma metodologia avançada para a pesquisa endodôntica. Quatro primeiros molares superiores extraídos foram escaneados por um microtomógrafo numa resolução de 127 µm, e instrumentados em seguida. Dois deles, foram ainda obturados antes de serem escaneados novamente para avaliação e comparação. Os autores observaram e destacaram vários recursos deste método, como apresentar as morfologias interna e externa dos dentes sem a necessidade de destruição das amostras, a visualização nas mudanças de área e volume após a instrumentação e a obturação dos canais, bem como quantificar o transporte do canal radicular após o preparo. Relataram ainda, esta se tratar de uma valiosa ferramenta na pesquisa endodôntica.

BJØRNDAL *et al.*, (1999), realizaram uma análise quantitativa da relação entre a anatomia interna e externa do canal radicular de molares superiores permanentes, utilizando a

micro-CT. Os autores concluíram que esta metodologia é uma importante ferramenta educacional devido à sua habilidade em demonstrar uma forte correlação entre o número, a posição e a secção transversal de canais radiculares, e entre a anatomia dos canais e a raiz. Os autores sugerem que a micro-CT seja utilizada para treinamento pré-clínico em endodontia.

RHODES *et al.*, (1999), estudaram a micro-CT como método de pesquisa para o estudo da área do canal radicular e da superfície externa dos dentes. Os molares inferiores foram escaneados, antes e após serem instrumentados, e em seguida as raízes foram seccionadas em cinco níveis pré-determinados, distantes 2,0; 3,0; 4,5; 6,0; 7,5 mm do ápice radicular. Imagens das secções transversais foram digitalizadas e comparadas com as imagens obtidas com a micro-CT, em relação às áreas internas e externas do canal radicular. Os autores encontraram uma alta significância de correlação entre as imagens, concluindo que a micro-CT é uma técnica reproduzível para avaliação tridimensional e não invasiva do sistema de canais radiculares.

PETERS *et al.*, (2000), pesquisaram o potencial e precisão de um método para detalhamento da geometria do canal radicular por meio da tomografia de alta resolução. A anatomia de canais radiculares de 12 molares superiores foi analisada por meio de um microtomógrafo com resolução de 34 µm. As áreas de superfície e os volumes de cada canal foram calculados por um método de triangulação e as médias determinadas. Concluíram que a geometria do canal radicular foi corretamente avaliada por esta técnica inovadora e, portanto, as variáveis e os índices apresentados podem servir de base para a análise da anatomia do canal radicular em pesquisas laboratoriais.

RHODES *et al.*, (2000), compararam duas técnicas de instrumentação, utilizando a micro-CT. Dez molares inferiores foram escaneados por um microtomógrafo, quinze canais foram instrumentados manualmente com limas NiTiFlex, seguindo a técnica das forças balanceadas, e os outros quinze canais foram preparados com os instrumentos rotatórios ProFile .04. O preparo apical para ambos grupos foi realizado até um instrumento de tamanho correspondente ao diâmetro # 25. O transporte do canal e as áreas de dentina removidas foram avaliadas a 2,0; 3,0; 4,5; 6,0 e 7,5 mm do ápice radicular. Os autores não encontraram diferenças estatisticamente significantes entre o grupos instrumentados manualmente e os instrumentos com ProFile .04.

BERGMANS *et al.*, (2001), demonstraram uma metodologia para avaliação

quantitativa da instrumentação dos canais radiculares por meio da micro-CT e um *software* desenvolvido com base em um modelo matemático construído. Um microtomógrafo foi utilizado para a obtenção de um conjunto de dados de um molar inferior, antes e após a instrumentação com o sistema ProFile .04. Para as análises, utilizaram um *software* em que foram feitas medições quantitativas e obtidas informações qualitativas adicionais. Além disso, cortes transversais virtuais dos dentes foram analisados em cinco níveis diferentes no canal méso-vestibular, para avaliar o raio, o transporte e a capacidade de centralização do instrumento. Os autores concluíram, esta ser uma metodologia nova e objetiva para avaliar quantitativamente a instrumentação dos canais radiculares.

PETERS *et al.*, (2001), realizaram um estudo comparando quatro técnicas de preparo de canais radiculares em molares superiores reconstruídos tridimensionalmente, por meio da micro-CT. Os autores utilizaram os sistemas de NiTi, LightSpeed, ProFile .04 e GT, e a técnica manual com limas tipo K de NiTi. Foram avaliadas as diferenças no volume de dentina removida, a proporção entre as áreas instrumentadas e as áreas não tocadas pelo instrumento e o transporte do canal. Como resultados, observaram uma diferença estatisticamente significativa entre os tipos de canais preparados (méso-vestibular, disto-vestibular e palatino), porém poucas diferenças foram encontradas na comparação do tipo de instrumento utilizado. Em relação ao transporte do canal, no terço apical não houve diferença entre as formas de preparo, e também nenhum padrão de direção foi encontrado.

BERGMANS *et al.*, (2002), compararam instrumentos flexíveis de eixo liso (Lighspeed) com instrumentos com eixo cônico (GT), no preparo de canais radiculares por meio da micro-CT. Para analisar os canais mesiais de molares inferiores, os dentes foram escaneados por um microtomógrafo, com uma resolução espacial de 30 μm . As amostras foram digitalizadas pré e pós-instrumentação e comparadas quanto à diferença no volume, à quantidade de dentina removida, ao transporte do canal e à capacidade do instrumento manter-se centralizado no canal. Os resultados indicaram que os instrumentos com eixos cônicos (GT) removeram significativamente mais dentina nos terços médio e apical que os de eixo liso (Lighspeed). Observaram ainda que ambos os grupos demonstraram algumas retificações, porém não foram significativas na comparação intergrupos. Como conclusões, observaram que os instrumentos com eixo liso não melhoraram as características morfológicas do preparo do canal radicular, quando comparado com instrumentos com eixos cônicos e que, portanto, a seleção de um sistema rotatório deve ser baseada em outros critérios.

BERGMANS *et al.*, (2003), avaliaram a instrumentação de canais mesiais de 10 molares inferiores utilizando um sistema com conicidade progressiva (ProTaper), e um sistema que possui conicidade constante (K3). Os dentes foram submetidos a exames por meio da micro-CT, e as imagens tridimensionais antes e depois da instrumentação dos canais foram comparadas. Foram obtidos valores numéricos para volume, curvatura, quantidade de dentina removida e centralização do canal e, adicionalmente, uma inspeção da forma do canal. Os autores concluíram que o sistema ProTaper removeu maior volume de dentina e obteve um maior deslocamento do canal em direção à zona de perigo.

PETERS *et al.*, (2003), utilizaram a micro-CT para avaliar o potencial dos instrumentos ProTaper em modelar canais radiculares amplos e constrictos. Onze molares superiores foram analisados quanto ao volume, área e transporte dos canais antes e após a modelagem. Segundo os autores, os instrumentos ProTaper se mostraram eficientes nos preparos dos canais constrictos e curvos, porém, em canais largos e amplos, não apresentaram resultados satisfatórios.

PAQUÉ; BARBAKOW; PETERS (2005), avaliaram por meio da micro-CT, o desempenho dos instrumentos em aço-inoxidável Endo-Eze AET na modelagem de canais radiculares de molares superiores. Todos os canais dos dentes foram avaliados antes e após os preparos, nos níveis cervical médio e apical, demonstrando significativamente um alto número de canais retificados nessa comparação. Com base nos resultados desta pesquisa, os autores não recomendam o uso desses instrumentos para o preparo de dentes com canais radiculares curvos.

LOIZIDES *et al.*, (2007) realizaram um estudo com o objetivo de avaliar e comparar os efeitos dos sistemas rotatórios Hero e ProTaper, na geometria dos canais radiculares, utilizando a micro-CT. Vinte e dois canais mesiais de primeiros molares inferiores foram escaneados antes e após o preparo com ambos os sistemas. Imagens das secções transversais de cada canal foram obtidas em intervalos de 2 mm e as diferenças antes e após a instrumentação em relação à área de secção transversal, ao perímetro de cada canal, e à extensão do transporte do canal, foram calculados com auxílio de um *software* para imagens. Os instrumentos Hero mostraram uma maior eficiência de corte em comparação com o sistema ProTaper a 8 mm, 6 mm e 4 mm do ápice, mas não a 2 mm. Ainda, o sistema ProTaper demonstrou uma maior tendência ao transporte apical.

CHEUNG; CHEUNG, (2008) avaliaram eficácia e a segurança do uso dos instrumentos de NiTi ProFile e Hero combinados, para o preparo de canais com forma de C, por meio da micro-CT. Foram avaliados o diâmetro do canal e a espessura de dentina remanescente ao longo do canal. Os resultados mostraram que somente algumas regiões isoladas das secções transversais do canal foram fisicamente preparadas pelos instrumentos rotatórios. Ainda, uma maior quantidade de dentina foi removida na parede externa do canal, no terço apical e, na parede interna, no terço cervical. Os autores concluíram que o preparo de canais em forma de C se torna incompleto quando são usados instrumentos rotatórios, devendo ser auxiliado por irrigação ultrassônica.

PAQUÉ; GANAHL; PETERS, (2009) verificaram a geometria promovida após o preparo apical de canais radiculares em molares superiores, utilizando a micro-CT. Cento e oitenta canais radiculares utilizados em estudos anteriores foram reavaliados para a análise dos 4 mm apicais modelados com os sistemas rotatórios FlexMaster, GT, Lightspeed, ProFile, ProTaper, e também com limas manuais do tipo K. O preparo apical foi realizado da seguinte maneira: canal mesio-vestibular (#40), canal disto-vestibular (#40), canal palatino (#45), com exceção do sistema GT, onde o término foi realizado com #20, e do sistema ProTaper, onde os canais méso e disto-vestibulares foram terminados com #25 e o canal palatino com #30. Os resultados demonstraram que o preparo com limas GT promoveu o maior índice de regiões não preparadas nos canais. Os autores concluíram que a diferença no desenho do instrumento também influencia diretamente no tipo de preparo de cada sistema.

GEKELMAN *et al.*, (2009), avaliaram *ex vivo* os preparos dos canais radiculares, realizados por estudantes, por meio de radiografia e micro-CT. Quarenta canais de molares inferiores foram divididos e instrumentados com os sistemas GT e ProTaper. Na análise radiográfica, foram observadas e medidas as curvaturas dos canais pré e pós-preparo, e cronometrado o tempo expendido para instrumentação dos canais radiculares. Por meio da micro-CT, foram avaliadas as alterações no volume, forma, superfície transversal e transporte dos canais radiculares. Nos resultados, os autores observaram que, radiograficamente, ambos os sistemas promoveram um índice similar de retificação dos canais radiculares. Quanto ao tempo, os preparos realizados com o sistema ProTaper foram significativamente mais rápidos que os com o sistema de GT. Na comparação por micro-CT, observaram um aumento no volume e área dos canais, além de preparos cônicos circulares, não havendo diferença entre os grupos.

SWAIN; XUE, (2009), revisando a literatura, destacaram os recentes avanços da micro-CT aplicada à pesquisa odontológica, observando suas aplicações na mensuração da espessura de esmalte, morfologia do canal radicular, avaliação de preparo do canal radicular, estruturas do esqueleto crânio-facial e engenharia de tecidos dentários, densidade mineral dos tecidos duros e, dentais e implantes dentários. Os autores ressaltaram ainda que essa técnica de produção de imagens de alta resolução constitui uma poderosa ferramenta para análises qualitativas e quantitativas em pesquisas em *ex vivo* e *in vivo*.

MOORE; FITZ-WALTER; PARASHOS, (2009) investigaram as mudanças no terço apical de canais radiculares após a instrumentação, comparando três técnicas: limas tipo K, utilizando a técnica de forças balanceadas; limas tipo K com a técnica das forças balanceadas e preparo apical com instrumento FlexMaster 0.04; e técnica híbrida ProTaper/FlexMaster. O método utilizado para análise foi a micro-CT, onde quarenta molares humanos foram escaneados antes e após a instrumentação e analisados quanto a quantidade de dentina removida, a forma final do canal e o transporte apical. Os autores concluíram que os instrumentos de NiTi removeram menor quantidade de dentina e resultaram em um menor transporte apical do canal original.

YIN *et al.*, (2010) utilizaram a micro-CT, para avaliar a eficácia dos instrumentos rotatórios de NiTi ProTaper e limas tipo K mais brocas de Gates-Glidden, na instrumentação de canais radiculares em forma de C. Afim de padronizar a anatomia, vinte e quatro molares inferiores foram reconstruídos tridimensionalmente e classificados em pares, divididos em dois grupos. Cada dente com canais de anatomia similar foi instrumentado por uma das técnicas e novas imagens foram obtidas e reconstruídas. O volume de dentina removida, a área do canal sem instrumentar e o tempo necessário para instrumentação foram investigados. Quanto ao volume de dentina removida e área instrumentada, a técnica manual utilizando limas tipo K mais Gates-Glidden apresentou melhores resultados que a técnica rotatória utilizando o sistema ProTaper. Em relação ao tempo necessário para a instrumentação, o grupo utilizando o sistema ProTaper foi significativamente mais rápido que o grupo da técnica manual.

PETERS; BOESSLER; PAQUÉ, (2010), realizaram um estudo para avaliar a capacidade de desgaste de dentina, por um novo instrumento de níquel-titânio chamado SAF, “self-adjusting file” ou “instrumento auto-ajustável”, na modelagem de canais radiculares. A análise foi feita por meio da micro-CT numa resolução de 20 µm, onde vinte incisivos

superiores divididos em dois grupos foram escaneados antes e após cada minuto de instrumentação dos canais radiculares. Cada canal, foi instrumentado por um tempo total de 6 minutos, por instrumentos com 1,5 mm de diâmetro no grupo um e 2 mm no grupo dois. As variações de volume dos canais foram comparados com os valores pré-operatórios, bem como, as áreas não instrumentadas foram determinadas. Para ambos os grupos, os volumes pré-operatórios dos canais radiculares foram estatisticamente semelhantes e a medida do volume dos canais foi aumentada com valores relativamente maiores para o grupo dois. Os autores observaram ainda que uma baixa porcentagem da superfície do canal radicular de dentes com raízes retas não foi instrumentada quando utilizado o SAF.

DI GIORGI, (2010), avaliou por meio da micro-CT, a espessura mínima radicular remanescente e o desgaste percentual do terço cervical em raízes mesiais de molares inferiores, após a instrumentação dos canais radiculares, com a sequência de instrumentos ProTaper Universal e técnica do instrumento único F2. Em cada dente, cada canal mesial foi instrumentado por uma técnica diferente. As amostras foram posicionadas em um dispositivo de montagem e digitalizadas antes e após serem instrumentadas. Para a análise dos resultados, foi utilizado, um sistema de processamento e análise digital das imagens (PADI) que mediu, automaticamente, a espessura mínima radicular nos 3,5 mm cervicais dos dois canais mesiais, antes e após a instrumentação. Como resultados, observaram que não houve diferença no desgaste da zona de risco produzido pelas duas técnicas de instrumentação testadas. Em todos os casos a espessura radicular remanescente permaneceu dentro de uma margem de segurança, não havendo caso de rasgo ou perfuração. Dessa forma, ambas as técnicas estudadas foram consideradas seguras quanto ao desgaste da zona de risco da raiz mesial dos molares inferiores.

FREIRE, (2010), comparou a qualidade do preparo de canais curvos, instrumentados pelos sistemas rotatórios Twisted File e EndoSequence a 2, 3,5 e 5 mm do ápice radicular, quanto à habilidade em manter o canal centralizado, analisando a extensão e a direção dos eventuais transportes e o índice de centralização do instrumento, por meio do método proposto por BRAMANTE; BERBERT; BORGES, (1987), modificado e micro-CT. Em ambos os tipos de análises, o transporte do canal e o índice de centralização do instrumento para os sistemas Twisted File e EndoSequence foram semelhantes, havendo diferença estatisticamente significativa apenas na análise por micro-CT, aos 3,5 mm, quando o sistema Twisted File apresentou-se melhor. Ambos sistemas rotatórios utilizados produziram baixos índices de desvios, porém, ocorreram tanto para o sentido mesial, quanto para o sentido distal,

sendo eles menos frequentes na análise por micro-CT.

PETERS; PAQUÉ, (2011), descreveram as propriedades dos instrumentos de NiTi, SAF, utilizados no preparo de canais radiculares de molares superiores, avaliados por meio da micro-CT numa resolução de 20 μ m. Os canais foram instrumentados com o SAF, que foi operado com irrigação contínua em uma peça de mão que realiza movimentos vibratórios e de entra-e-sai. As alterações nos volumes do canal, área não instrumentada, e geometria dos cortes transversais foram comparados entre os valores pré e pós-operatórios. Os autores obtiveram resultados similares aos encontrados por PETERS; BOESSLER; PAQUÉ, (2010), observando que nas análises *ex vivo*, utilizando o instrumento SAF, os canais dos molares superiores foram preparados de forma homogênea e circunferencial com pequeno transporte do canal.

ENDAL *et al.*, (2011) estudaram de forma tridimensional a área do istmo do sistema de canais radiculares mesiais em molares inferiores, utilizando, tomografia de alta resolução, (micro-CT). Os autores compararam a quantidade de detritos presente na região dos istmos antes e após a instrumentação/irrigação e de material obturador após a obturação. Antes e após cada etapa do tratamento dos canais radiculares, os dentes foram escaneados numa resolução de 11 μ m e as imagens foram segmentadas e quantificadas. A porcentagem média, da área de superfície e volume do istmo após a instrumentação, foi de 21,4% e 9,4%, respectivamente. Cerca de 35,2% do volume dos istmos apresentou presença de detritos após a instrumentação/irrigação. A porcentagem média de volume de material obturador nas áreas de istmo foi significativamente menor (57,5%) que nos canais principais (98,5%). Os autores observaram a micro-CT, como uma ferramenta valiosa na avaliação da presença de detritos provocados pelo preparo biomecânico dos canais radiculares, podendo, no futuro, esse tipo de análise permitir a determinação da quantidade de biofilme nas regiões periféricas do sistema de canais radiculares antes e após o tratamento endodôntico.

3 PROPOSIÇÃO

3 PROPOSIÇÃO

Considerando a importância da limpeza e conformação do sistema de canais radiculares e os questionamentos levantados durante a revisão da literatura, esse trabalho propõe-se avaliar comparativamente em micro-CT a qualidade do preparo de canais mesiais de molares inferiores realizados pelos sistemas rotatórios de níquel-titânio ProTaper, Mtwo, BioRaCe, e Twisted File, observando as seguintes características:

- 3.1 O grau de desvio provocado e a quantidade de dentina removida por cada sistema, rotatório comparando a espessura mínima de dentina radicular remanescente nas paredes do canal radicular antes e após instrumentação.
 - 3.2 A capacidade dos instrumentos rotatórios de NiTi em manter o canal centralizado observando o transporte do canal radicular.
 - 3.3 As variações do canal radicular quanto ao volume apical e total antes e após sua instrumentação.
-

4 MATERIAL E MÉTODOS

4 MATERIAL E MÉTODOS

O projeto do presente trabalho foi encaminhado e “aprovado” junto ao Comitê de Ética e Pesquisa da FOB-USP, sob o protocolo nº 131/2010 (Anexo).

4.1 Seleção da amostra:

Foram selecionados para esse estudo 66 (sessenta e seis) dentes molares inferiores extraídos com indicação terapêutica e conservados em formalina (solução de formol a 10%). Todos os dentes foram radiografados por meio de um aparelho de raio-X odontológico modelo Heliodent (Siemens, Malvern, PA) com 60 kVp, 10 mA e 0.4 segundos de exposição, para a visualização e medição do grau de curvatura da raiz mesial. Para cada tomada radiográfica foram utilizados filmes radiográficos Insight (Kodak), as imagens foram digitalizadas, utilizando-se um scanner HP Scanjet v4050 (Hewlett-Packard Development Company, CA, EUA), e salvas no formato de arquivo TIFF. A padronização das curvaturas foi definida pelo método de SCHÄFER; LOHMANN, (2002), onde a curvatura dos canais foram determinadas levando em consideração o ângulo de curvatura de acordo com SCHNEIDER, (1971) e o raio de curvatura de acordo com PRUETT; CLEMENT; CARNES, (1997), para isso foi utilizado o *software* ImageJ (National Institute of Health, EUA). Foram selecionados os dentes com canais com ângulo de curvatura entre 20° e 35° e raio de curvatura menor que 10 mm. Utilizando ainda o mesmo *software*, as imagens dos dentes foram medidas com uma linha reta a partir da cúspide mésio-vestibular até o ápice (vértice) da raiz mesial afim de padronizar os dentes quanto ao seu tamanho, estabelecido entre 19 e 21 milímetros (mm) de comprimento.

Dentes com curvaturas excessivas, com comprimento maior ou menor que as medidas estabelecidas, calcificações pulpares, tratamento endodôntico anterior, reabsorções e fraturas radiculares foram descartados. Os dentes foram limpos utilizando-se curetas periodontais e ultrassom (Jetsonic Quatro; Gnatus, Ribeirão Preto, SP, Brasil) para a remoção de restos de tecidos e cálculos dentais.

Foi realizada a abertura coronária segundo BERBERT; BRAMANTE;

BERNARDINELI, (1980) com pontas diamantadas 1014 e 1015 (KG Sorensen, São Paulo, SP Brasil) em alta rotação para a trepanação da câmara pulpar e 3082 (KG Sorensen, São Paulo, SP Brasil) para remoção do teto e dar forma de contorno, conveniência e alisamento das paredes circundantes. Em seguida os dentes foram mergulhados em solução de hipoclorito de sódio a 1% por 24 horas e lavados em água corrente por 10 minutos.

Para a exploração dos canais mesiais, foram utilizados instrumentos tipo K número 08 e 10 (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Suíça), o instrumento foi introduzido no canal radicular até que a sua extremidade fosse vista através do forame apical. Para isso foi utilizado um estereomicroscópio (Stemi 2000, Carl Zeiss, Munique, Alemanha) com cinco vezes de aumento. Essa extensão penetrada pelo instrumento, foi medida, e dela subtraiu-se 1 mm, determinando assim o comprimento de trabalho.

4.2 Preparo da amostra:

4.2.1 Preparo da fôrma para a confecção do molde de silicone

Foi selecionado um pote plástico de filme fotográfico (Fujifilm, Minato, Tóquio, Japão) sem tampa, medindo 4,9 cm de altura, 3,2 cm de espessura e 10 cm de diâmetro, e um frasco em poliestireno incolor (J-07, Injeplast, São Paulo) também sem tampa, medindo 3 cm de altura, 2,1 cm de espessura e 6,8 cm de diâmetro. Para a fixação do frasco incolor no interior do pote plástico foi utilizado Superbonder (Loctite, Henkel, São Paulo), o qual aplicado na embocadura de toda a base do frasco e levada ao interior do pote plástico mantendo-o mais centralizado possível por 2 minutos (Ver Figura 1).

4.2.2 Preparo do molde de silicone para a confecção de bases em resina acrílica

Confeccionada a fôrma, foram manipuladas 100 gramas (g) de silicone (Siquiplás Ind. Com., São Paulo, SP) com 3 g de catalizador num pote de vidro Paladon (Preven, Londrina, Paraná) até a obtenção de uma pasta homogênea e sem bolhas. Essa pasta foi despejada na fôrma plástica até cobrir 1 cm acima do frasco incolor no seu interior. Aguardou-se então 24 horas para que se tivesse a reação química total e o endurecimento do silicone para posterior remoção do molde. (Ver Figura 1)

4.2.3 Posicionamento dos dentes e confecção de bases em resina acrílica

Visando manter os dentes na mesma posição durante as leituras no microtomógrafo foi confeccionado uma base em resina acrílica de acordo com PETERS; SCHÖNENBERGER; LAIB, (2001). Foi aplicada na superfície externa de todo o dente, incluindo o ápice radicular, uma camada de vaselina. Cada dente foi colado com Superbonder (Loctite, Henkel, São Paulo), à ponta de trabalho de um delineador para próteses removíveis (Bio-art, São Carlos, São Paulo), com o intuito de manter o dente fixo para ser inserido na base de resina acrílica. Foi preparada uma porção da resina acrílica incolor autopolimerizável (Vipi Flash, Vipi, Pirassununga, São Paulo), misturando-se o pó e o líquido dentro do molde de silicone. Posicionou-se esse molde, com a resina na base do delineador, baixando a ponta de trabalho com o dente previamente fixado, inserindo-o até a junção cimento-esmalte (JCE). O dente foi mantido nesta posição até a completa polimerização da resina. (Figura 1).

Após a polimerização, a base de resina contendo o dente foi removida do molde e numerada com caneta para retroprojektor (Faber-Castell, Manaus, Amazonas). Cada base recebeu ainda duas marcações, feitas com a mesma caneta, com o intuito de padronizar o posicionamento das amostras para obtenção das imagens no microtomógrafo, na pré-instrumentação e pós-instrumentação. (Figura 1).

Figura 1 – (A-B) Pote plástico de filme radiográfico e frasco de poliestireno visão lateral e superior. (C-D) Aplicação de Superbonder na embocadura e posicionamento do frasco de poliestireno no interior do pote de filme radiográfico. (E-F) Manipulação do silicone e confecção da fôrma. (G) Dente fixado na ponta do delineador posicionado no interior do molde contendo resina acrílica. (H) Amostra em base de resina terminada a polimerização. (I-J) Marcação e numeração das bases em resina.

4.3 Microtomografia computadorizada

4.3.1 Aquisição das imagens

Para a avaliação pré e pós-operatória dos canais radiculares foi utilizada a micro-CT. Para a produção das imagens e cortes tomográficos, utilizou-se um Microtomógrafo Skyscan modelo 1076 (Skyscan, Kontich, Bélgica) (Figura 2), localizado no laboratório de Nanobiotecnologia do departamento de Morfologia e Genética do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade de Brasília.

O aparelho Skyscan 1076, é composto por um tubo de raios-X de microfoco, com fonte de alta tensão (de 20 até 100 kV/0-250 μ A), um detector baseado em uma câmera-CCD (Charge Coupled Device) especial de raio-X, de 10 Megapixel (4000 x 2300 pixels), ligado a um sensor-CCD, conectados a um computador Dell (Dell, Eldorado do Sul, RS, Brasil) Processador Dual Intel Xeon 3.0GHz (512KB cache), 400MHz system bus, 4GB PC800 RAM, 1.8TB HD, para a aquisição de dados, conectado por uma rede a um cluster de computadores, cuja função é a reconstrução das imagens tomográficas (Figura 2). Acompanha o aparelho, um software que controla todo o sistema e capta as imagens, e um outro software para a reconstrução das imagens adquiridas.

Para a captura das imagens, as amostras foram posicionadas na horizontal sobre um suporte de isopor inserido em uma bandeja porta-amostra de 30 cm, com as coroas dos dentes voltadas todas para o mesmo lado (Figura 2). Foi possível posicionar na bandeja oito amostras por vez, sendo o escaneamento de cada uma separados. Com as amostras inseridas no microtomógrafo, o software Skyscan 1076 (Skyscan, Aartselaar, Bélgica), realizou automaticamente uma fotografia segmentada. Cada imagem de amostra foi selecionada individualmente para a formação do “*batch scan window*”, o qual organiza uma fila onde cada amostra é capturada digitalmente.

Previamente ao início da pesquisa, foi feito um estudo piloto padronizando-se alguns parâmetros na aquisição das imagens, demonstrados no quadro (Tabela 1) a seguir:

Tabela 1 – Parâmetros utilizados na obtenção das imagens no Microtomógrafo

Parâmetros	Skyscan 1076
Potência da fonte de raio-X	100 kV e 100 μ A
Filtro	Alumínio 1 mm
Tamanho do pixel	18.1 μ m
Rotação do tubo de raio-X/detector	180°
Passo de rotação	0.3°
Frame Averaging	4
Tempo de exposição	4 segundos
Tempo de escaneamento	33:42 minutos

Figura 2 – (A) Aparelho de Microtomografia Computadorizada Skyscan 1076 utilizado no estudo. (B) Componentes internos do aparelho Skyscan 1076. (C) Cluster de computadores ligados por uma rede para a reconstrução das imagens adquiridas pelo Microtômografo. (D) Posicionamento das amostras na bandeja porta-amostra.

Os dados gerados após o escaneamento consistem em um grupo de imagens radiográficas, cortes sagitais (secções longitudinais) em angulações distintas, a cada 0,3°. As imagens geradas foram arquivadas num formato TIFF, totalizando 658 imagens bidimensionais de cada amostra salvas em um disco rígido.

4.3.2 Reconstrução das imagens:

Após a obtenção, realizou-se a reconstrução das imagens. Essa reconstrução foi feita a partir das imagens em diferentes projeções angulares por meio de um algoritmo de reconstrução de feixe cônico de Feldkamp modificado, que é processado num cluster de computadores (Figura 2) e controlado por um software, NRecon (Skyscan, Aartselaar, Bélgica). As imagens reconstruídas como imagens de cortes axiais (secções transversais) foram salvas em formato de arquivo BMP. Como parâmetros para a reconstrução foram utilizados (Tabela 2):

Tabela 2 – Parâmetros utilizados na reconstrução das imagens.

Parâmetros	NRecon
Postalignment	-0.50
Smoothing	2
Tamanho do pixel	18.1 µm
Ring Artifact Correction	11
Beam Hardening Correction	51%
Tempo de reconstrução	14:12 minutos

4.3.3 Padronização da anatomia interna dos dentes a ser avaliados.

Ao término da obtenção das imagens pré-operatórias, as amostras foram removidas da bandeja porta-amostra, hidratadas numa bacia com água por 24 horas e submetidas a instrumentação dos canais radiculares. Dois avaliadores dividiram os 66 dentes que possuíam anatomia dos canais mesiais similares. Os dentes foram agrupados de acordo com YIN *et al.*, 2010 e selecionados apenas 4 grupos contendo dez amostras cada. Para a seleção das amostras foi observado: o tipo de assoalho da câmara pulpar (MIN *et al.*, 2006), configuração da anatomia interna em 3D (GAO *et al.*, 2006), e o número de canais e forames apicais (Figura 3).

Figura 3 – Imagens obtidas por micro-CT e reconstruídas em 3D para a visualização e padronização das amostras segundo a anatomia dos canais radiculares.

4.4 Divisão dos grupos experimentais

Cada grupo contendo dez amostras foi instrumentado com a sequência de um sistema rotatório de NiTi.

Grupo I - ProTaper Universal (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça)

Grupo II - Mtwo (VDW, Munique, Alemanha)

Grupo III - BioRaCe (FKG Dentaire, La Chaux-de-Fonds, Suíça)

Grupo IV - Twisted File (SybronEndo, Orange, CA, Estados Unidos)

Figura 4 – Sequência dos instrumentos utilizados na instrumentação de cada grupo. (A) ProTaper Universal. (B) Mtwo. (C) BioRace. (D) Twisted File.

4.5 Instrumentação dos canais radiculares

Conforme dito anteriormente, para todos os grupos o comprimento de trabalho foi de 1 mm aquém do comprimento real do canal. A solução irrigadora utilizada foi o hipoclorito de sódio a 2,5%, utilizando para isso uma seringa com volume de 3 ml e agulha de calibre 29 Gauge, NaviTip (Endo-Eze NaviTip, Ultradent, Brasil). A irrigação foi abundante antes, durante e após a instrumentação sendo feita com 1 ml a cada troca de instrumento, e 3 ml ao final do preparo de cada canal radicular. Foi feita ainda, uma irrigação com 3 ml de EDTA a 17% e 5 ml de solução fisiológica.

Para todos os grupos, a exploração ou cateterismo dos canais radiculares, foi realizada manualmente com uma lima tipo K 15, enquanto que os instrumentos rotatórios de NiTi dos diferentes sistemas foram acionados por um contra-ângulo redutor e motor elétrico X-Smart (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça) com torque e velocidade preconizados por cada fabricante dos sistemas rotatórios.

Ao final do preparo químico-mecânico, os canais foram aspirados com uma cânula de aspiração plástica, Capillary Tip (Endo-Eze Capillary Tip, Ultradent, Brasil) e secos com

pontas de papel absorvente estéreis. As câmaras pulpares foram então seladas com cimento provisório Cavit (3M ESPE, Seefeld, Alemanha).

4.5.1 Grupo I – Sistema ProTaper Universal (Dentsply Maillefer)

Os canais foram instrumentados com uma velocidade de rotação fixada em 300 rpm. A técnica seguida foi a sequência recomendada pelo fabricante.

Preparo dos terços cervical e médio: foi realizado com instrumento S1 (anel roxo, ponta 18, 25 mm de comprimento), no terço cervical, SX (haste dourada, ponta 19, comprimento 19 mm) e S2 (anel branco, ponta 20 e comprimento 19 mm), nos terços cervical e médio do canal. Todos instrumentos utilizados para modelagem (S1, S2 e SX) foram usados com movimentos de pincelamento na direção da parede oposta à região de furca.

Preparo apical: iniciado com os instrumentos S1 e S2 até o comprimento de trabalho, seguido dos instrumentos F1 (anel amarelo, ponta 20, conicidade da ponta .07) e F2 (anel vermelho, ponta 25, conicidade da ponta .08). Os instrumentos de acabamento (F1 e F2) foram retirados do canal logo que chegaram ao comprimento de trabalho.

4.5.2 Grupo II – Mtwo (VDW)

Os canais foram instrumentados de acordo com o fabricante, em uma técnica de conformação simultânea, onde o primeiro e os demais instrumentos são utilizados em toda a extensão do canal radicular. A velocidade de rotação foi fixada em 250 rpm e torque específico recomendado para cada instrumento.

Preparo do canal: conforme as instruções do fabricante, todos os instrumentos foram levados ao comprimento de trabalho na seguinte sequência, 10/.04 (anel roxo) que foi aplicado contra a parede oposta à furca num movimento de pincelamento, 15/.05 (anel branco), 20/.06 (anel amarelo) e 25/.06 (anel vermelho).

4.5.3 Grupo III – BioRaCe (FKG Dentaire)

A velocidade de rotação para a instrumentação dos canais desse grupo foi fixada em 500 rpm e o preparo do canal foi feito no sentido coroa-ápice.

Preparo do terço cervical: foi realizado com instrumento BR0 (haste lisa e stop de borracha branco, ponta 25, conicidade .08 e 19 mm de comprimento). Este instrumento foi utilizado no terço cervical com movimentos de pincelamento contra a parede oposta à região de furca.

Preparo apical: nessa fase, foram empregados os instrumentos BR1 (haste com uma marcação, stop amarelo, ponta 15, conicidade .05 e comprimento de 25 mm), BR2 (haste com duas marcações, stop vermelho, ponta 25, conicidade .04 e 25mm de comprimento) e BR3 (haste com três marcações, stop azul, ponta 25, conicidade .06 e 25mm de comprimento), todos atingindo o comprimento de trabalho.

4.5.4 – Twisted File (SybronEndo)

Conforme recomendado pelo fabricante, o preparo dos canais radiculares deste grupo, foi feito no sentido coroa-ápice. A velocidade de rotação para a instrumentação foi também fixada em 500 rpm.

Preparo do canal: o primeiro instrumento utilizado foi o 25/.08 (anel superior azul), até encontrar resistência no canal radicular. O seguinte instrumento foi 25/.06 (anel superior laranja), também até encontrar resistência e o instrumento 25/.04 (anel superior verde) até atingir o comprimento de trabalho. O alargamento do canal foi feito com os instrumentos 25/.06 e 25/.08 atingindo também esse comprimento.

Em todos os grupos, os instrumentos utilizados para o preparo das porções média e apical, dos canais radiculares, foram introduzidos com movimentos lineares de vai-e-vem, sem pressão apical até atingir o comprimento de trabalho pré-estabelecido. Quando o instrumento prendia-se no canal, o dispositivo de auto-reverso era acionado automaticamente. Nesse caso, novos movimentos de vai-vem eram iniciados até atingir o comprimento pré-estabelecido. Cada instrumento de cada sistema foi utilizado em três dentes, nos canais méso-vestibular e méso-lingual, totalizando seis canais.

4.6 Metodologia para avaliação dos resultados

Após concluído o preparo dos canais radiculares, as amostras foram posicionadas na bandeja porta-amostra do microtomógrafo e novas imagens foram obtidas tomando-se o cuidado de seguir os mesmos parâmetros citados na fase pré-operatória.

As análises foram divididas em duas etapas. Uma bidimensional, na qual foram utilizadas secções transversais (Figura 5), para as medições e comparações das imagens correspondentes pré e pós-operatórias, onde foram avaliados o transporte do canal, a espessura mínima de dentina radicular remanescente, a área e o perímetro do canal. A outra etapa da análise foi tridimensional, avaliando os volumes apical e total, pré e pós-instrumentação dos canais radiculares.

As secções obtidas para as análises bidimensionais foram a 2 mm aquém do ápice radicular e a 2 mm abaixo da bifurcação. As três demais foram obtidas da divisão entre a distância das duas primeiras por três, totalizando 5 secções (Figura 5).

As secções transversais, foram exportadas para o *software* Keynote e o centro de cada canal radicular (mésio-vestibular e mésio-lingual), nos cinco níveis de seccionamento, foi localizado por meio da contagem do número de pixels de acordo com (HARTMANN *et al.*, 2007). As imagens pré e pós-operatórias, em cada um dos cinco níveis, foram sobrepostas de acordo com o alinhamento exato dos contornos externos radiculares de ambas as imagens. A opacidade das imagens pós-operatórias foi ajustada em 50%, medindo-se a espessura mínima de dentina remanescente e o transporte do canal.

4.6.1 A espessura mínima de dentina radicular remanescente

A partir do centro dos canais radiculares foram traçadas quatro retas ou linhas guia por canal radicular, sendo todas em pares, paralelas no mesmo sentido (uma no canal mésio-vestibular e uma no canal mésio-lingual), com exceção da linha no sentido vestibulo-lingual. Essas linhas guia em cada canal foram posicionadas de forma que todas tivessem um ângulo de 45° para cada direção. Esse recurso foi utilizado a fim de padronizar as medições exatas pré e pós-operatórias (Figura 5). As imagens foram exportadas como TIFF e analisadas com o *software* ImageJ (National Institute of Health, EUA).

Em cada secção transversal, foram obtidas oito medidas em (mm) de dentina remanescente de cada canal antes e após a instrumentação (Figura 5). O confronto entre as medidas pré e pós-operatórias indicou qual região foi mais desgastada em cada um dos cinco níveis do canal radicular.

Adicionalmente foi medida a quantidade de dentina removida pelos instrumentos rotatórios nas 8 direções nos 5 níveis ao longo da raiz, utilizando a fórmula ($D_{\text{removida}} = D_{\text{pré}} - D_{\text{pós}}$).

4.6.2 Transporte do canal

O transporte do canal correspondeu ao desvio do ponto central do canal radicular após a sua instrumentação. Para essa análise, em cada secção transversal foi posicionada no ponto central do canal radicular um ponto de cor vermelha nas imagens pré-operatórias e um ponto verde nas pós-operatórias (Figura 5). A coincidência entre os pontos vermelho e verde indicou ausência de transporte do canal. Quando os pontos vermelho e verde não foram coincidentes, a distância entre eles foi medida e utilizada para quantificar o transporte do canal (em mm) produzido por cada sistema rotatório conforme HARTMANN *et al.* (2007); OZER, (2011).

O transporte do canal radicular foi medido entre esses pontos. Essas imagens seccionais foram exportadas como TIFF e analisadas também com o *software* ImageJ (National Institute of Health, EUA).

Figura 5 – (A-B) Secções transversais nos cinco níveis. A 2 mm aquém do ápice radicular, a 2 mm abaixo da bifurcação e as três demais obtidas do valor entre as duas primeiras dividido por três. (B-C) Linhas guia para padronização das medições pré e pós-operatórias em 8 sentidos. (D) Centralização do canal pré e pós-instrumentação e sobreposição das imagens para a medição entre as distâncias.

Para as análises tridimensionais, volume apical e total do canal radicular, foi utilizado o software CTAnalyser (CTan, versão 1.8.1.5, Skyscan, Aartselaar, Bélgica).

4.6.3 Avaliação do volume do canal

O volume do canal (V) foi calculado de acordo com a ferramenta 3D Analysis do *software* CTan. Essa medida foi obtida entre os 1º mm apical e o 2º mm abaixo da bifurcação radicular (Figura 6).

4.6.4 Avaliação do volume apical do canal

O medida do volume apical foi calculada a partir da análise das medidas obtidas entre os 1º mm e 3º mm aquém do ápice radicular antes e após o preparo do canal radicular (Figura 7).

Figura 6 – (A) Volume apical do canal radicular pré-instrumentado. (B) Volume apical do canal radicular pós-instrumentado. (C-D) Sobreposição das imagens do volume apical pré e pós-instrumentação dos canais radiculares.

Figura 7 – (A) Volume do canal radicular pré-instrumentado. (B) Volume do canal radicular pós-instrumentado. (C) Sobreposição das imagens do volume pré e pós-instrumentação dos canais radiculares.

4.7 Análise estatística

Para a análise estatística foi, utilizado o programa GraphPad Prism 5 (GraphPad Software Inc, La Jolla, CA, EUA). O nível de significância foi fixado em $P < 0.05$. Para as comparações múltiplas entre os grupos para os critérios, como transporte do canal e quantidade de dentina removida, foi utilizado o teste de Kruskal-Wallis Dunn. As diferenças encontradas entre as amostras pré e pós-instrumentação foram determinadas utilizando o teste não-paramétrico de U-Mann Whitney para os critérios, espessura mínima de dentina radicular remanescente e volumes total e apical dos canais radiculares.

5 RESULTADOS

5 RESULTADOS

Os valores obtidos nas análises de espessura mínima de dentina radicular remanescente e o transporte do canal radicular foram expressos em (mm). Os dados referentes aos volumes, total e apical, foram demonstrados em milímetros cúbicos (mm³).

Os resultados obtidos nesse estudo foram expressos por mediana e por valores máximo e mínimo (variáveis quantitativas).

5.1 Espessura mínima de dentina radicular remanescente e quantidade de dentina removida

As tabelas 3 a 5 apresentam os valores referentes à espessura mínima de dentina radicular remanescente antes e após o preparo dos canais radiculares com os sistemas rotatórios de NiTi, nas oito direções, nos cinco níveis avaliados. O teste não paramétrico de U-Mann Whitney demonstrou diferenças estaticamente significantes na comparação dos sistemas rotatórios nos níveis 4 e 5 ($P < 0,05$).

A quantidade de dentina removida ($D_{\text{removida}} = D_{\text{pré}} - D_{\text{pós}}$) e as diferenças estatísticas pelo teste de Kruskal Wallis Dunn ($P < 0,05$) estão apresentadas nas tabelas 6 a 8. Em geral foram encontradas diferenças estatísticas entre os diferentes sistemas rotatórios nos níveis 1 e 2 principalmente para o lado externo da curvatura e no nível 4 para a zona de segurança do terço cervical (direção 6).

As imagens representativas à espessura mínima de dentina radicular remanescente e a quantidade de dentina removida estão nas apresentadas nas figuras 8, 9, 10 e 11.

Tabela 3. Valores (Mediana, mínimo e máximo) referentes a quantidade de dentina remanescente em mm, antes e após preparo dos canais radiculares nas oito direções avaliadas nos níveis 1 e 2. Os números em negrito apresentam os valores onde houve diferenças estatísticas significantes ($P < 0.05$), os demais valores não foram estatisticamente significantes na comparação pelo teste de U-Mann Whitney ($P > 0.05$).

Nível 1	ProTaper		Mtwo		BioRaCe		Twisted File	
	Pré	Pós	Pré	Pós	Pré	Pós	Pré	Pós
1	1,25 (0,88 - 1,94)	1,17 (0,88 - 1,94)	1,49 (0,80 - 2,23)	1,45 (0,80 - 2,20)	1,50 (1,17 - 2,18)	1,49 (1,13 - 2,18)	1,57 (1,05 - 2,38)	1,57 (1,04 - 2,38)
2	1,09 (0,79 - 1,55)	1,09 (0,79 - 1,55)	1,24 (0,69 - 2,14)	1,24 (0,67 - 2,13)	1,41 (1,11 - 1,66)	1,41 (1,11 - 1,66)	1,29 (0,93 - 1,80)	1,29 (0,91 - 1,80)
3	0,90 (0,67 - 1,42)	0,90 (0,67 - 1,42)	1,03 (0,60 - 1,66)	0,99 (0,60 - 1,66)	1,13 (0,81 - 1,60)	1,11 (0,81 - 1,60)	0,91 (0,56 - 1,44)	0,91 (0,56 - 1,44)
4	1,00 (0,48 - 1,43)	0,98 (0,48 - 1,37)	1,22 (0,63 - 1,73)	1,22 (0,63 - 1,66)	1,17 (0,91 - 1,90)	1,14 (0,91 - 1,90)	1,06 (0,84 - 1,91)	1,06 (0,84 - 1,91)
5	1,34 (0,86 - 2,63)	1,35 (0,78 - 2,62)	1,52 (0,24 - 2,96)	1,39 (0,11 - 2,95)	1,63 (0,50 - 2,87)	1,62 (0,50 - 2,80)	1,02 (0,44 - 2,20)	0,93 (0,42 - 2,20)
6	1,04 (0,64 - 2,01)	0,97 (0,51 - 2,01)	1,11 (0,68 - 2,01)	1,07 (0,57 - 1,99)	1,31 (0,96 - 1,97)	1,28 (0,90 - 1,97)	1,16 (0,92 - 1,92)	1,16 (0,84 - 1,80)
7	0,85 (0,58 - 1,56)	0,79 (0,49 - 1,36)	0,96 (0,61 - 1,66)	0,85 (0,04 - 1,63)	1,08 (0,72 - 1,42)	1,04 (0,67 - 1,39)	0,96 (0,67 - 1,24)	0,96 (0,67 - 1,21)
8	1,10 (0,80 - 1,88)	1,02 (0,74 - 1,79)	1,38 (0,90 - 2,18)	1,32 (0,79 - 2,13)	1,35 (1,06 - 1,97)	1,32 (0,94 - 1,97)	1,39 (0,89 - 1,99)	1,39 (0,84 - 1,94)
Nível 2								
1	1,52 (1,03 - 2,25)	1,38 (1,00 - 1,99)	1,55 (1,18 - 2,31)	1,45 (1,09 - 2,30)	1,70 (1,20 - 2,21)	1,66 (1,17 - 2,12)	1,70 (1,30 - 2,64)	1,70 (1,29 - 2,62)
2	1,31 (0,97 - 1,66)	1,26 (0,96 - 1,66)	1,33 (0,91 - 2,40)	1,30 (0,85 - 2,33)	1,54 (1,07 - 1,84)	1,51 (1,07 - 1,84)	1,39 (1,08 - 1,90)	1,37 (1,09 - 1,85)
3	0,95 (0,65 - 1,46)	0,94 (0,60 - 1,40)	1,03 (0,85 - 1,85)	1,03 (0,77 - 1,85)	1,18 (0,81 - 1,73)	1,14 (0,81 - 1,73)	1,01 (0,77 - 1,58)	0,99 (0,69 - 1,58)
4	1,05 (0,54 - 1,70)	1,03 (0,51 - 1,67)	1,29 (0,79 - 2,06)	1,28 (0,76 - 2,06)	1,30 (0,90 - 2,19)	1,28 (0,85 - 2,19)	1,06 (0,89 - 1,86)	1,02 (0,79 - 1,86)
5	1,63 (0,47 - 2,89)	1,56 (0,34 - 2,68)	1,94 (0,32 - 3,27)	1,76 (0,32 - 3,24)	1,51 (0,62 - 3,15)	1,43 (0,62 - 3,11)	1,42 (0,78 - 2,55)	1,39 (0,71 - 2,55)
6	1,18 (0,72 - 1,88)	1,11 (0,67 - 1,63)	1,22 (0,83 - 1,80)	1,08 (0,83 - 1,80)	1,38 (0,96 - 1,87)	1,36 (0,85 - 1,87)	1,17 (1,02 - 1,87)	1,06 (0,97 - 1,87)
7	0,93 (0,73 - 1,42)	0,88 (0,55 - 1,31)	1,02 (0,76 - 1,65)	0,91 (0,67 - 1,65)	1,10 (0,87 - 1,40)	1,09 (0,83 - 1,33)	1,06 (0,84 - 1,22)	0,98 (0,70 - 1,22)
8	1,37 (1,04 - 1,91)	1,20 (0,79 - 1,74)	1,46 (1,05 - 2,13)	1,30 (0,96 - 2,10)	1,58 (1,23 - 1,80)	1,51 (1,12 - 1,80)	1,50 (1,09 - 2,08)	1,43 (0,99 - 2,02)

Tabela 4. Valores (Mediana, mínimo e máximo) referentes a quantidade de dentina remanescente em mm, antes e após preparo dos canais radiculares nas oito direções avaliadas nos níveis 3 e 4. Os números em negrito apresentam os valores onde houve diferenças estatísticas significantes ($P < 0.05$), os demais valores não foram estatisticamente significantes na comparação pelo teste de U-Mann Whitney ($P > 0.05$).

Nível 3	ProTaper		Mtwo		BioRaCe		TwistedFile	
	Pré	Pós	Pré	Pós	Pré	Pós	Pré	Pós
1	1,60 (1,21 - 2,07)	1,51 (1,21 - 2,04)	1,60 (1,18 - 2,45)	1,48 (1,12 - 2,45)	1,80 (1,31 - 2,16)	1,76 (1,31 - 2,09)	1,75 (1,45 - 2,57)	1,64 (1,38 - 2,46)
2	1,33 (1,09 - 1,84)	1,30 (1,08 - 1,84)	1,34 (1,01 - 2,38)	1,31 (0,99 - 2,38)	1,47 (1,25 - 1,88)	1,43 (1,23 - 1,88)	1,44 (1,22 - 2,03)	1,39 (1,17 - 1,92)
3	0,96 (0,70 - 1,29)	0,93 (0,60 - 1,26)	1,05 (0,70 - 1,75)	1,02 (0,66 - 1,75)	1,11 (0,84 - 1,43)	1,06 (0,72 - 1,43)	1,05 (0,72 - 1,71)	1,01 (0,67 - 1,71)
4	0,98 (0,64 - 1,32)	0,87 (0,58 - 1,19)	1,11 (0,87 - 1,75)	1,05 (0,68 - 1,62)	1,28 (0,82 - 1,68)	1,19 (0,73 - 1,63)	1,05 (0,77 - 1,64)	1,02 (0,63 - 1,64)
5	1,84 (0,84 - 3,07)	1,52 (0,82 - 3,07)	2,49 (0,74 - 3,38)	2,33 (0,74 - 3,28)	1,97 (0,61 - 3,34)	1,67 (0,55 - 3,27)	2,04 (1,18 - 2,78)	1,99 (0,94 - 2,77)
6	1,27 (0,84 - 1,77)	1,13 (0,75 - 1,72)	1,24 (0,84 - 1,99)	1,14 (0,59 - 1,99)	1,36 (0,97 - 1,98)	1,30 (0,96 - 1,98)	1,34 (1,01 - 1,74)	1,24 (0,86 - 1,74)
7	1,06 (0,87 - 1,36)	1,00 (0,76 - 1,26)	1,08 (0,85 - 1,53)	0,99 (0,74 - 1,53)	1,12 (0,88 - 1,34)	1,09 (0,88 - 1,98)	1,18 (0,84 - 1,32)	1,09 (0,72 - 1,32)
8	1,41 (1,12 - 1,81)	1,40 (1,08 - 1,75)	1,51 (1,22 - 2,06)	1,39 (1,15 - 2,04)	1,57 (1,28 - 1,84)	1,48 (1,23 - 1,820)	1,63 (1,16 - 2,18)	1,51 (1,13 - 2,18)
Nível 4								
1	1,73 (1,35 - 2,20)	1,68 (1,35 - 2,16)	1,63 (1,28 - 2,65)	1,63 (1,21 - 2,65)	1,88 (1,40 - 2,17)	1,88 (1,40 - 2,17)	1,77 (1,55 - 2,51)	1,77 (1,55 - 2,51)
2	1,43 (1,19 - 1,75)	1,42 (1,09 - 1,74)	1,42 (1,26 - 2,38)	1,36 (1,10 - 2,33)	1,57 (1,29 - 1,97)	1,53 (1,29 - 1,87)	1,56 (1,27 - 2,03)	1,50 (1,21 - 2,03)
3	0,97 (0,72 - 1,25)	0,84 (0,58 - 1,06)	1,04 (0,84 - 1,53)	0,95 (0,57 - 1,42)	1,12 (0,86 - 1,38)	1,05 (0,66 - 1,35)	1,06 (0,79 - 1,70)	0,95 (0,72 - 1,70)
4	0,95 (0,69 - 1,43)	0,68 (0,40 - 1,12)	1,09 (0,86 - 1,53)	0,81 (0,47 - 1,42)	1,15 (0,86 - 1,56)	1,02 (0,65 - 1,43)	1,05 (0,86 - 1,75)	0,94 (0,63 - 1,47)
5	1,99 (1,32 - 3,18)	1,62 (1,05 - 3,07)	2,87 (1,38 - 3,61)	2,68 (0,91 - 3,49)	2,31 (1,21 - 3,40)	2,29 (1,05 - 3,28)	2,80 (1,41 - 3,23)	2,48 (0,88 - 3,01)
6	1,40 (0,98 - 1,74)	1,19 (0,09 - 1,63)	1,23 (0,87 - 2,05)	1,23 (0,80 - 2,05)	1,37 (1,07 - 1,84)	1,33 (1,03 - 1,85)	1,39 (1,08 - 1,74)	1,31 (0,90 - 1,73)
7	1,13 (0,94 - 1,33)	1,13 (0,94 - 1,33)	1,17 (0,90 - 1,62)	1,13 (0,88 - 1,62)	1,18 (0,86 - 1,44)	1,15 (0,86 - 1,44)	1,27 (0,84 - 1,47)	1,24 (0,84 - 1,47)
8	1,59 (1,23 - 2,02)	1,55 (1,23 - 1,97)	1,56 (1,23 - 2,33)	1,50 (1,21 - 2,33)	1,63 (1,42 - 2,02)	1,60 (1,37 - 1,98)	1,68 (1,33 - 2,08)	1,67 (1,33 - 2,08)

Tabela 5. Valores (Mediana, mínimo e máximo) referentes a quantidade de dentina remanescente em mm, antes e após preparo dos canais radiculares nas oito direções avaliadas no nível 5. Os números em negrito apresentam os valores onde houve diferenças estatísticas significantes ($P < 0.05$), os demais valores não foram estatisticamente significantes na comparação pelo teste de U-Mann Whitney ($P > 0.05$).

Nível 5	ProTaper		Mtwo		BioRaCe		Twisted File	
	Pré	Pós	Pré	Pós	Pré	Pós	Pré	Pós
1	1,87 (1,47 - 2,36)	1,83 (1,47 - 2,28)	1,74 (1,47 - 2,71)	1,73 (1,44 - 2,71)	2,00 (1,56 - 2,24)	2,00 (1,56 - 2,24)	1,82 (1,60 - 2,55)	1,82 (1,60 - 2,55)
2	1,49 (1,27 - 2,12)	1,47 (1,18 - 1,84)	1,56 (1,35 - 2,36)	1,49 (1,30 - 2,33)	1,66 (1,45 - 2,06)	1,63 (1,44 - 1,94)	1,70 (1,32 - 2,09)	1,65 (1,32 - 2,02)
3	1,04 (0,83 - 1,32)	0,86 (0,55 - 1,11)	1,12 (0,89 - 1,48)	0,90 (0,54 - 1,26)	1,25 (1,00 - 1,46)	1,09 (0,77 - 1,32)	1,23 (0,85 - 1,69)	1,10 (0,60 - 1,65)
4	0,95 (0,68 - 1,37)	0,69 (0,32 - 1,11)	1,18 (0,75 - 1,44)	0,69 (0,29 - 1,15)	1,14 (0,95 - 1,80)	0,95 (0,46 - 1,55)	1,25 (0,75 - 2,16)	0,98 (0,51 - 1,89)
5	1,92 (1,26 - 3,23)	1,69 (1,21 - 2,84)	2,81 (1,75 - 3,99)	2,74 (0,95 - 3,49)	2,79 (1,59 - 3,32)	2,51 (0,95 - 3,03)	2,98 (1,61 - 3,15)	2,44 (0,86 - 3,03)
6	1,44 (1,15 - 1,94)	1,36 (1,10 - 1,94)	1,41 (1,12 - 1,80)	1,39 (1,03 - 1,76)	1,58 (1,20 - 1,95)	1,50 (1,20 - 1,95)	1,60 (1,32 - 2,05)	1,52 (1,26 - 2,05)
7	1,23 (1,01 - 1,43)	1,22 (0,94 - 1,43)	1,27 (1,07 - 1,62)	1,27 (1,04 - 1,62)	1,26 (1,05 - 1,61)	1,24 (1,05 - 1,61)	1,42 (1,02 - 2,19)	1,41 (1,02 - 2,26)
8	1,72 (1,12 - 2,20)	1,70 (1,12 - 2,20)	1,68 (1,41 - 2,42)	1,68 (1,41 - 2,42)	1,79 (1,49 - 2,35)	1,76 (1,49 - 2,35)	1,80 (1,49 - 2,26)	1,80 (1,49 - 2,26)

Tabela 6. Mediana, mínimo e máximo da quantidade de dentina removida em mm, nas oito direções avaliadas nos níveis 1 e 2 ($D_{\text{removida}} = D_{\text{pré}} - D_{\text{pós}}$). Os números em negrito apresentam os valores onde houve diferenças estatísticas significantes ($P < 0.05$), os demais valores não foram estatisticamente significantes na comparação pelo teste de Kruskal-Wallis Dunn ($P > 0.05$). Letras maiúsculas iguais nas fileiras indicam ausência de diferença estatística.

Nível 1	ProTaper	Mtwo	BioRaCe	Twisted File
1	0 (0 - 0,121)	0 (0 - 0,124)	0 (0 - 0,085)	0 (0 - 0,027)
2	0,009 (0 - 0,065)^A	0,013 (0 - 0,116)^A	0 (0 - 0,036)^{AB}	0 (0 - 0,024)^B
3	0 (0 - 0,063)	0 (0 - 0,102)	0 (0 - 0,053)	0 (0 - 0,034)
4	0 (0 - 0,115)	0 (0 - 0,108)	0 (0 - 0,069)	0 (0 - 0,118)
5	0 (0 - 0,163)	0 (0 - 0,546)	0 (0 - 0,272)	0 (0 - 0,607)
6	0,045 (0 - 0,231)	0,038 (0 - 0,175)	0,027 (0 - 0,211)	0 (0 - 0,189)
7	0,063 (0 - 0,200)^A	0,024 (0 - 0,910)^{AB}	0,042 (0 - 0,132)^{AB}	0 (0 - 0,084)^B
8	0,045 (0 - 0,154)^A	0,059 (0 - 0,268)^A	0,028 (0 - 0,122)^{AB}	0 (0 - 0,112)^B
Nível 2				
1	0,038 (0 - 0,580)	0,022 (0 - 0,400)	0,020 (0 - 0,099)	0 (0 - 0,167)
2	0 (0 - 0,166)	0,038 (0 - 0,115)	0 (0 - 0,100)	0 (0 - 0,065)
3	0,008 (0 - 0,110)	0,008 (0 - 0,091)	0 (0 - 0,060)	0 (0 - 0,108)
4	0 (0 - 0,097)	0 (0 - 0,333)	0 (0 - 0,148)	0 (0 - 0,147)
5	0,063 (0 - 0,205)^A	0 (0 - 1,088)^B	0,047 (0 - 0,479)^{AB}	0 (0 - 0,409)^B
6	0,102 (0 - 0,305)	0,003 (0 - 0,397)	0,007 (0 - 0,168)	0,033 (0 - 0,148)
7	0,109 (0 - 0,208)^{AB}	0,088 (0 - 0,253)^A	0,026 (0 - 0,109)^B	0,065 (0 - 0,241)^{AB}
8	0,096 (0 - 0,648)	0,079 (0 - 0,680)	0,059 (0 - 0,163)	0,039 (0 - 0,161)

Tabela 7. Mediana, mínimo e máximo da quantidade de dentina removida em mm, nas oito direções avaliadas nos níveis 3 e 4 ($D_{\text{removida}} = D_{\text{pré}} - D_{\text{pós}}$).. Os números em negrito apresentam os valores onde houve diferenças estatísticas significantes ($P < 0.05$), os demais valores não foram estatisticamente significantes na comparação pelo teste de Kruskal-Wallis Dunn ($P > 0.05$) Letras maiúsculas iguais nas fileiras indicam ausência de diferença estatística.

Nível 3	ProTaper	Mtwo	BioRaCe	Twisted File
1	0,009 (0 - 0,491)	0,046 (0 - 1,009)	0,010 (0 - 0,120)	0,012 (0 - 0,162)
2	0,004 (0 - 0,205)	0,039 (0 - 0,218)	0,018 (0 - 0,178)	0,028 (0 - 0,128)
3	0,042 (0 - 0,259)	0,048 (0 - 0,165)	0,020 (0 - 0,239)	0,018 (0 - 0,128)
4	0,069 (0 - 0,210)	0,031 (0 - 0,480)	0,039 (0 - 0,288)	0,026 (0 - 0,176)
5	0,127 (0 - 0,475)	0,051 (0 - 1,269)	0,059 (0 - 0,663)	0,068 (0 - 0,518)
6	0,066 (0 - 0,224)	0,098 (0 - 0,284)	0,017 (0 - 0,133)	0,025 (0 - 0,303)
7	0,054 (0 - 0,155)	0,081 (0 - 0,184)	0,012 (0 - 0,132)	0,036 (0 - 0,272)
8	0,034 (0 - 0,179)	0,069 (0 - 0,262)	0,059 (0 - 0,178)	0,076 (0 - 0,214)
Nível 4				
1	0 (0 - 0,169)	0 (0 - 0,217)	0 (0 - 0,121)	0 (0 - 0,099)
2	0,003 (0 - 0,161)	0,050 (0 - 0,298)	0 (0 - 0,145)	0,048 (0 - 0,164)
3	0,183 (0 - 0,313)	0,129 (0 - 0,518)	0,085 (0 - 0,458)	0,117 (0 - 0,255)
4	0,225 (0 - 0,460)	0,210 (0 - 0,632)	0,128 (0 - 0,458)	0,189 (0 - 0,358)
5	0,261 (0 - 0,661)	0,244 (0 - 1,229)	0,137 (0 - 0,893)	0,337 (0 - 1,007)
6	0,105 (0 - 0,919)^A	0,026 (0 - 0,129)^{AB}	0,004 (0 - 0,160)^B	0,071 (0 - 0,276)^{AB}
7	0 (0 - 0,135)	0,006 (0 - 0,108)	0 (0 - 0,120)	0 (0 - 0,217)
8	0 (0 - 0,210)	0,018 (0 - 0,099)	0,031 (0 - 0,131)	0 (0 - 0,178)

Tabela 8. Mediana, (mínimo e máximo) da quantidade de dentina removida em mm, nas oito direções avaliadas no nível 5 ($D_{\text{removida}} = D_{\text{pré}} - D_{\text{pós}}$). Os números em negrito apresentam os valores onde houve diferenças estatísticas significantes ($P < 0.05$), os demais valores não foram estatisticamente significantes na comparação pelo teste de Kruskal-Wallis Dunn ($P > 0.05$).

Nível 5	ProTaper	Mtwo	BioRaCe	Twisted File
1	0,009 (0 - 0,491)	0,046 (0 - 1,009)	0,010 (0 - 0,120)	0,012 (0 - 0,162)
2	0,004 (0 - 0,205)	0,039 (0 - 0,218)	0,018 (0 - 0,178)	0,028 (0 - 0,128)
3	0,042 (0 - 0,259)	0,048 (0 - 0,165)	0,020 (0 - 0,239)	0,018 (0 - 0,128)
4	0,069 (0 - 0,210)	0,031 (0 - 0,480)	0,039 (0 - 0,288)	0,026 (0 - 0,176)
5	0,127 (0 - 0,475)	0,051 (0 - 1,269)	0,059 (0 - 0,663)	0,068 (0 - 0,518)
6	0,066 (0 - 0,224)	0,098 (0 - 0,284)	0,017 (0 - 0,133)	0,025 (0 - 0,303)
7	0,054 (0 - 0,155)	0,081 (0 - 0,184)	0,012 (0 - 0,132)	0,036 (0 - 0,272)
8	0,034 (0 - 0,179)	0,069 (0 - 0,262)	0,059 (0 - 0,178)	0,076 (0 - 0,214)

5.2 Transporte do canal

A tabela 9 apresenta os valores referentes ao transporte dos canais radiculares realizados após os preparos pelos sistemas rotatórios de NiTi, nos cinco níveis avaliados. O teste de Kruskal-Wallis Dunn, não demonstrou diferenças estaticamente significantes na comparação entre os sistemas rotatórios ($P > 0,05$). Quando foi comparado o transporte nos diferentes níveis radiculares, foram encontradas diferenças estatísticas em todos os sistemas rotatórios avaliados. Isto é, o transporte do canal radicular variou estatisticamente entre os diferentes níveis sendo esta, maior no nível cervical ou nível 5 ($P < 0,05$). As imagens representativas referente ao transporte estão indicadas na figura 12.

5.3 Volume total do canal radicular

Os valores correspondentes ao volume pré e pós-instrumentação estão apresentados na tabela 10. Quanto ao volume dos canais radiculares pré-instrumentação, não foram encontradas diferenças estatísticas significantes entre os quatro grupos avaliados ($P > 0,05$), demonstrando uma adequada padronização da anatomia dos canais radiculares previamente ao início do experimento.

Quando os volumes pós-instrumentação foram comparados aos volumes iniciais dos canais radiculares analisados pelo teste de U-Mann Whitney, não foram encontradas diferenças estatísticas significantes nos quatro grupos avaliados ($P > 0,05$). O teste de Kruskal-Wallis Dunn não demonstrou diferenças estatísticas no volume pós-instrumentação entre os quatro sistemas analisados ($P > 0,05$). O volume total do canal radicular pós-instrumentação esteve entre $5,32 \text{ mm}^3$ e $7,94 \text{ mm}^3$.

5.4 Volume apical do canal radicular

Os valores referentes ao volume apical (entre 1 mm e 3 mm) pré e pós-instrumentação estão apresentados na tabela 10. O volume apical dos canais radiculares pré-instrumentados não foram estatisticamente diferentes entre os quatro grupos avaliados ($P > 0,05$). Quando os volumes pós-instrumentação foram comparados aos volumes iniciais dos canais radiculares analisados pelo teste de U-Mann Whitney, não foram encontrados diferenças estatísticas significantes nos quatro grupos avaliados ($P < 0,05$). A mediana do

volume apical pós-instrumentação esteve entre 0,77 mm³ e 0,99 mm³.

As imagens representativas dos preparos realizados pelos quatro sistemas rotatórios de NiTi estão apresentados na figura 13.

Tabela 9 Valores referentes ao transporte do canal, mediana (valores mínimo e máximo) em mm. Não foram encontradas diferenças significativas entre os sistemas rotatórios avaliados ($P > 0,05$). Diferenças estatísticas foram encontradas entre os níveis avaliados. Letras minúsculas iguais nas colunas indicam ausência de diferença estatística entre os níveis para cada sistema rotatório ($P > 0,05$).

	ProTaper	Mtwo	BioRaCe	Twisted File
1	0,086 (0,038 - 0,415) ^a	0,084 (0,026 - 0,374) ^a	0,068 (0,017 - 0,236) ^a	0,101 (0,008 - 0,519) ^a
2	0,101 (0,008 - 0,519) ^{ab}	0,106 (0,030 - 0,544) ^a	0,111 (0,013 - 0,939) ^{ab}	0,116 (0,030 - 0,573) ^a
3	0,127 (0,040 - 0,733) ^{ab}	0,101 (0,026 - 1,216) ^a	0,140 (0,006 - 0,610) ^{ab}	0,138 (0,006 - 0,927) ^{ab}
4	0,213 (0,069 - 0,764) ^{bc}	0,203 (0,035 - 1,197) ^{ab}	0,139 (0,022 - 0,568) ^b	0,162 (0,018 - 0,916) ^{ab}
5	0,251 (0,145 - 0,797) ^c	0,262 (0,138 - 1,051) ^b	0,197 (0,043 - 0,742) ^b	0,253 (0,098 - 0,771) ^b

Tabela 10. Mediana, (mínimo e máximo) referentes aos volumes total e apical pré e pós-instrumentação dos canais radiculares em mm³. Os valores pré e pós instrumentação não foram estatisticamente significantes na comparação não pareada pelo teste de U-Mann Whitney ($P > 0.05$).

	ProTaper		Mtwo		BioRaCe		Twisted File	
	Pré	Pós	Pré	Pós	Pré	Pós	Pré	Pós
Total	5,99 (1,97 - 9,58)	7,85 (4,50 - 11,44)	4,75 (2,09 - 10,66)	6,93 (3,74 - 12,84)	3,94 (2,13 - 9,23)	5,32 (3,98 - 11,07)	4,78 (3,45 - 10,50)	7,94 (4,89 - 13,30)
Apical	0,87 (0,28 - 1,67)	0,96 (0,34 - 1,81)	0,72 (0,30 - 1,49)	0,77 (0,48 - 1,67)	0,83 (0,30 - 1,37)	0,99 (0,38 - 1,71)	0,81 (0,39 - 2,10)	0,92 (0,44 - 2,28)

Figura 8. Imagens representativas referente as secções transversais da raiz mesial nos cinco níveis avaliados, demonstrando a quantidade de dentina desgastada e remanescente, antes e após o preparo do canal radicular realizado com sistema ProTaper nas oito direcções.

Figura 9. Imagens representativas referente as secções transversais da raiz mesial nos cinco níveis avaliados, demonstrando a quantidade de dentina desgastada e remanescente, antes e após o preparo do canal radicular realizado com sistema Mtwo nas oito direcções.

Figura 10. Imagens representativas referente as secções transversais da raiz mesial nos cinco níveis avaliados, demonstrando a quantidade de dentina desgastada e remanescente, antes e após o preparo do canal radicular realizado com sistema BioRaCe nas oito direções.

Figura 11. Imagens representativas referente as secções transversais da raiz mesial nos cinco níveis avaliados, demonstrando a quantidade de dentina desgastada e remanescente, antes e após o preparo do canal radicular realizado com sistema Twisted File nas oito direções.

Figura 12. Cortes axiais (secções transversais) microtomográficas: Imagens referentes aos cinco níveis avaliados quanto ao transporte do canal proporcionado pelos sistemas ProTaper, Mtwo, BioRaCe e Twisted File. O ponto vermelho indica o centro do canal pré-operatoriamente e o ponto verde indica o centro do canal após o preparo. A não sobreposição dos pontos indicou o transporte do canal radicular.

Figura 13. Reconstrução de imagens tomográficas em 3D. Imagens representativas referentes as raízes mesiais dos molares inferiores com os canais radiculares instrumentados pelos sistemas (A) ProTaper, (B) Mtwo, (C) BioRaCe e (D) Twisted File. Áreas em verde indicam onde atuaram os instrumentos durante o preparo. Áreas em vermelho demonstram porções intocadas pelos instrumentos rotatórios de NiTi dos diferentes sistemas.

6 DISCUSSÃO

6 DISCUSSÃO

Da metodologia

A opção, nesse trabalho, pelo uso de dentes humanos extraídos para a avaliação do preparo endodôntico se deu por estes apresentarem a maior proximidade à realidade clínica. As variações e dificuldades, que de alguma maneira possam interferir na sua modelagem, como, por exemplo, a dureza da dentina, a presença de curvaturas e, principalmente, a avaliação da anatomia interna são melhor representadas. Para RHODES *et al.*, (1999), a morfologia dos canais artificiais é demasiadamente simples, de formato circular e com curvaturas em apenas em um sentido, o que foge muito da anatomia real de um canal radicular.

Um estudo minucioso da complexidade dos sistemas de canais radiculares que incorpore a presença de istmos é imprescindível para compreender a real possibilidade de limpeza dos sistemas de canais radiculares. De acordo com PETERS *et al.*, (2000) a detecção de detalhes da anatomia interna em dentes extraídos tem sido um desafio desde as descrições clássicas de HESS, (1921). Embora as radiografias convencionais utilizadas na clínica endodôntica mostrem alguns detalhes como número de canais, presença de curvaturas ou calcificações, estas apenas são projeções bidimensionais (SELTZER *et al.*, 1967). Por este motivo é importante o uso de técnicas radiográficas que mostrem o sistema de canais radiculares tridimensionalmente para a avaliação laboratorial dos procedimentos endodônticos. As vantagens das técnicas tomográficas são muitas, tais como: alta resolução, não destrutivas, mínima distorção da imagem da anatomia interna (PETERS *et al.*, 2000), e possibilidade de observação da anatomia interna e externa simultaneamente, tanto bi quanto tridimensionalmente. De fato, nos últimos 10 anos a micro-CT tem sido extensamente utilizada para a avaliação dos diversos procedimentos endodônticos, que incluem estudos anatômicos, de modelagem, obturação e retratamento do canal radicular (PLOTINO *et al.*, 2006). Essa ferramenta de alta resolução, tem se mostrado promissora para análises qualitativas e quantitativas em pesquisas laboratoriais “*in vivo*” e “*ex vivo*” (SWAIN; XUE, 2009).

Outro fator importante é uma adequada padronização da amostra, os molares

mandibulares têm demonstrado apresentar uma alta variabilidade anatômica com presença de istmos que podem apresentar-se em diferentes níveis do canal radicular (NORMAN; STEPHEN; SYNGCUK, 1995; GULAVIBALA; OPASANON; ALAVI, 2002; BERGMANS *et al.*, 2003), ou na grande maioria ao longo de toda a raiz (HSU; KIM, 1997; TEIXEIRA *et al.*, 2003), características também observadas nesse trabalho. No intento de padronizar as amostras, foram escaneados 66 molares inferiores. Destes, 30 apresentaram istmos ao longo de toda a raiz mesial e 17 apresentaram istmos em níveis diferentes da raiz. Por este motivo as amostras foram classificadas de acordo com a anatomia, seguindo o trabalho de (YIN *et al.*, 2010). Quarenta molares inferiores foram selecionados de acordo com as similaridades anatômicas e divididos homogeneamente nos quatro grupos de instrumentação conforme apresentados na Figura 3. Essa padronização foi confirmada estatisticamente, demonstrando que não houve diferenças estatísticas no volume total ou apical entre os grupos, antes dos preparos dos canais radiculares.

Uma maior atenção deve ser dada também em relação à padronização da curvatura das raízes. Em especial as raízes mesiais dos molares inferiores estão entre as que apresentam curvaturas com maior frequência. Essa variável foi verificada pré-operatoriamente pelo método proposto, onde o grau e o raio de curvatura das raízes, foram medidos. Esse método foi utilizado por aparentemente ser o mais simples e fácil e por ser também o mais utilizado em pesquisas desse tipo.

Ainda em relação à padronização da amostra, os dentes utilizados não tiveram as coroas seccionadas, a fim de manter a integridade do espécime concordando com os trabalhos de PETERS *et al.*, (2001); PAQUÉ; GANAHL; PETERS, (2009), que também não procederam o corte das coroas. O comprimento dos dentes utilizados esteve entre 19 e 21 mm.

Nas análises bidimensionais por meio das secções transversais, os níveis foram selecionados de acordo com IMURA *et al.*, (2001); HARTMANN *et al.*, (2007); PAQUÉ; GANAHL; PETERS, (2009), onde o nível 1 (apical) foi padronizado a 2 mm aquém o ápice radicular. O nível 5 (cervical) foi estabelecido a 2 mm abaixo da bifurcação, onde segundo ZUCKERMAN *et al.*, (2003), esse é o nível em que ocorre um maior desgaste da parede distal do canal mesial em molares inferiores, durante sua instrumentação. Os demais três níveis foram obtidos de acordo com a média da distância entre os níveis 1 e 5 dividido por três, sendo essa avaliação considerada em toda a extensão da raiz (GAMBILL; ALDER; DEL RIO, 1996; RHODES *et al.*, 2000; GLUSKIN; BROWN; BUCHANAN, 2001; PAQUÉ;

BARBAKOW; PETERS, 2005; LOIZIDES *et al.*, 2007).

Com relação à direção dos desvios, a maioria dos trabalhos só considera duas direções, ou seja, para a face mesial ou parte oposta a curvatura e, para a face distal ou parte interna da curvatura. No presente estudo, como nos de GLOSSON *et al.*, (1995); BERGMANS *et al.*, (2001); BERGMANS *et al.*, (2002); (2003); LOIZIDES *et al.*, (2007), foram consideradas oito direções dos desvios em relação às quatro faces anatômicas da raiz, ou seja, mesial, distal, vestibular e lingual, possibilitando uma maior exatidão nos resultados.

Nos últimos anos, o desempenho dos sistemas rotatórios de NiTi foi comparado com os tradicionais instrumentos manuais de aço-inoxidável. No entanto, devido à divergência de design e concepção quanto à forma de utilização dos instrumentos fabricados com ambas as ligas, revelam que este tipo de estudo raramente demonstra a influência de cada um dos recursos especificamente. Além disso, o preparo cervical dos canais radiculares com brocas de Gates-Glidden podem reduzir a capacidade de detectar o transporte do canal no terço cervical, pois não se poderia mostrar o real efeito da sequência dos instrumentos de NiTi dos sistemas rotatórios sobre a zona de perigo devido à superposição de desgaste de dentina das brocas de Gates-Glidden e dos instrumentos rotatórios de NiTi (BERGMANS *et al.*, 2002).

Em relação às técnicas de instrumentação propostas para o preparo automatizado dos canais radiculares, sabe-se que cada fabricante recomenda uma técnica específica, com uma sequência de instrumentos pré-determinada para cada sistema. Nos quatro grupos desse estudo, o preparo no terço apical foi estabelecido com um instrumento de diâmetro 25. Segundo (BERGMANS *et al.*, 2003), idealmente, quando se pretende comparar duas técnicas de preparo do canal radicular, a realização dos preparos apicais com instrumentos de mesmo diâmetro é importante. Não ficou estabelecido ainda um consenso sobre o diâmetro ideal do instrumento apical. As condições anatomopatológicas do dente (PETERS; BARBAKOW; PETERS, 2004) e o grau de curvatura do canal (KUHN *et al.*, 1997; ROANE; SABALA; DUNCANSON, 1985; SIQUEIRA *et al.*, 1999; TORABINEJAD, 1994) são determinantes nesta decisão. (GERGI *et al.*, 2010) alertaram também para a relação entre conicidade e flexibilidade dos instrumentos, onde conicidades excessivas não devem ser utilizadas para o alargamento apical, pois se aumenta o risco de transporte nessa região. Essas duas características podem ainda causar uma excessiva ampliação do canal na região do terço médio ou cervical, chamada por (ABOU-RASS; FRANK; GLICK, 1980), de “zona de perigo”, podendo resultar em perfurações ou desgaste excessivo da parede radicular,

diminuindo sua resistência. Quanto mais severa a curvatura, deve-se reduzir o diâmetro e conicidade do preparo, diminuindo a possibilidade de transporte e de seus efeitos indesejáveis (AYDIN *et al.*, 2008).

Dos Resultados

Nível apical

O desvio ou transporte apical do canal radicular tem sido um grande problema que pode se apresentar principalmente quando instrumentos de aço-inoxidável são utilizados para o preparo apical de canais curvos (ROANE; SABALA; DUNCANSON, 1985). Um grande inconveniente relacionado ao desvio apical é o comprometimento da limpeza, pois a porção apical do canal no lado interno da curvatura pode permanecer intocada, permitindo a presença de biofilmes ou o acúmulo de debris produzidos pela instrumentação (WU; VAN DER SLUIS; WESSELINK, 2003). Quando o transporte é excessivo pode levar à formação de degrau ou até mesmo a uma perfuração (METZGER *et al.*, 2010).

Neste estudo foram utilizados 3 tipos de dados para avaliar o desvio. O primeiro foi a variável transporte, que foi definida como a alteração do eixo central decorrente do preparo do canal. Outro parâmetro foi a quantidade de dentina remanescente avaliada antes e após a instrumentação. Esta variável mede o quanto o desgaste promovido pelo instrumento rotatório compromete a integridade da raiz, quanto maior a quantidade de dentina residual menor é a chance de acidentes tipo perfurações. O último parâmetro foi o desgaste de dentina propiciado pelo sistema rotatório, o qual foi obtido após o cálculo da quantidade de dentina pré-operatória menos a pós-operatória.

Na comparação da quantidade de dentina remanescente, utilizando o mesmo dente como controle (Ver tabela 3 e 4), observou-se que não houve diminuição estatisticamente significativa da quantidade de dentina em nenhuma das oito direções avaliadas nos níveis 1, 2 e 3 para nenhum dos sistemas rotatórios. Esses dados foram confirmados pela ausência significativa de transporte ou pelo aumento não significativo do volume apical observado nas tabelas 9 e 10. Este fato pode ser explicado pela grande quantidade de área que não foi tocada pelos instrumentos, decorrente da alta prevalência de istmos presentes, que podem ser encontrados nas raízes mesiais de molares inferiores (CHEUNG; CHEUNG, 2008; YIN *et al.*, 2010) e também pelo diâmetro dos instrumentos rotatórios utilizados, o qual provavelmente

esteve abaixo do diâmetro anatômico das amostras utilizadas. Embora tenhamos tido uma padronização estatística volumétrica da anatomia pré-operatória, o diâmetro anatômico foi considerado constante para fins de comparação, o qual pode não corresponder à anatomia real do canal, onde cada dente tem que ser tratado como um caso único. Conforme observado na análise pré-operatória do volume apical (Ver tabela 9), os dados dos dois últimos milímetros oscilaram entre $0.28 - 2.28 \text{ mm}^3$, demonstrando que a presença de canais constrictos pode ser menos prevalente do que se pensa, concordando com WU *et al.*, (2000); SCHMITZ *et al.*, (2008).

Quando foi considerada a quantidade de dentina desgastada, de acordo com a tabela 6, a comparação entre os sistemas rotatórios, encontramos diferenças estatísticas em relação ao desgaste em mm nos níveis apicais (1 e 2) para o lado externo da curvatura (direções 7 e 8), o que indica um desgaste maior nestes níveis, principalmente para os instrumentos ProTaper e Mtwo. Resultados similares foram encontrados por BONACCORSO *et al.*, (2009); GERGI *et al.*, (2010); JAVAHERI; JAVAHERI, (2007); LOIZIDES *et al.*, (2007). Embora tenha ocorrido esta tendência ao desvio, a quantidade de dentina remanescente encontrada na comparação intra-grupo (quando o mesmo dente foi utilizado como controle) não revelou diferenças significativas com a quantidade de dentina pré-operatória (Tabela 3). Dessa forma observamos que todos os sistemas se mostraram seguros neste quesito, corroborando os resultados obtidos no transporte e a quantidade de dentina remanescente. Outro dado observado foi o desgaste significativo do lado interno da curvatura para os sistemas ProTaper, MTwo e BioRace (direção 2), no entanto a maior mediana encontrada foi de 0,013mm o que corresponde a 13 μm . Esta significância pode ser resultado da alta sensibilidade da metodologia utilizada no presente estudo.

SCHÄFER; VLASSIS, (2004); BONACCORSO *et al.*, (2009), verificaram a relação entre conicidade e flexibilidade, concluindo que os instrumentos de NiTi com conicidades maiores que .04, não devem ser utilizados para o alargamento apical de canais curvos. Neste estudo observamos que instrumentos de diâmetro 25 com conicidades .06 e .08 podem ser utilizados para o preparo apical sem criar efeitos indesejáveis, concordando com os estudos de BERGMANS *et al.*, (2003); GEKELMAN *et al.*, (2009); FREIRE, (2010); GERGI *et al.*, (2010).

O presente estudo mostrou que todos os sistemas rotatórios avaliados em geral apresentaram um baixo desvio e transporte do canal no terço apical. A explicação é

basicamente, o material com que são fabricados os instrumentos rotatórios utilizados no presente estudo (NiTi), e o diâmetro apical utilizado (25/.06 e 25/.08) o qual apresentam um baixo índice de deformação apical, possivelmente pela pouca massa metálica, demonstrando concordância com os resultados de PAQUÉ; GANAHL; PETERS, (2009); GERGI *et al.*, (2010) OZER *et al.*, (2011).

Nível médio e cervical

Outro problema está intimamente relacionado à diminuição excessiva de dentina na “zona de perigo” do canal radicular, ou seja, no terço médio e cervical das raízes de canais radiculares curvos. A maioria dos sistemas rotatórios, principalmente em aço-inoxidável, como brocas de Gates-Glidden, podem alterar significativamente esta parte da curvatura por meio da remoção de dentina principalmente no lado interno da curvatura (PETERS; BOESSLER; PAQUÉ, 2010), condição esta que pode aumentar o risco de perfuração.

Após a avaliação do transporte intra-grupo, quando foram comparados os diferentes níveis, encontrou-se que, o nível 5 (cervical) demonstrou os maiores valores para todos os sistemas rotatórios avaliados (Ver tabela 9). Este fato foi confirmado na análise da quantidade de dentina remanescente onde se observou, que nos níveis 4 e 5 (tabelas 4 e 5), sua espessura diminuiu significativamente para o lado da voltado para furca. Este resultado também foi observado de acordo com estudos prévios (YUN; KIM, 2003; BERGMANS *et al.*, 2003; BERNARDES *et al.*, 2010)

Quando avaliou-se a quantidade de dentina removida no nível da furca, não foram encontradas perfurações ou “rasgos”, o que indica que todos os sistemas avaliados foram seguros nesse item, embora tenhamos observado que no nível 4, direção 4 (Ver Tabela 4), foram encontrados valores mínimos (ProTaper - 0,4 mm, Mtwo - 0,47 mm, BioRaCe - 0,65 mm e Twisted File 0,63 mm). E no nível 5, direção 4 (Tabela 5), os valores mínimos de dentina remanescente foram (ProTaper - 0,32 mm, Mtwo - 0,29 mm, BioRaCe - 0,46 mm e Twisted File 0,51 mm). Embora não constantes os valores mínimos podem ser explicados pela alta conicidade do sistema ProTaper e pela sequência proposta para o sistema Mtwo onde todos os instrumentos são utilizados no comprimento de trabalho. A falta de um desgaste compensatório no nível cervical pode fazer com que o instrumento tenha que suportar as curvaturas cervical e apical ocasionando um maior desgaste no terço médio. De acordo com BERGMANS *et al.*, (2003); YANG *et al.*, (2006), quando se considera os terços coronário e

médio de molares inferiores, existe uma maior tendência de transporte em direção à furca, atribuída aos instrumentos ProTaper, provavelmente em função do grande aumento de conicidade nos mesmos. Esta mesma relação não foi observada por UYANIK *et al.*, (2006). O maior desgaste neste nível poderia também estar relacionado a um maior volume de dentina na parede mesial, que tende a forçar o instrumento nessa região para distal (DI GIORGI, 2010).

No que se refere às mudanças de volume total e apical dos canais analisados (Ver tabela 10) não foram encontradas diferenças significativas entre os grupos, complementando os resultados achados na avaliação da quantidade de dentina remanescente. Tais resultados também foram observados por PETERS *et al.*, (2001); GEKELMAN *et al.*, (2009), ao utilizar instrumentos de mesmo calibre e conicidades. Quando a forma tridimensional dos canais radiculares foi estudada por PETERS *et al.*, (2003), usando micro-CT, instrumentos rotatórios de NiTi, não prepararam consistentemente entre 20 e 40% as superfícies internas de canais curvos de molares maxilares, mesmo em canais palatinos, que comumente aparentam ser mais fáceis de modelar (GAO *et al.*, 2009; PETERS; PAQUÉ, 2011). Assim como observado no presente estudo, todos os instrumentos rotatórios mostraram limitações importantes referentes à quantidade de dentina que removem ao longo do canal. Devido à ampla quantidade de variações individuais, não há garantia de que instrumentos rotatórios com diferentes designs e conicidades resultem num corte adequado das paredes do canal (WEIGER; ELAYOUTI; LOST, 2002), sendo que a forma final da modelagem pode variar de dente para dente.

Como foi mostrado em estudos prévios (PAQUÉ; GANAHL; PETERS, 2009; ENDAL *et al.*, 2011), as áreas vestibular e lingual de canais radiculares achatados ou com presença de istmos não podem ser adequadamente preparados pelos instrumentos rotatórios disponíveis atualmente. Em geral, os instrumentos rotatórios de NiTi atuais possuem diferentes tipos de lâmina, que quando acionadas no interior do sistema de canais radiculares formam uma seção transversal redonda (DAVIS; BRAYTON; GOLDMAN, 1972; LOIZIDES *et al.*, 2007). Uma observação importante, após o estudo dos modelos tridimensionais, é em relação à presença dos istmos, que podem se apresentar nos últimos 4 mm apicais sem a evidência de sua presença no nível da embocadura dos canais radiculares (FAN *et al.*, 2009; ENDAL *et al.*, 2011). Do ponto de vista clínico, não há possibilidade de antecipar a presença de istmos, tomando como base a anatomia presente no terço cervical (YIN *et al.*, 2010), nem parece ser possível sua limpeza mecânica sem que a dentina cervical seja eliminada consideravelmente.

Em conclusão, a instrumentação rotatória com os sistemas avaliados em canais radiculares de raízes mesiais de molares inferiores, não promoveu alterações significativas no terço apical, sendo o desgaste ocasionado mais acentuado nos níveis médio e cervical. Por estes motivos os instrumentos rotatórios de diâmetro e conicidade testados podem ser considerados como instrumentos que simplesmente facilitam ao operador o acesso ao terço apical sem promover uma limpeza mecânica significativa. Adicionalmente, não foram observados erros do tipo perfurações ou transporte apical acima de 0,10 mm, o que se considera aceitável. Para PETERS; BARBAKOW; PETERS, (2004), o transporte do canal de até 0,15 mm é considerado aceitável. WU; FAN; WESSELINK, (2000), consideram que transportes maiores do que 0,30 mm podem ter um impacto negativo no selamento apical da obturação, influenciando o prognóstico do tratamento. Independentemente dos sistemas rotatórios utilizados, observou-se uma limitada ação mecânica na região apical, confirmando a necessidade de desinfecção química adicional. Em função da anatomia muitas vezes complexa, o uso de instrumentos manuais ou rotatórios de diâmetros acima de 25 parece ser imprescindível para o preparo dos últimos milímetros apicais.

7 CONCLUSÃO

7 CONCLUSÃO

1. Os sistemas rotatórios de NiTi avaliados não aumentaram significativamente os volumes apical e total dos canais radiculares.
2. O maior índice de transporte foi no terço cervical e médio para todos os sistemas avaliados.
3. A quantidade de dentina remanescente diminuiu significativamente nos terços cervical e médio na direção voltada para a furca em todos os sistemas utilizados.

REFERÊNCIAS

REFERÊNCIAS

Abou-Rass M, Frank AL, Glick DH. The anticurvature filing method to prepare the curved root canal. *J Am Dent Assoc.* 1980;101(5):792-4.

Aguiar CM, Ferreira JP, Camara AC, de Figueiredo JA. Type 2 dens invaginatus in a maxillary lateral incisor: a case report of a conventional endodontic treatment. *J Clin Pediatr Dent.* 2008;33(2):103-6.

Al-Sudani D, Al-Shahrani S. A comparison of the canal centering ability of ProFile, K3, and RaCe Nickel Titanium rotary systems. *J Endod.* 2006;32(12):1198-201.

Atlas DM, Leonardi L, Raiden G. Shaping of curved root canals instrumented with stainless steel and nickel titanium files. *Acta Odontol Latinoam.* 2005;18(1):23-30.

Auricchio F, Taylor RL, Lubliner J. Shape-memory alloys: Macromodelling and numerical simulations of the superelastic behavior. *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering.* 1997;146(3-4):281-312.

Aydin C, Inan U, Yasar S, Bulucu B, Tunca YM. Comparison of shaping ability of RaCe and Hero Shaper instruments in simulated curved canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2008;105(3):e92-7.

Berbert A, Bramante CM, Bernardineli N. São Paulo: Sarvier; 1980.

Bergmans L, Van Cleynenbreugel J, Beullens M, Wevers M, Van Meerbeek B, Lambrechts P. Smooth flexible versus active tapered shaft design using NiTi rotary instruments. *Int Endod J.* 2002;35(10):820-8.

Bergmans L, Van Cleynenbreugel J, Beullens M, Wevers M, Van Meerbeek B, Lambrechts P. Progressive versus constant tapered shaft design using NiTi rotary instruments. *Int Endod J.* 2003;36(4):288-95.

Bergmans L, Van Cleynenbreugel J, Wevers M, Lambrechts P. A methodology for quantitative evaluation of root canal instrumentation using microcomputed tomography. *Int Endod J.* 2001;34(5):390-8.

Bernardes RA, Rocha EA, Duarte MA, Vivan RR, de Moraes IG, Bramante AS, et al. Root canal area increase promoted by the EndoSequence and ProTaper systems: comparison by computed tomography. *J Endod*. 2010;36(7):1179-82.

Bertrand MF, Lupi-Pegurier L, Medioni E, Muller M, Bolla M. Curved molar root canal preparations using Hero 642 rotary nickel-titanium instruments. *Int Endod J*. 2001;34(8):631-6.

Berutti E. Computerized analysis of the instrumentation of the root canal system. *J Endod*. 1993;19(5):236-8.

Berutti E, Chiandussi G, Gaviglio I, Ibba A. Comparative analysis of torsional and bending stresses in two mathematical models of nickel-titanium rotary instruments: ProTaper versus ProFile. *J Endod*. 2003;29(1):15-9.

Bishop K, Dummer PM. A comparison of stainless steel Flexofiles and nickel-titanium NiTiFlex files during the shaping of simulated canals. *Int Endod J*. 1997;30(1):25-34.

Bjørndal L, Carlsen O, Thuesen G, Darvann T, Kreiborg S. External and internal macromorphology in 3D-reconstructed maxillary molars using computerized X-ray microtomography. *Int Endod J*. 1999;32(1):3-9.

Bonaccorso A, Cantatore G, Condorelli GG, Schafer E, Tripi TR. Shaping ability of four nickel-titanium rotary instruments in simulated S-shaped canals. *J Endod*. 2009;35(6):883-6.

Bonaccorso A, Schäfer E, Condorelli GG, Cantatore G, Tripi TR. Chemical analysis of nickel-titanium rotary instruments with and without electropolishing after cleaning procedures with sodium hypochlorite. *J Endod*. 2008;34(11):1391-5.

Bramante CM, Berbert A, Borges RP. A methodology for evaluation of root canal instrumentation. *J Endod*. 1987;13(5):243-5.

Bryant ST, Thompson SA, al-Omari MA, Dummer PM. Shaping ability of Profile rotary nickel-titanium instruments with ISO sized tips in simulated root canals: Part 1. *Int Endod J*. 1998;31(4):275-81.

Buchanan LS. The art of endodontics: cleaning and shaping the root canal system. The apical preparation. Part IV of a four-part series on cleaning and shaping root canals. *Dent Today*. 1994;13(1):50, 2.

Camara AS, de Castro Martins R, Viana AC, de Toledo Leonardo R, Buono VT, de Azevedo Bahia MG. Flexibility and torsional strength of ProTaper and ProTaper Universal rotary instruments assessed by mechanical tests. *J Endod*. 2009;35(1):113-6.

Camps JJ, Pertot WJ. Machining efficiency of nickel-titanium K-type files in a linear motion. *Int Endod J*. 1995a;28(6):279-84.

Camps JJ, Pertot WJ. Torsional and stiffness properties of nickel-titanium K files. *Int Endod J*. 1995b;28(5):239-43.

Carvalho LAP, Bonetti I, Borges MAG. A comparison of molar root canal preparation using stainless-steel and nickel-titanium instruments. *J Endod*. 1999;25(12):807-10.

Cheung GS, Shen Y, Darvell BW. Effect of environment on low-cycle fatigue of a nickel-titanium instrument. *J Endod*. 2007a;33(12):1433-7.

Cheung GS, Shen Y, Darvell BW. Does electropolishing improve the low-cycle fatigue behavior of a nickel-titanium rotary instrument in hypochlorite? *J Endod*. 2007b;33(10):1217-21.

Cheung LH, Cheung GS. Evaluation of a rotary instrumentation method for C-shaped canals with micro-computed tomography. *J Endod*. 2008;34(10):1233-8.

Coleman CL, Svec TA, Rieger MR, Suchina JA, Wang MM, Glickman GN. Analysis of nickel-titanium versus stainless steel instrumentation by means of direct digital imaging. *J Endod*. 1996;22(11):603-7.

Davis SR, Brayton SM, Goldman M. The morphology of the prepared root canal: a study utilizing injectable silicone. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. 1972;34(4):642-8.

Di Giorgi KA, Avaliação do efeito de duas técnicas de instrumentação na zona de risco de molares inferiores curvos através de microtomografia computadorizada e análise de imagens. [dissertação]. Rio de Janeiro (RJ): Faculdade de Odontologia, Universidade Estadual do Rio de Janeiro; 2010.

Dowker SE, Davis GR, Elliott JC. X-ray microtomography: nondestructive three-dimensional imaging for in vitro endodontic studies. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 1997;83(4):510-6.

Endal U, Shen Y, Knut A, Gao Y, Haapasalo M. A high-resolution computed tomographic study of changes in root canal isthmus area by instrumentation and root filling. *J Endod.* 2011;37(2):223-7.

Esposito PT, Cunningham CJ. A comparison of canal preparation with nickel-titanium and stainless steel instruments. *J Endod.* 1995;21(4):173-6.

Fan B, Pan Y, Gao Y, Fang F, Wu Q, Gutmann JL. Three-dimensional Morphologic Analysis of Isthmuses in the Mesial Roots of Mandibular Molars. *J Endod.* 2010;36(11):1866-9.

Foschi F, Nucci C, Montebugnoli L, Marchionni S, Breschi L, Malagnino VA, et al. SEM evaluation of canal wall dentine following use of Mtwo and ProTaper NiTi rotary instruments. *Int Endod J.* 2004;37(12):832-9.

Freire LG. Avaliação do preparo de canais radiculares com instrumentos rotatórios torcidos e usinados, por meio de cortes transversais e da microtomografia computadorizada [dissertação]. São Paulo (SP): Faculdade de Odontologia, Universidade de São Paulo; 2010.

Gambarini G. Rationale for the use of low-torque endodontic motors in root canal instrumentation. *Endod Dent Traumatol.* 2000;16(3):95-100.

Gambarini G, Grande NM, Plotino G, Somma F, Garala M, De Luca M, et al. Fatigue resistance of engine-driven rotary nickel-titanium instruments produced by new manufacturing methods. *J Endod.* 2008;34(8):1003-5.

Gambill JM, Alder M, del Rio CE. Comparison of nickel-titanium and stainless steel hand-file instrumentation using computed tomography. *J Endod.* 1996;22(7):369-75.

Gao Y, Fan B, Cheung GS, Gutmann JL, Fan M. C-shaped canal system in mandibular second molars part IV: 3-D morphological analysis and transverse measurement. *J Endod.* 2006;32(11):1062-5.

Gekelman D, Ramamurthy R, Mirfarsi S, Paqué F, Peters OA. Rotary nickel-titanium GT and ProTaper files for root canal shaping by novice operators: a radiographic and micro-computed tomography evaluation. *J Endod.* 2009;35(11):1584-8.

Gergi R, Rjeily JA, Sader J, Naaman A. Comparison of canal transportation and centering ability of twisted files, Pathfile-ProTaper system, and stainless steel hand K-files by using computed tomography. *J Endod.* 2010;36(5):904-7.

Glosson CR, Haller RH, Dove SB, del Rio CE. A comparison of root canal preparations using Ni-Ti hand, Ni-Ti engine-driven, and K-Flex endodontic instruments. *J Endod.* 1995;21(3):146–151.

Gluskin AH, Brown DC, Buchanan LS. A reconstructed computerized tomographic comparison of Ni-Ti rotary GT files versus traditional instruments in canals shaped by novice operators. *Int Endod J.* 2001;34(6):476-84.

Goldberg F, Araújo JA. Comparison of three instruments in the preparation of curved root canals. *Endod Dent Traumatol.* 1997;13(6):265-8.

Guelzow A, Stamm O, Martus P, Kielbassa AM. Comparative study of six rotary nickel-titanium systems and hand instrumentation for root canal preparation. *Int Endod J.* 2005;38(10):743-52.

Gutierrez JH, Garcia J. Microscopic and macroscopic investigation on results of mechanical preparation of root canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1968;25(1):108-16.

Haikel Y, Serfaty R, Wilson P, Speisser JM, Allemann C. Mechanical properties of nickel-titanium endodontic instruments and the effect of sodium hypochlorite treatment. *J Endod.* 1998;24(11):731-5.

Harlan AL, Nicholls JJ, Steiner JC. A comparison of curved canal instrumentation using nickel-titanium or stainless steel files with the balanced-force technique. *J Endod.* 1996;22(8):410-3.

Hartmann MS, Barletta FB, Camargo Fontanella VR, Vanni JR. Canal transportation after root canal instrumentation: a comparative study with computed tomography. *J Endod.* 2007;33(8):962-5.

Hayashi Y, Yoneyama T, Yahata Y, Miyai K, Doi H, Hanawa T. Phase transformation behaviour and bending properties of hybrid nickel-titanium rotary endodontic instruments. *Int Endod J.* 2007;40(4):247-53.

Heck AR, Avaliação radiográfica da deformação apical com uso de instrumentos manuais em aço-inoxidável e de liga níquel-titânio e rotatórios de liga níquel-titânio. [dissertação]. Bauru (SP): Faculdade de Odontologia de Bauru, Universidade de São Paulo; 1997.

Hess W. Formation of root canals in human teeth. *J Am Dent Assoc* 1921;8:704-34.

Hill RL, del Rio CE. A histological comparison of the canal wall planing ability of two new endodontic files. *J Endod.* 1983;9(12):517-22.

Himel VT, Ahmed KM, Wood DM, Alhadainy HA. An evaluation of nitinol and stainless steel files used by dental students during a laboratory proficiency exam. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 1995;79(2):232-7.

Hsu YY, Kim S. The resected root surface. The issue of canal isthmuses. *Dent Clin North Am.* 1997;41(3):529-40.

Hülsmann M, Gressmann G, Schäfers F. A comparative study of root canal preparation using FlexMaster and HERO 642 rotary Ni-Ti instruments. *Int Endod J.* 2003;36(5):358-66.

Imura N, Kato AS, Novo NF, Hata G, Uemura M, Toda T. A comparison of mesial molar root canal preparations using two engine-driven instruments and the balanced-force technique. *J Endod.* 2001;27(10):627-31.

Javaheri HH, Javaheri GH. A comparison of three Ni-Ti rotary instruments in apical transportation. *J Endod.* 2007;33(3):284-6.

Johnson E, Lloyd A, Kuttler S, Namerow K. Comparison between a novel nickel-titanium alloy and 508 nitinol on the cyclic fatigue life of ProFile 25/.04 rotary instruments. *J Endod.* 2008;34(11):1406-9.

Knowles KI, Ibarrola JL, Christiansen RK. Assessing apical deformation and transportation following the use of LightSpeed root-canal instruments. *Int Endod J.* 1996;29(2):113-7.

Koch KA, Brave D. The 0.06 tapered preparation. "Secret technique" of endodontists. *Dent Today.* 2002;21(9):68-74.

Kuhn WG, Carnes DL, Jr., Clement DJ, Walker WA, 3rd. Effect of tip design of nickel-titanium and stainless steel files on root canal preparation. *J Endod.* 1997;23(12):735-8.

Kunert GG, Camargo Fontanella VR, de Moura AA, Barletta FB. Analysis of apical root transportation associated with ProTaper Universal F3 and F4 instruments by using digital subtraction radiography. *J Endod.* 2010;36(6):1052-5.

Larsen CM, Watanabe I, Glickman GN, He J. Cyclic fatigue analysis of a new generation of nickel titanium rotary instruments. *J Endod*. 2009;35(3):401-3.

Lauretti MB, Isaac APMAS. *Manual de Técnica Endodôntica*. São Paulo: Santos; 2005.

Leonardo MR. *Endodontia: Tratamento de Canais Radiculares*. São Paulo: Artes Médicas; 2005.

Leonardo MR, Leonardo RT. *Endodontia: Conceitos Biológicos e Recursos Tecnológicos*. São Paulo: Artes Médicas; 2009.

Lim KC, Webber J. The validity of simulated root canals for the investigation of the prepared root canal shape. *Int Endod J*. 1985;18(4):240-6.

Lim SS, Stock CJ. The risk of perforation in the curved canal: anticurvature filing compared with the stepback technique. *Int Endod J*. 1987;20(1):33-9.

Loizides AL, Kakavetsos VD, Tzanetakis GN, Kontakiotis EG, Eliades G. A comparative study of the effects of two nickel-titanium preparation techniques on root canal geometry assessed by microcomputed tomography. *J Endod*. 2007;33(12):1455-9.

Lopes HP, Elias CN, Vieira VT, Moreira EJ, Marques RV, de Oliveira JC, et al. Effects of electropolishing surface treatment on the cyclic fatigue resistance of BioRace nickel-titanium rotary instruments. *J Endod*. 2010;36(10):1653-7.

Lopes HP, Siqueira Jr, JF. *Endodontia. Biologia e Técnica*: Rio de Janeiro: Medsi; 2010.

Madureira RG, Forner Navarro L, Llena MC, Costa M. Shaping ability of nickel-titanium rotary instruments in simulated S-shaped root canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2010;109(2):e136-44.

Martin B, Zelada G, Varela P, Bahillo JG, Magan F, Ahn S, et al. Factors influencing the fracture of nickel-titanium rotary instruments. *Int Endod J*. 2003;36(4):262-6.

Melton, KN. Ni-Ti based shape memory alloys. *Engineering Aspects of Shape Memory Alloys*, London: Butterworth-Heinemann;1990. 419p.

Metzger Z, Zary R, Cohen R, Teperovich E, Paqué F. The quality of root canal preparation and root canal obturation in canals treated with rotary versus self-adjusting files: a three-dimensional micro-computed tomographic study. *J Endod*. 2010;36(9):1569-73.

Meyer W. Die Anatomie der Wurzelkanäle. *Zahnarztl Rundschau*. 1955;64:532-534.

Min Y, Fan B, Cheung GS, Gutmann JL, Fan M. C-shaped canal system in mandibular second molars Part III: The morphology of the pulp chamber floor. *J Endod*. 2006;32(12):1155-9.

Miserendino LJ, Brantley WA, Walia HD, Gerstein H. Cutting efficiency of endodontic hand instruments. Part 4. Comparison of hybrid and traditional instrument designs. *J Endod*. 1988;14(9):451-4.

Moore J, Fitz-Walter P, Parashos P. A micro-computed tomographic evaluation of apical root canal preparation using three instrumentation techniques. *Int Endod J*. 2009;42(12):1057-64.

Mounce RE. A new method of canal enlargement. *Dent Today*. 2008;27(5):94, 6, 8-9.

Moraes SH, Aragão EM, Heck AR. Preparo dos canais radiculares com o sistema Quantec. *Jornal Brasileiro de Clínica & Estética em Odontologia*. 1999;15(3):71-3.

Nielsen RB, Alyassin AM, Peters DD, Carnes DL, Lancaster J. Microcomputed tomography: an advanced system for detailed endodontic research. *J Endod*. 1995;21(11):561-8.

Ozer SY. Comparison of root canal transportation induced by three rotary systems with noncutting tips using computed tomography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2011;111(2):244-50.

Paqué F, Barbakow F, Peters OA. Root canal preparation with Endo-Eze AET: changes in root canal shape assessed by micro-computed tomography. *Int Endod J*. 2005;38(7):456-64.

Paqué F, Ganahl D, Peters OA. Effects of root canal preparation on apical geometry assessed by micro-computed tomography. *J Endod*. 2009;35(7):1056-9.

Paqué F, Musch U, Hülsmann M. Comparison of root canal preparation using RaCe and ProTaper rotary Ni-Ti instruments. *Int Endod J*. 2005;38(1):8-16.

Pasternak-Júnior B, Sousa-Neto MD, Silva RG. Canal transportation and centring ability of RaCe rotary instruments. *Int Endod J*. 2009;42(6):499-506.

Patel S. New dimensions in endodontic imaging: Part 2. Cone beam computed tomography. *Int Endod J*. 2009;42(6):463-75.

Pereira CC, de Oliveira EP, Gomes MS, Della-Bona A, Vanni JR, Kopper PM, et al. Comparative in vivo analysis of the sealing ability of three endodontic sealers in dog teeth after post-space preparation. *Aust Endod J*. 2007;33(3):101-6.

Peru M, Peru C, Mannocci F, Sherrieff M, Buchanan LS, Pitt Ford TR. Hand and nickel-titanium root canal instrumentation performed by dental students: a micro-computed tomographic study. *Eur J Dent Educ*. 2006;10(1):52-9.

Peters OA, Barbakow F, Peters CI. An analysis of endodontic treatment with three nickel-titanium rotary root canal preparation techniques. *Int Endod J*. 2004;37(12):849-59.

Peters OA, Boessler C, Paqué F. Root canal preparation with a novel nickel-titanium instrument evaluated with micro-computed tomography: canal surface preparation over time. *J Endod*. 2010;36(6):1068-72.

Peters OA, Laib A, Gohring TN, Barbakow F. Changes in root canal geometry after preparation assessed by high-resolution computed tomography. *J Endod*. 2001;27(1):1-6.

Peters OA, Laib A, Rueggsegger P, Barbakow F. Three-dimensional analysis of root canal geometry by high-resolution computed tomography. *J Dent Res*. 2000;79(6):1405-9.

Peters OA, Paqué F. Root canal preparation of maxillary molars with the self-adjusting file: a micro-computed tomography study. *J Endod*. 2011;37(1):53-7.

Peters OA, Peters CI, Schönenberger K, Barbakow F. ProTaper rotary root canal preparation: effects of canal anatomy on final shape analysed by micro CT. *Int Endod J*. 2003;36(2):86-92.

Peters OA, Schönenberger K, Laib A. Effect of four Ni-Ti preparation techniques on root canal geometry assessed by micro computed tomography. *Int Endod J*. 2001;34(3):221-30.

Plotino G, Grande NM, Pecci R, Bedini R, Pameijer CH, Somma F. Three-dimensional imaging using microcomputed tomography for studying tooth macromorphology. *J Am Dent Assoc*. 2006;137(11):1555-61.

Pruett JP, Clement DJ, Carnes DL, Jr. Cyclic fatigue testing of nickel-titanium endodontic instruments. *J Endod.* 1997;23(2):77-85.

Rhodes JS, Ford TR, Lynch JA, Liepins PJ, Curtis RV. Micro-computed tomography: a new tool for experimental endodontology. *Int Endod J.* 1999;32(3):165-70.

Rhodes JS, Ford TR, Lynch JA, Liepins PJ, Curtis RV. A comparison of two nickel-titanium instrumentation techniques in teeth using microcomputed tomography. *Int Endod J.* 2000;33(3):279-85.

Roane JB, Sabala CL, Duncanson MG, Jr. The "balanced force" concept for instrumentation of curved canals. *J Endod.* 1985;11(5):203-11.

Ruddle CJ. The ProTaper technique. *Endod Top.* 2005;10:187-90.

Schäfer E, Erler M, Dammaschke T. Comparative study on the shaping ability and cleaning efficiency of rotary Mtwo instruments. Part 2. Cleaning effectiveness and shaping ability in severely curved root canals of extracted teeth. *Int Endod J.* 2006;39(3):203-12.

Schäfer E, Lohmann D. Efficiency of rotary nickel-titanium FlexMaster instruments compared with stainless steel hand K-Flexofile--Part 2. Cleaning effectiveness and instrumentation results in severely curved root canals of extracted teeth. *Int Endod J.* 2002;35(6):514-21.

Schäfer E, Schlingemann R. Efficiency of rotary nickel-titanium K3 instruments compared with stainless steel hand K-Flexofile. Part 2. Cleaning effectiveness and shaping ability in severely curved root canals of extracted teeth. *Int Endod J.* 2003;36(3):208-17.

Schäfer E, Tepel J, Hoppe W. Properties of endodontic hand instruments used in rotary motion. Part 2. Instrumentation of curved canals. *J Endod.* 1995;21(10):493-7.

Schäfer E, Vlassis M. Comparative investigation of two rotary nickel-titanium instruments: ProTaper versus RaCe. Part 2. Cleaning effectiveness and shaping ability in severely curved root canals of extracted teeth. *Int Endod J.* 2004;37(4):239-48.

Schilder H. Cleaning and shaping the root canal. *Dent Clin North Am.* 1974;18(2):269-96.

Schmitz MS, Santos R, Capelli A, Jacobovitz M, Spanó JCE, Pécora JD. Influence of Cervical Preflaring on Determination of Apical File Size in Mandibular Molars: SEM Analysis. *Braz Dent J*. 2008; 19(3):245-51.

Schneider SW. A comparison of canal preparations in straight and curved root canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. 1971;32(2):271-5.

Seltzer S, Bender IB, Smith J, Freedman I, Nazimov H. Endodontic failures--an analysis based on clinical, roentgenographic, and histologic findings. I. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. 1967;23(4):500-16.

Serene TP, Adams JD, Saxena A. *A Nickel-Titanium Instruments: Applications in endodontics*. St Louis Missouri, USA: Ishiyaku Euroamerica, Inc, 1995, 112p.

Siqueira JF, Jr., Lima KC, Magalhães FA, Lopes HP, de Uzeda M. Mechanical reduction of the bacterial population in the root canal by three instrumentation techniques. *J Endod*. 1999;25(5):332-5.

Sonntag D, Ott M, Kook K, Stachniss V. Root canal preparation with the NiTi systems K3, Mtwo and ProTaper. *Aust Endod J*. 2007;33(2):73-81.

Southard DW, Oswald RJ, Natkin E. Instrumentation of curved molar root canals with the Roane technique. *J Endod*. 1987;13(10):479-89.

Spanaki-Voreadi AP, Kerezoudis NP, Zinelis S. Failure mechanism of ProTaper Ni-Ti rotary instruments during clinical use: fractographic analysis. *Int Endod J*. 2006;39(3):171-8.

Swain MV, Xue J. State of the art of Micro-CT applications in dental research. *Int J Oral Sci*. 2009;1(4):177-88.

Sydney GB, Batista A, de Melo LL. The radiographic platform: a new method to evaluate root canal preparation in vitro. *J Endod*. 1991;17(11):570-2.

Tachibana H, Matsumoto K. Applicability of X-ray computerized tomography in endodontics. *Endod Dent Traumatol*. 1990;6(1):16-20.

Teixeira FB, Sano CL, Gomes BP, Zaia AA, Ferraz CC, Souza-Filho FJ. A preliminary in vitro study of the incidence and position of the root canal isthmus in maxillary and mandibular first molars. *Int Endod J*. 2003;36(4):276-80.

Tepel J, Schäfer E. Endodontic hand instruments: cutting efficiency, instrumentation of curved canals, bending and torsional properties. *Endod Dent Traumatol*. 1997;13(5):201-10.

Tepel J, Schäfer E, Hoppe W. Properties of endodontic hand instruments used in rotary motion. Part 1. Cutting efficiency. *J Endod*. 1995;21(8):418-21.

Testarelli L, Milana V, Rizzo F, Gagliani M, Gambarini G. Sealing ability of a new carrier-based obturating material. *Minerva Stomatol*. 2009;58(5):217-24.

Thompson SA. An overview of nickel-titanium alloys used in dentistry. *Int Endod J*. 2000;33(4):297-310.

Thompson SA, Dummer PM. Shaping ability of NT Engine and McXim rotary nickel-titanium instruments in simulated root canals. Part 2. *Int Endod J*. 1997;30(4):270-8.

Thompson SA, Dummer PM. Shaping ability of Quantec Series 2000 rotary nickel-titanium instruments in simulated root canals: Part 1. *Int Endod J*. 1998;31(4):259-67.

Torabinejad M. Passive step-back technique. A sequential use of ultrasonic and hand instruments. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. 1994;77(4):402-5.

Vanni JR, Albuquerque DS, Reiss C, Baratto Filho F, Limongi O, Della Bona A. Apical displacement produced by rotary nickel-titanium instruments and stainless steel files. *J Appl Oral Sci*. 2004;12(1):51-5.

Veltri M, Mollo A, Mantovani L, Pini P, Balleri P, Grandini S. A comparative study of Endoflare-Hero Shaper and Mtwo NiTi instruments in the preparation of curved root canals. *Int Endod J*. 2005;38(9):610-6.

Walia HM, Brantley WA, Gerstein H. An initial investigation of the bending and torsional properties of Nitinol root canal files. *J Endod*. 1988;14(7):346-51.

Walton RE. Histologic evaluation of different methods of enlarging the pulp canal space. *J Endod*. 1976;2(10):304-11.

Weiger R, ElAyouti A, Lost C. Efficiency of hand and rotary instruments in shaping oval root canals. *J Endod*. 2002;28(8):580-3.

Weine FS, Kelly RF, Lio PJ. The effect of preparation procedures on original canal shape and on apical foramen shape. *J Endod.* 1975;1(8):255-62.

West J. Progressive taper technology: rationale and clinical technique for the new ProTaper universal system. *Dent Today.* 2006;25(12):64, 6-9.

Wildev WL, Senia ES, Montgomery S. Another look at root canal instrumentation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1992;74(4):499-507.

Wu MK, Fan B, Wesselink PR. Leakage along apical root fillings in curved root canals. Part I: effects of apical transportation on seal of root fillings. *J Endod.* 2000;26(4):210-6.

Wu MK, R'Oris A, Barkis D, Wesselink PR. Prevalence and extent of long oval canals in the apical third. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2000;89(6):739-43.

Wu MK, van der Sluis LW, Wesselink PR. The capability of two hand instrumentation techniques to remove the inner layer of dentine in oval canals. *Int Endod J.* 2003;36(3):218-24.

Yang GB, Zhou XD, Zhang H, Wu HK. Shaping ability of progressive versus constant taper instruments in simulated root canals. *Int Endod J.* 2006;39(10):791-9.

Yin X, Cheung GS, Zhang C, Masuda YM, Kimura Y, Matsumoto K. Micro-computed tomographic comparison of nickel-titanium rotary versus traditional instruments in C-shaped root canal system. *J Endod.* 2010;36(4):708-12.

Yoshimine Y, Ono M, Akamine A. The shaping effects of three nickel-titanium rotary instruments in simulated S-shaped canals. *J Endod.* 2005;31(5):373-5.

Yun H, Kim SK. A comparison of the shaping abilities of 4 NiTi rotary instruments in simulated root canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2003;95(2):228-33.

Zmener O, Balbachan L. Effectiveness of nickel-titanium files for preparing curved root canals. *Endod Dent Traumatol.* 1995;11(3):121-3.

Zmener O, Banegas G. Comparison of three instrumentation techniques in the preparation of simulated curved root canals. *Int Endod J*. 1996;29(5):315-9.

Zuckerman O, Katz A, Pilo R, Tamse A, Fuss Z. Residual dentin thickness in mesial roots of mandibular molars prepared with Lightspeed rotary instruments and Gates-Glidden reamers. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2003;96(3):351-5.

ANEXOS

Universidade de São Paulo
Faculdade de Odontologia de Bauru

Al. Dr. Octávio Pinheiro Brisolla, 9-75 – Bauru-SP – CEP 17012-901 – C.P. 73
PABX (0XX14)3235-8000 – FAX (0XX14)3223-4679

Comitê de Ética em Pesquisa (14)3235-8356
mferrari@fob.usp.br

Processo nº 131/2010

Bauru, 29 de novembro de 2010.

Senhor Professor,

Informamos que após o envio da documentação solicitada referente ao projeto de pesquisa encaminhado a este Comitê de Ética em **Eficácia de quatro instrumentos rotatórios de níquel titânio na remoção dos materiais obturadores dos canais radiculares**, de autoria Marcelo Haas Vilas Boas, sob sua orientação, foi novamente analisado e considerado **APROVADO** por este Colegiado, em reunião realizada no dia **24 de novembro de 2010**.

Solicitamos que ao término do trabalho, seja enviado a este Comitê um relatório final para novo parecer, o qual será utilizado para publicação científica.

Atenciosamente,

Prof. Dr. Flávio Augusto Cardoso de Faria

Coordenador

Prof. Dr. Norberti Bernardineli

Docente do Departamento de Dentística, Endodontia e Materiais Dentários.

Universidade de São Paulo
Faculdade de Odontologia de Bauru

Al. Dr. Octávio Pinheiro Brisolla, 9-75 – Bauru-SP – Brasil – CEP 17012-901 – C.P. 73
PABX (0XX14)3235-8000 – FAX (0XX14)3223-4679

Comitê de Ética em Pesquisa (14)3235-8356
e-mail: mferrari@fob.usp.br

Proc. CEP nº 131/2010

Bauru, 25 de abril de 2011.

Senhor Professor,

Em atenção à solicitação de Vossa Senhoria para alteração do título do projeto de pesquisa “Eficácia de quatro instrumentos rotatórios de níquel titânio na remoção dos materiais obturadores dos canais radiculares”, de autoria de Marcelo Haas Vilas Boas, sob sua orientação, para “ANÁLISE COMPARATIVA EM MICROTOMOGRÁFIA DO PREPARO DOS CANAIS MESIAIS DE MOLARES INFERIORES POR QUATRO SISTEMAS ROTATÓRIOS DE NÍQUEL-TITÂNIO”, informamos a autorização deste Colegiado, considerando não haver impedimentos éticos.

Atenciosamente,

Prof. Dr. Flávio Augusto Cardoso de Faria
Coordenador

Prof. Dr. Norberti Bernadineli

Docente do Departamento de Dentística, Endodontia e Materiais Dentários