SANDRA SOARES KÜHNE BUSQUIM

**Avaliação do preparo e da limpeza de canais radiculares ovais longos
comparando os sistemas TF Adaptive e Reciproc, por meio da microtomografia
computadorizada e da microscopia eletrônica de varredura**

São Paulo

2018

SANDRA SOARES KÜHNE BUSQUIM

**Avaliação do preparo e da limpeza de canais radiculares ovais longos
comparando os sistemas TF Adaptive e Reciproc, por meio da microtomografia
computadorizada e da microscopia eletrônica de varredura**

Versão Corrigida

Tese apresentada à Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo, pelo Programa de Pós-Graduação em Odontologia (Dentística) para obter o título de Doutor em Ciências.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo dos Santos

Área de concentração: Endodontia

São Paulo

2018

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Catálogo-na-Publicação
Serviço de Documentação Odontológica
Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo

Busquim, Sandra Soares Kühne.

Avaliação do preparo e da limpeza de canais radiculares ovais longos comparando os sistemas TF Adaptive e Reciproc, por meio da microtomografia computadorizada e da microscopia eletrônica de varredura / Sandra Soares Kühne Busquim ; orientador Marcelo dos Santos. -- São Paulo, 2018.

128p. : fig., tab., ; 30 cm.

Tese (Doutorado) -- Programa de Pós-Graduação em Odontologia. Área de Concentração: Dentística. -- Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo.

Versão corrigida

1. Preparo de canal radicular. 2. Microscopia Eletrônica de Varredura. 3. Microtomografia. I. Santos, Marcelo dos. II. Título.

Busquim SSK. Avaliação do preparo e da limpeza de canais radiculares ovais longos comparando os sistemas TF Adaptive e Reciproc, por meio da microtomografia computadorizada e da microscopia eletrônica de varredura. Tese apresentada à Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Doutor em Ciências.

Aprovado em: 23/05/2018

Banca Examinadora

Prof. Dr. Giulio Gavini

Instituição: FO – USP Julgamento: Aprovada

Prof(a). Dr(a). Margarete Elizabete Brzozowski

Instituição: Externo Julgamento: Aprovada

Prof(a). Dr(a). Laila Gonzales Freire Gusukuma

Instituição: Especialista - FO Julgamento: Aprovada

DEDICATÓRIA

À minha mãe, Lúcia que sempre me incentivou a voar mais alto e colocou os estudos como a forma de chegarmos mais longe, de fazermos a diferença. Se agradecesse mil vezes, ainda não seria o suficiente. Então tento deixá-la orgulhosa, subindo os degraus na minha profissão e fazendo ter valido a pena todo o sacrifício dela na época da graduação. Te amo, mãe! Tenho certeza de que o papai também está feliz por mais esta conquista, olhando por nós!

À minha irmã Mônica, que também torce, vibra e ajuda em todos os momentos da minha vida. Obrigada por você ser esta pessoa que se doa, incentiva! Me adotou com “filha” e me fez ter um futuro melhor, com oportunidades mais desafiadoras e no final uma vida como eu sempre sonhei. Sis, te quero sempre ao meu lado!

Ao meu marido Rodney, pelo amor e paciência de sempre! Um lado tem que ser o que acolhe, o que equilibra e você me proporciona um porto seguro. Sei que sempre posso contar com você, que você sempre vai me ajudar quando o programa não abrir! A imagem não rodar! Eu quiser quebrar o computador! Amor, desculpe a confusão de final de tese e obrigada por tudo!

À minha filha Giovanna, que tanto amo e espero poder inspirar! Que vê a vida de uma forma mais simples e me ensina a ter paciência. Filha, você está começando a sua caminhada e querer saber mais nunca é demais!

Aos meus sobrinhos Luiz Renato e Maria Luíza, que já trilharam seus caminhos, fizeram suas escolhas profissionais e que me encham de orgulho pelas pessoas maravilhosas que são.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do estado de São Paulo (FAPESP)/CAPES, pelo auxílio financeiro regular a pesquisa (processo FAPESP 2015/19189-1) e pela bolsa de doutorado (processo FAPESP 2015/01645-0), sem os quais teria sido muito difícil, impossível a execução deste trabalho.

À Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo, pelo acolhimento e pela excelência de seus professores e educadores.

Ao Professor Dr. Marcelo dos Santos, agradeço em especial, por ter sido a pessoa que primeiramente viu em mim um potencial, qualidades para fazer um mestrado e me incentivou a fazê-lo. Não me deixou pelo meio do caminho, me permitiu alcançar meu sonho de fazer o mestrado, e agora terminar o doutorado. Sempre temos professores especiais na nossa jornada, e você com certeza é um destes para mim. Me abriu portas na FOUSP, sempre se mostrou uma pessoa íntegra, com caráter e amiga nestes anos de convivência. Admiro a sua pessoa, a sua família. Agradeço demais por tudo, e espero ter retribuído à altura a oportunidade que me foi dada. O ano não foi fácil, mas tudo nos deixou mais fortes!

Ao Prof Dr. Giulio Gavini, pela orientação dada durante a fase do curso, qualificação e em todas as vezes que precisei. Pelas aulas e conhecimento que, com certeza, vou sempre lembrar e querer alcançar. Obrigada pela confiança.

A todos os professores do Departamento de Endodontia, pelo convívio, atenção nos momentos delicados e conhecimentos partilhados. Obrigada pelos créditos, análises e discussões. Sempre agregaram e contribuíram para a elaboração da tese e minha formação pessoal.

Às minhas amigas mais que queridas, Elaine e Laila, que além de pessoas maravilhosas, de uma bondade ímpar, são profissionais muito competentes e profundas conhecedoras de microtomografia. Sem a amizade de vocês, a disposição em ajudar sempre, o caminho teria sido muito mais difícil! Agradeço muito a ajuda de

vocês e estou à disposição para ajudá-las no que for preciso! Vocês moram no meu coração!

Aos meus queridos amigos de Pós-graduação por toda ajuda, por todas as risadas, por todos os momentos juntos, que sempre foram muito bons!! “Obrigada, de nada”. Uma brincadeira que virou marca em nossos encontros. Vocês fizeram toda a diferença! Um beijo para cada um!

À toda equipe querida do Curso de Atualização da Fundecto (Margarete, Isabel, Vera, Nágila, Laila, Alessandra, Leonardo, Valéria, Lorena, Renata, Débora, Monalisa, Breno, Daniel, Karina, Juliana) obrigada pelo apoio, pela amizade, pelo incentivo nesta caminhada. Vocês são demais! Minha admiração por cada um de vocês é muito grande e nosso convívio muito gostoso!

À secretaria do Departamento de Dentística, nas pessoas de David e Selma, que sempre me ajudaram a não perder prazos, fazendo a parte burocrática que tanto nos enlouquece.

Às secretárias da Pós-graduação, Cátia e Alessandra, sempre gentis e prontas para responder todas e quaisquer dúvidas.

Às bibliotecárias, pela paciência na normatização do trabalho.

A todos da minha família e amigos do coração que torcem por mim, sempre me deram carinho e incentivo para chegar onde eu quisesse chegar. Não importa se estão perto ou longe, estão no coração.

"Quanto mais aumenta nosso conhecimento, mais evidente
fica nossa ignorância"

(John F. Kennedy)

RESUMO

Busquim SSK. Avaliação do preparo e da limpeza de canais radiculares ovais longos comparando os sistemas TF Adaptive e Reciproc, por meio da microtomografia computadorizada e da microscopia eletrônica de varredura [tese]. São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Odontologia; 2017. Versão Corrigida.

A ação do instrumento endodôntico nas paredes do canal leva à formação de debris dentinários. Sua remoção é principalmente função das manobras de irrigação. Entretanto, a ação do instrumento pode facilitar ou não o acúmulo dos debris dentinários, principalmente em função da sua cinemática. O sistema Twisted File (TF) Adaptive (SybronEndo, Orange, CA) combina o movimento rotatório contínuo e reciprocante e o sistema Reciproc (VDW, Munique, Alemanha) realiza o preparo do canal radicular pelo movimento reciprocante puro. Os objetivos deste estudo foram, utilizando a microtomografia computadorizada (micro-CT): avaliar, *ex vivo*, o preparo (aumento de volume e superfícies não preparadas) e quantificar o acúmulo de debris dentinários em canais ovais longos comparando os sistemas TF Adaptive e Reciproc; avaliar o efeito da irrigação ultrassônica ativada intermitente (IUAT) após o preparo químico-cirúrgico com os sistemas propostos, na redução de debris dentinários; e relacionar a presença de debris dentinários com o magma dentinário avaliado por meio do microscópio eletrônico de varredura. Canais distais de trinta e oito molares inferiores foram selecionados e divididos em dois grupos: G1 – TFA (n=19) e G2 – RC (n=19). Cada espécime foi submetido a três escaneamentos: pré- e pós-operatório e pós-irrigação ultrassônica passiva final. Após a reconstrução das imagens resultantes dos três escaneamentos, foi feito o correto registro das mesmas com o programa DataViewer. Os programas CTAn e CTvol foram utilizados para binarização dos objetos de interesse, avaliações morfométricas e reconstrução dos modelos tridimensionais. Foram mensurados o aumento de volume do canal, as superfícies não preparadas e os debris dentinários após o preparo químico-cirúrgico. Após a irrigação final, cinco raízes de cada grupo foram clivadas longitudinalmente ao meio no terço apical e analisadas no microscópio eletrônico de varredura (MEV) quanto à presença de magma dentinário. O sistema de pontuação utilizado foi o de Hülsmann et al. (1997). Os resultados foram analisados pelo programa Bioestat e mostraram uma distribuição não-paramétrica pelo teste D'Agostino. Por esta razão, para a análise dois a dois entre os grupos foi utilizado o teste de Mann-Whitney. Na análise intra-grupo, o teste de Kruskal-Wallis foi o escolhido, com complementação do teste de Dunn quando necessário. Os dados obtidos mostraram que o sistema TF Adaptive removeu mais dentina quando todo canal foi considerado ($p<0,05$).

Entretanto, não houve diferença estatisticamente significativa quanto à porcentagem de superfície não preparada em ambos os sistemas ($p>0.05$). Em relação ao acúmulo de debris dentinários e redução de debris dentinários pós-irrigação ultrassônica passiva, também não houve diferença entre os grupos ($p>0.05$). A IUAL promoveu redução significativa de debris dentinários, à exceção do terço apical. Qualitativamente, no MEV, observou-se magma dentinário não-homogêneo cobrindo a parede do canal, especialmente no grupo Reciproc. Conclui-se que nenhum sistema conseguiu preparar completamente as paredes de canal radicular oval longo e que a IUAL reduz os debris dentinários na ordem de 60-70%. Na análise do MEV, pode-se observar que não houve correlação entre a redução de debris dentinários e o magma dentinário.

Palavras-chave: Canal oval longo. Preparo do canal radicular. Debris dentinários. Microscópio Eletrônico de Varredura. Microtomografia computadorizada. TF Adaptive. Reciproc.

ABSTRACT

Busquim SSK. Evaluation of preparation and cleaning of long-oval root canals comparing TF Adaptive and Reciproc systems, using micro-computed tomography and scanning electron microscope [thesis]. São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Odontologia; 2017. Versão Corrigida.

The action of the endodontic instrument leads to hard-tissue debris. The main goal of the irrigation procedures is its removal. Nevertheless, depending on its kinematics the rotary file can contribute to the removal of hard-tissue debris. The TF Adaptive system (SybronEndo, Orange, CA) combines the rotary and reciprocating movement and the Reciproc system (VDW< Munique, Alemanha) with pure reciprocating movement, removes significant quantities of dentin of the canal wall with more difficulties of pulling out hard-tissue debris. The aims of this study were, using micro-computed tomography: evaluate preparation and quantify hard-tissue debris reduction in long-oval canals comparing TF Adaptive and Reciproc systems; evaluate the effect of passive ultrasonic irrigation (PUI) after preparation with the proposed groups in the accumulation of hard-tissue debris; and correlate the presence of hard-tissue debris with smear layer evaluated by scanning electron microscope (SEM). Distal canals of thirty-eight lower molars were selected and divided in two groups: G1 – TFA (n=19) and G2 – RC (n=19). Each specimen was scanned three times: pre- and post-instrumentation of the root canal; and post-passive ultrasonic irrigation. After reconstruction of the scanned images, a co-registration was done with DataViewer. The softwares CTan and CTvol were used for binarization of the objects of interest, morphometrics alterations and reconstruction of tridimensional models and hard-tissue debris models. Volume increasing, non-prepared surfaces and hard-tissue debris after instrumentation were measured. After final irrigation, the root canals were clived in halves at the apical third and analyzed by scanning electron microscope related to smear layer. The score system described by Hülsmann et al. (1997) was used. The results showed a non-parametric distribution by D'Agostino test. For that reason, Mann-Whitney test was used to compare the experimental groups and the Kruskal-Wallis test to compare intra-group performance. Dunn test determined which sample was different. Data shows that TF Adaptive removed more dentin in the whole root canal ($p<0,05$). There was no significant statistic difference comparing non-prepared surfaces between the systems ($p>0,05$). Related to hard-tissue debris and reduction of hard-tissue debris after passive ultrasonic irrigation, there was no significant difference between TF Adaptive and Reciproc. The PUI reduced significantly hard-tissue debris, except for the apical third. The scanning electron microscope (SEM) showed a non-homogeneous smear layer covering the canal dentin walls, specially the Reciproc group. It was concluded that no system completely prepared the dentin walls of long-oval root canals and the passive ultrasonic irrigation decreased hard-tissue debris about 60-70% in the evaluated systems. SEM analysis reported no correlation between hard-tissue reduction and smear layer.

Keywords: Long-oval canal. Preparation of root canal. Hard-tissue debris. Scanning electron microscope. Micro-computed tomography. TF Adaptive. Reciproc.

LISTA DE FIGURAS

Figura 4.1 - Microtomógrafo de raios-X SkyScan modelo 1176 do CAIMI/USP.....	53
Figura 4.2 - A: Posicionamento inicial do suporte de isopor no micro-CT. B: Posicionamento final para o escaneamento	54
Figura 4.3 - Piloto para determinação de parâmetros de aquisição das imagens da amostra	55
Figura 4.4 - Irrigação Final: Irrigação Ultrassônica Ativada Intermitente. A: Ponta Irrisonic (Helse Dental Technology); B: Dente com silicona de condensação para evitar o extravazamento de solução irrigadora.....	58
Figura 4.5 - Alteração das linhas X, Y e Z da imagem original. A: Tamanho original da imagem pré-preparo; B: Tamanho da imagem com <i>dataset</i> alterado.....	59
Figura 4.6 - Registro das imagens. A: Conjunto das imagens alteradas pré e pós-preparo; B: Conjunto das imagens pré/pós com a imagem pós-irrigação ultrassônica ativada intermitente.....	60
Figura 4.7 - Análise no programa CTan. A: Delimitação do ROI; B: Novo VOI; C: Binarização do objeto; D: Ferramenta <i>Custom Processing</i> para gerar sequência de tarefas para obtenção de informações	61
Figura 4.8 - Produto final de análise. A: Canal pré-operatório; B: Canal pós-operatório; C: Debris dentinários pós-preparo; D: Debris dentinários pós-IUAL	62
Figura 4.9 - Dentes clivados longitudinalmente ao meio no terço apical	64
Figura 4.10 - A: Metalização dos dentes clivados montados em <i>stub</i> ; B: Detalhe do dente metalizado em ouro.....	65
Figura 4.11 - Microscópio Eletrônico de Varredura. A: Modelo LEO 430i do LELO/FOUSP; B: Posicionamento das amostras no aparelho para análise.....	66

Figura 5.1 - Médias da porcentagem do aumento do volume do canal após o preparo químico nos grupos TF Adaptive e Reciproc.....	70
Figura 5.2 - Médias da porcentagem de superfícies não preparadas após o preparo químico cirúrgico do canal radicular com os grupos TF Adaptive e Reciproc.....	72
Figura 5.3 - Superfícies não-preparadas do grupo TF Adaptive. A: Canal radicular antes do preparo (verde); B: Canal radicular após o preparo (vermelho); C: Sobreposição dos canais pré e pós-operatórios.....	73
Figura 5.4 - Superfícies não-preparadas do grupo Reciproc. A: Canal radicular antes do preparo (verde); B: Canal radicular após o preparo (vermelho); C: Sobreposição dos canais pré e pós-operatórios	73
Figura 5.5 - Médias da porcentagem de redução de debris dentinários pós-IUAL para todo o canal e cada terço nos grupos TF Adaptive e Reciproc	75
Figura 5.6 - Acúmulo de debris dentinários do grupo TF Adaptive. Linhas pontilhadas indicam as secções transversais do canal em cada terço do dente. A: Debris dentinários após o preparo; B: Debris dentinários após-IUAL	76
Figura 5.7 - Acúmulo de debris dentinários do grupo Reciproc. Linhas pontilhadas indicam as secção transversais do canal em cada terço do dente. A: Debris dentinários após o preparo; B: Debris dentinários após-IUAL	77
Figura 5.8- Microfotografias representativas da região do terço apical das amostras (x1.000). As imagens da esquerda (A, B, C e D) são representativas de amostras do grupo TF Adaptive com redução de debris dentinários pós-IUAL que variaram entre 100 a 81% pela análise por micro-CT; Imagens da direita (E, F, G, e H) são representativas de amostras do grupo Reciproc com redução de debris dentinários pós-IUAL que variaram entre 93 a 89% pela análise por micro-CT.....	79
Figura 5.9 - Detalhe do terço apical em amostra do grupo TF Adaptive. A: acúmulo de debris dentinários pós-IUAL em modelo por micro-CT; B: microfotografia por MEV (x1.000)	80
Figura 5.10 - Detalhe do terço apical em amostra do grupo Reciproc. A: acúmulo de debris dentinários pós-IUAL em modelo por micro-CT; B: microfotografia por MEV (x1.000).....	80

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

2D	bidimensional
3D	tridimensional
#	número
μ A	microampère
μ m	micrômetro
Bioestat	programa de análise estatística
CAAE	Certificado de Apresentação para Apreciação Ética
CAIMi	Centro de Aquisição de Imagens e Microscopia do Instituto de Biociências
CRT	comprimento real de trabalho
CTan	programa de análise de microtomografia
CTVol	programa de visualização de modelos tridimensionais
EDTA	ácido etilenodiamino tetra-acético
EDX	espectroscopia de raios X por dispersão em energia
Endo-PTC	peróxido de ureia, tween 80 e carbowax
FOUSP	Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo
IUAI	irrigação ultrassônica ativada intermitente
K	Kerr
kV	quilovolts
MD	mésio-distal
ML	médio/largo
MEV	microscópio eletrônico de varredura
micro-CT	microtomografia computadorizada

mL	mililitro
mm	milímetro
mm ³	milímetro cúbico
NaOCl	hipoclorito de sódio
NiTi	níquel-titânio
PQC	preparo químico-cirúrgico
R50	Reciproc 50
rpm	rotações por minuto
ROI	região de interesse
SAF	Self-adjusting File
SMI	índice do modelo estrutural
TC	tomografia computadorizada
TF	Twisted File
VL	vestíbulo-lingual
VOI	volume de interesse
W	watts

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	21
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	25
2.1	Preparo de canais com secção ovalada	25
2.2	Limpeza de canais ovalados.....	34
2.3	Metodologias de análise: microtomografia computadorizada (micro-CT) e microscópio eletrônico de varredura (MEV)	40
3	PROPOSIÇÃO.....	47
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	49
4.1	Material	49
4.2	Métodos	51
4.2.1	Seleção dos dentes / Critérios de inclusão.....	51
4.2.2	Preparo dos dentes e divisão dos grupos experimentais	52
4.2.3	Microtomógrafo de raio-X	52
4.2.4	Preparo químico-cirúrgico dos canais radiculares	55
4.2.5	Análise das imagens microtomográficas	59
4.2.6	Análise das imagens no microscópio eletrônico de varredura (MEV).....	64
5	RESULTADOS	69
6	DISCUSSÃO.....	81
7	CONCLUSÕES.....	91
	REFERÊNCIAS	93
	APÊNDICES	101
	ANEXOS.....	121

1 INTRODUÇÃO

A limpeza e modelagem representam passos decisivos no tratamento dos canais radiculares e têm como propósito a sanificação e a conformação geométrica adequada do sistema de canais proporcionando condições adequadas para o seu posterior selamento com o material obturador.

O preparo, no que diz respeito à modelagem do canal radicular, deve proporcionar um canal cirúrgico com características morfológicas bem estabelecidas mas, acima de tudo, mantendo a forma espacial do canal original, sem deformações.

A complexidade anatômica dos canais radiculares, como por exemplo os de secção transversal ovalada, caracteriza um sério desafio para um adequado preparo das paredes do canal. O instrumento tende a manter-se mais no centro do canal, não permitindo preparo satisfatório em sua extensão vestibulo-lingual (VL). A instrumentação manual ou mecanizada rotatória contínua não resultam em um preparo completo das superfícies dos canais radiculares; nichos são deixados intocados. E estes recessos não preparados permanecem infectados, contaminados, fornecendo um espaço em potencial para o crescimento bacteriano e posteriormente comprometendo o sucesso do tratamento endodôntico. Os tecidos e biofilme remanescentes nestas áreas só serão removidos por meios químicos usando a irrigação. Contudo, nos últimos anos, importantes modificações na liga, no desenho e no movimento do instrumento têm sido propostos com o objetivo de aumentar a efetividade do preparo de canais ovais, ovais longos e achatados, na tentativa de diminuir as superfícies não tocadas da parede do canal.

Embora não seja a principal função do preparo do canal, a própria ação do instrumento pode facilitar a remoção de debris dentinários em função da sua cinemática. O sistema Twisted File (TF) Adaptive (SybronEndo, Orange, CA) usa uma combinação do movimento rotatório contínuo e do reciprocante, em um movimento híbrido automaticamente ajustado por um motor específico, de acordo com o estresse atribuído ao instrumento. O sistema Reciproc (VDW, Munique, Alemanha) de movimento reciprocante puro permite progressão contínua em direção ao ápice radicular. A questão que fica é se o movimento híbrido (adaptivo) pode melhor preparar o canal oval longo e remover mais debris dentinários como

consequência da cinemática do que o sistema de movimento recíproco puro.

O magma dentinário é inerente à instrumentação do canal, fica aderido à parede do canal radicular e os debris dentinários são a parte inorgânica do magma, disperso na luz do mesmo (a parte mais grosseira do magma dentinário). Para auxiliar na remoção das sujidades do canal, destaca-se a importância da irrigação na etapa do preparo químico, tão importante frente às irregularidades anatômicas em que superfícies não preparadas são reconhecidamente deixadas e os debris dentinários empurrados para as extensões ovaladas. A eficiência da irrigação depende da habilidade de se levar a solução irrigadora em contato com os debris dentinários dentro do sistema de canais radiculares. Dentro das limitações da irrigação convencional seringa/agulha, muitas técnicas têm sido propostas na literatura. Entre essas, a ativação do irrigante via ultrassônica (irrigação ultrassônica passiva - IUAI) tem mostrado melhoras na limpeza e desinfecção do sistema de canais radiculares, no que concerne à redução de debris dentinários, entretanto sem a eliminação total dos mesmos.

A micro-CT é uma confiável ferramenta de análise em pesquisa em Endodontia, que fornece dados qualitativos e quantitativos sem a destruição da amostra. Demonstra a complexidade do sistema de canais radiculares não detectável em radiografias convencionais (2D), permite a visualização de seções transversais, a mensuração do interior da amostra de forma reprodutível e a avaliação do acúmulo de debris dentinários. Possibilita análise tridimensional dos debris dentinários que não são removidos durante o preparo e sim transportados para as áreas dos recessos e pólos do canal radicular. A desvantagem da micro-CT é avaliar apenas a porção inorgânica, não avaliando diretamente o remanescente tecidual ou biofilme (a porção orgânica) e portanto a necessidade de complementação do estudo com o microscópio eletrônico de varredura (MEV).

Em referência aos debris dentinários, também vem a suprir uma deficiência da metodologia empregada até recentemente, o microscópio eletrônico de varredura (MEV), que não permite avaliação pré-preparo e apenas uma avaliação qualitativa baseada em pontuação. A própria escolha da região a ser avaliada e a pontuação atribuída dá margem a interpretações do observador. Entretanto, não há conhecimento, na literatura, da correlação entre a quantidade de debris dentinários

dispersos na luz do canal que a micro-CT é capaz de analisar quantitativamente e a presença de magma dentinário aderido à parede do canal radicular avaliada por MEV.

Dentro do contexto, é oportuno avaliar se a qualidade do preparo, o acúmulo de debris dentinários e o efeito da IUAL independe do movimento do sistema mecanizado de preparo do canal radicular e também correlacionar a presença de debris dentinários (micro-CT) com o magma dentinário (MEV).

2 REVISÃO DA LITERATURA

A literatura descreve a complexidade do preparo de canais radiculares ovais longos, inúmeras técnicas e/ou instrumentos que possibilitam melhorar a qualidade do preparo destes. A preocupação de se modelar o canal vem acompanhada de limpá-lo adequadamente, removendo os debris dentinários. Os avanços na tecnologia resultaram em diferentes métodos para agitação da solução irrigadora. Atualmente, as técnicas que incluem agitação ultrassônica passiva mostram-se mais efetivas na limpeza do canal radicular quando comparadas à irrigação convencional.

Nas últimas décadas, estudos têm demonstrado as vantagens da microtomografia computadorizada como metodologia para avaliação do preparo do canal radicular e da limpeza do mesmo, pela avaliação da remoção dos debris dentinários.

2.1 Preparo de canais com secção ovalada

Canais radiculares ovais longos representam um desafio no tratamento endodôntico no completo preparo de suas paredes. As extensões vestibulares e linguais destes canais tendem a apresentar superfícies não tocadas. A permanência de bactérias nestes nichos pode comprometer o sucesso do tratamento do canal radicular.

Em 1968, Haga mostrou que o canal radicular, ao nível de 6 mm do ápice, apresenta-se oval e que o diâmetro do preparo era sempre maior que o diâmetro do instrumento. E que ao nível de 2 ou 6 mm, os molares inferiores foram difíceis de preparo adequado.

Ainda no ano de 1968, Gutiérrez e Garcia investigaram macroscópica e microscopicamente os resultados do preparo químico-mecânico dos canais radiculares, com enfoque no formato das paredes dos canais após um preparo clínico aceitável. Os autores demonstraram que a maioria dos espécimes (60 incisivos inferiores e 60 caninos) não estava adequadamente instrumentada, devido

ao fato do diâmetro do canal ser mais largo do que o calibre do instrumento usado. Dando ênfase à problemática de canais radiculares com projeções em forma de nadadeira de peixe, que apresentavam muitas superfícies intocadas pelos instrumentos.

Kerekes e Tronstad (1977) estudaram as características morfológicas do canal radicular mensurando o diâmetro da parte apical das raízes e dos canais radiculares de molares humanos para verificar a aplicação de técnicas padronizadas no tratamento endodôntico nestes dentes. Foram selecionados um total de 20 molares superiores e 20 molares inferiores. Cortes transversais foram feitos nas raízes a 1, 2, 3, 4 e 5 mm do ápice radicular e os maiores e os menores diâmetros das raízes e dos canais radiculares foram medidos. Em particular, nos molares inferiores, o curso dos canais mesiais foi o mais irregular, com uma imprevisível combinação de um e dois canais. Nas raízes distais destes dentes, a maioria apresentou um único canal (19/20). O diâmetro do canal da raiz mesial pareceu mais largo do que a parte mais estreita da raiz em todos os níveis analisados; entretanto, na raiz distal isto não ocorreu ao nível 1-mm do ápice. Os autores concluíram que não se deve aplicar técnicas padronizadas de tratamento em dentes molares humanos, principalmente em raiz distal de molares inferiores.

O trabalho de Wu et al. (2000) investigou o diâmetro dos canais no terço apical para determinar a prevalência e extensão de canais ovais longos. Foram utilizados 20 dentes extraídos para cada grupo dentário, num total de 180 dentes. Cada raiz foi seccionada horizontalmente a 1, 2, 3, 4 e 5 mm do ápice e o diâmetro dos canais mensurados por microscópio. A secção transversal do canal radicular foi descrita pelo coeficiente formado entre a largura máxima do canal na direção vestibulo-lingual (VL) e direção mesio-distal (MD). A prevalência de canais ovais longos, em que o diâmetro máximo do canal era no mínimo duas vezes o menor diâmetro, foi de 25%. Os autores concluíram que canais ovais longos representam um desafio, já que muitos destes canais serão impossíveis de completa instrumentação sem perfuração ou significativo enfraquecimento das raízes. Cuidado deve ser tomado para a limpeza, modelagem e obturação deste tipo de canal.

Rödig et al. (2002) compararam o preparo do canal distal de molares inferiores usando três diferentes instrumentos de níquel-titânio (NiTi): Lightspeed, Profile .04 e

Quantec. Foram selecionados 60 molares extraídos (20 dentes para cada grupo experimental) que apresentavam a distância vestibulo-lingual pelo menos duas vezes maior que a distância méso-distal. Cada dente foi incluído em resina de acordo com o método de Bramante modificado, seccionado a 3, 6 e 9 mm do ápice e as secções transversais fotografadas. Após remontagem dos dentes, os mesmos foram preparados com cada sistema e terminado o preparo, novas fotografias das seções transversais dos canais distais foram realizadas. Os parâmetros avaliados foram: habilidade de limpeza, tempo de trabalho, segurança e extensão do preparo para vestibular ou lingual por comparação das fotografias pré e pós-operatórias. Os resultados demonstraram que a maioria dos espécimes apresentaram superfícies vestibulares ou linguais não preparadas – Lightspeed e Quantec 56,7% e Profile .04 55%. A flexibilidade dos instrumentos de NiTi não permitiu o controle do preparo das extensões vestibular e lingual em canais radiculares ovalados. Os instrumentos produziram uma dilatação circular no canal, enquanto que as extensões vestibular e lingual permaneceram não preparadas.

Jou et al. (2004) propuseram definições e perspectivas nos conceitos e técnicas padrão do tratamento endodôntico para lidar com a dimensão horizontal do sistema de canais radiculares e suas aplicações clínicas. Determinaram que em canais relativamente circulares, a menor e a maior dimensões horizontais iniciais são aproximadamente as mesmas. Em canais ovais, ovais longos ou achatados, a dimensão horizontal inicial máxima pode ser diversas vezes maior que a dimensão inicial mínima. De acordo com os autores, a razão de 1 representa um canal circular, a razão até 2 vezes um canal oval, a razão entre 2,5 e 4 um canal oval longo e uma razão maior que 4 um canal achatado. Ressaltaram a importância das dimensões horizontais dos canais radiculares, alertando o operador sobre a possibilidade de incompleto preparo do canal frente a canais ovais, ovais longos ou achatados.

Em 2008, ElAyouti et al. estudaram a eficiência de instrumentos rotatórios com grande diâmetro no preparo de canais radiculares ovais pela comparação da qualidade do preparo de dois sistemas rotatórios contínuos (Mtwo e ProTaper) e um sistema manual (limas manuais de NiTi) em canais radiculares ovais. Utilizaram 90 raízes com canais ovais, que tiveram seu 1/3 médio seccionado em dois níveis. Os diâmetros máximos e mínimos de cada canal foram determinados e os dentes distribuídos em três grupos e preparados de acordo com cada instrumento avaliado.

Fotografias pré e pós instrumentação foram tomadas, traçadas e sobrepostas. A espessura de dentina removida mensurada e a razão de superfície do canal preparada calculada. Entre os grupos Mtwo e ProTaper, não houve diferença estatística significativa, porém ambos os sistemas foram superiores às limas manuais de NiTi. Em 20% das raízes do grupo Mtwo e em 27% do grupo ProTaper, a espessura mínima de dentina removida foi menor que 0,5 mm. O diâmetro mínimo influenciou a qualidade do preparo em contraste ao diâmetro máximo do canal radicular. Nenhuma técnica de instrumentação foi capaz de preparar canais radiculares ovais. Entretanto, obteve-se uma maior eficiência da Mtwo e ProTaper sobre as limas manuais de NiTi.

O efeito do preparo do canal radicular na geometria apical foi acessada por Paqué et al. (2009a) por meio da microtomografia computadorizada. Sessenta molares superiores foram escaneados antes e após a instrumentação com FlexMaster, GT, Lightspeed, ProFile, ProTaper e instrumentos manuais tipo Kerr (K) de NiTi. Todos os canais instrumentados apresentaram aumento do volume, com diferenças entre as técnicas de preparo. Todos os canais mostraram-se levemente arredondados nos últimos 4 mm do canal após o preparo, com aumento não significativo do índice estrutural do modelo. Superfícies não preparadas variaram de 4 a 100% e foram mais expressivas nos canais méso-vestibulares e palatinos.

Paqué et al. (2010) estudaram o efeito do preparo de canais ovais de molares inferiores usando instrumentos rotatórios de NiTi, por meio da micro-CT. Os canais foram escaneados antes e após o preparo e divididos de acordo com a instrumentação: grupo H/CF - instrumento manual Hedström até tamanho #40 em movimento circunferencial; grupo PT/1 - ProTaper F4 considerando o canal distal único; PT/2 - ProTaper F4 considerando o canal distal como 2 canais distintos e PT/CF - ProTaper F4 em movimento circunferencial. Canais do grupo PT/1 tiveram a maior porcentagem de superfícies não preparadas (79,9%). Considerar o canal ovalado como duas entidades separadas resultou num benefício durante o preparo, com aumento das superfícies tocadas das paredes do canal radicular.

Num trabalho com molares superiores, Peters e Paqué (2011) descreveram as propriedades de preparo da Self-Adjusting File (SAF) que apresenta um sistema próprio de irrigação contínua, por meio da microtomografia computadorizada. Os

canais foram homogênea e circunferencialmente preparados, o que os autores acreditam ser devido à adaptação do instrumento à secção transversal do canal radicular pelo seu movimento vibrante de vai-e-vem.

Na mesma linha de estudo, ainda em 2011 Paqué e Peters acessaram, por meio da microtomografia computadorizada, as propriedades de preparo da Self-Adjusting File (SAF) em canal oval longo de molares inferiores. Canais distais de 20 molares foram selecionados e escaneados pré e pós-preparo à resolução de 20µm. Os autores verificaram que as áreas preparadas neste tipo de canal foram significativamente maiores se comparadas com o preparo realizado com o sistema rotatório convencional em estudos prévios dos mesmos autores. Portanto, a SAF no estudo *in vitro* proporcionou um preparo mais completo em canal oval longo, comparado ao preparo por sistema rotatório completo.

Versiani et al. (2011) também avaliaram o preparo em canal oval longo realizado por Self-Adjusting File (SAF), utilizando a microtomografia computadorizada. Sendo os canais dos incisivos inferiores escaneados antes e após o preparo foi verificada mudanças no volume, área de superfície e geometria da secção transversal do canal. Comparando os resultados a estudos semelhantes feitos pelos mesmos autores com sistema rotatório contínuo, pode-se concluir que a SAF promoveu um preparo mais homogêneo em canal oval longo e que seu preparo apical equivale àqueles de um instrumento ponta #40 e conicidade 0.02.

Stern et al. (2012) avaliaram a habilidade de preparo do canal realizado por instrumentos ProTaper usados em movimento recíprocante e Twisted Files (TF) em movimento de rotação contínua. Os canais mesiais de 30 molares inferiores foram divididos aleatoriamente em três grupos: Grupo 1 – canais preparados ProTaper até F2, Grupo 2 – canais preparados ProTaper F2 em movimento recíprocante e Grupo 3 – canais preparados com Twisted Files. Os dentes foram escaneados pelo microtomógrafo antes e depois do preparo dos canais radiculares. Os resultados mostraram que os aumentos em volume nos terços apical, médio e cervical obtidos pelas diferentes técnicas de instrumentação não foram estatisticamente significativos ($p > 0,05$).

Comparando sistemas rotatórios de lima única e sistemas de múltiplas limas no

preparo de canais ovalados, Versiani et al. (2013) utilizando a micro-CT estudaram SAF, Reciproc, WaveOne e Protaper Universal. Mudanças nas dimensões geométricas a 2 e 3 mm do ápice foram comparadas com valores pré-operatórios. Superfícies não tocadas ocorreram principalmente na parede lingual do terço médio do canal. Todos os sistemas, únicos e múltiplos, tiveram um comportamento similar em termos de quantidade de superfície dentinária tocada. Nenhuma técnica foi capaz de preparar completamente o canal ovalado.

Gergi et al. (2014) comparou o transporte de canais curvos de molares inferiores de três sistemas de NiTi (Reciproc, WaveOne e TF Adaptive) por meio da microtomografia computadorizada. O grau de transporte do canal no terço apical foi significativamente menor com o TF Adaptive. Os autores concluíram que o sistema TF Adaptive levou a um menor transporte do canal radicular e melhor habilidade de centralização do mesmo do que os sistemas reciprocantes.

Outro trabalho de Gergi et al. (2015) avaliou o preparo do canal comparando sistemas reciprocantes de lima única (Reciproc e WaveOne) com o sistema TF Adaptive em raízes mesiais de molares inferiores por meio da microtomografia computadorizada. Os canais foram escaneados antes e após o preparo e acessados quanto as mudanças de volume da dentina, paredes não preparadas e habilidade de centralização. Os resultados mostraram nenhuma diferença entre os grupos quanto à capacidade de corte de dentina. Entretanto, nenhum sistema foi capaz de completamente preparar todas as paredes do canal radicular. O sistema TF Adaptive manteve melhor a centralização do canal.

Um estudo comparativo para avaliar a eficiência de corte entre TF Adaptive e WaveOne Primary foi realizado por Tocci et al. (2015). Um equipamento customizado foi empregado e a TF Adaptive mostrou uma maior profundidade máxima de penetração no bloco de aço inoxidável do que a WaveOne Primary. Na verdade, os instrumentos TF Adaptive cortaram o bloco a uma média de profundidade de 8,7 mm, enquanto que a WaveOne Primary penetrou uma média de 6,4 mm.

Busquim et al. (2015) utilizando a microtomografia avaliaram o preparo de canais ovais longos de molares inferiores realizado pelos sistemas Reciproc e

BioRaCe. Os dentes foram escaneados antes e após o preparo e alterações morfológicas foram mensuradas por aumento do volume e superfícies não tratadas da parede do canal radicular. Os resultados mostraram que o sistema Reciproc determinou um aumento de volume maior em todo o canal e no terço apical, enquanto que o sistema BioRaCe deixou menos superfície não preparada nos terços cervical e médio do canal radicular.

No mesmo ano, De Deus et al. (2015a) compararam a porcentagem de superfície não instrumentada da parede de canais radiculares preparados pelos sistemas reciprocantes de lima única (Reciproc e WaveOne) e pelo sistema rotatório contínuo de múltiplas limas (BioRaCe). Trinta raízes mesiais de molares inferiores com configuração do canal tipo II de Vertucci e com volume interno semelhantes, foram escolhidas e escaneadas por microtomógrafo à resolução de 14,16 μm . As amostras foram aleatoriamente distribuídas em três grupos ($n=10$): Reciproc, WaveOne e BioRaCe. O segundo e terceiro escaneamentos ocorreram após o preparo dos canais com instrumentos #25 e #40, respectivamente. As imagens obtidas após reconstrução pelo programa NRecon foram avaliadas quanto ao preparo em relação à superfície não preparada. Esta análise foi feita para todo o canal, desde o nível da furca até o ápice. Os sistemas de instrumentação não influenciaram na porcentagem de superfícies não preparadas ($p=0,690$), enquanto que significativa redução nesta porcentagem foi observada após o aumento apical do canal radicular em todos os grupos. Nenhum sistema foi capaz de completamente preparar toda área de superfície do canal mesial de molar inferior. O aumento do tamanho do preparo apical final resultou num efeito significativamente positivo na habilidade de preparo de todos os sistemas utilizados.

Peters et al. (2015) estudaram o efeito de um novo instrumento TRUShape no preparo de canais mesiais de molares inferiores, comparando com o preparo de um sistema rotatório contínuo (Vortex). Os escaneamentos dos canais ocorreram em três momentos: pré-operatório, após preparo até lima 20/.06 e após preparo até lima 30/.06. A TRUShape conservou mais dentina pela limitação de remoção da mesma e não resultou em decréscimo da quantidade de superfície não preparada da parede do canal.

Em 2016, Pedullá et al. compararam a habilidade de preparo dos sistemas TFAptive e Mtwo em canais curvos de mesial de molares inferiores. Utilizaram trinta

e duas raízes que foram escaneadas antes e depois do preparo à resolução de 20 µm e o preparo avaliado quanto às mudanças do volume, área de superfície e transporte e centralização do canal. A TF Adaptive mostrou maior aumento de volume e área de superfície e menor transporte de canal e alta centralização, com desempenho significativamente melhor nos terços cervical e médio. Demonstrando que as limas de NiTi feitas por tratamento térmico da liga em movimento adaptivo melhoram a qualidade do preparo em relação aos instrumentos de NiTi convencionais, em rotação contínua, nos terços cervical e médio.

Utilizando a microtomografia e comparando o preparo em canal oval longo, Coelho et al. (2016) selecionaram 42 incisivos inferiores e os dividiram em 3 grupos de acordo com o sistema mecanizado usado: G1 – WaveOne Primary; G2 – Easy ProDesign Logic e G3 – One Shape. Os três sistemas foram capazes de realizar um preparo seguro em canais ovais longos. O sistema WaveOne foi mais eficiente no aumento do volume do canal, removendo maior quantidade de dentina. Entretanto, remover mais não significou deixar menos áreas não instrumentadas. O sistema One Shape foi o que teve a correlação mais forte entre o aumento de volume e o de área instrumentada.

Gambarini et al. (2016) verificaram a eficiência de corte dos instrumentos Twisted File (TF) usados em movimento rotatório contínuo e no movimento híbrido Adaptive. Cada instrumento cortou 10 blocos plásticos e o comprimento da superfície de corte promovida no plástico, após 1 minuto, foi mensurado por um programa de computador com precisão de 0,1 mm. TF em movimento contínuo cortou uma profundidade média de 10,4 mm e no movimento híbrido Adaptive 10,1 mm. Em conclusão, o movimento híbrido Adaptive mostrou um corte lateral similar ao do movimento rotatório contínuo.

Em 2017, Arias et al. verificaram o efeito na geometria tridimensional de canal oval após o preparo com TRUShape e Vortex. Por meio da microtomografia computadorizada, calcularam as porcentagens de superfícies não preparadas, o volume de dentina removida para todo o canal e para os últimos 4mm apicais. O índice do modelo estrutural (SMI) também foi determinado. A modelagem do canal com ambas as técnicas resultou em superfícies preparadas similares, assim como volume de dentina removida. O SMI foi um fator significativamente menor para

TRUShape, sugerindo um preparo menos arredondado durante o preparo mecanizado. TRUShape pareceu ser melhor em relação à manutenção da forma anatômica original do canal radicular.

Outro trabalho publicado em 2017, de Guimarães et al., utilizou a microtomografia computadorizada e comparou a TRUShape e Reciproc na qualidade do preparo de canais ovalados. Pré-molares com único canal ovalado foram selecionados, escaneados pré e pós-preparo. O tamanho apical final para ambos os sistemas foi 40/.06. Não houve diferença estatística significativa entre os dois sistemas em relação ao aumento de volume do canal radicular. Quando todo o canal foi analisado, o sistema Reciproc deixou uma área não instrumentada significativamente maior (30%). Entretanto, avaliando apenas os últimos 4mm apicais não houve diferença entre os grupos. Portanto, pode-se dizer que ambos os sistemas se comportaram de maneira similar na promoção do aumento de volume do canal. Mas que nenhuma das técnicas pode preparar completamente o canal ovalado.

Zuolo et al. (2017) compararam a habilidade de preparo dos sistemas BioRaCe (25/.06), Reciproc (25/.08), SAF e TRUShape (25/.06) em canais ovalados por meio da microtomografia computadorizada. Quarenta incisivos inferiores foram selecionados e divididos em quatro grupos (n=10) conforme o sistema de instrumentação do canal radicular. Os espécimes foram escaneados antes e após o preparo; o conjunto de imagens registrados e avaliados as superfícies não preparadas do canal, o volume de dentina removido e o acúmulo de debris dentinários. A porcentagem de superfícies não preparadas foi significativamente maior no sistema BioRaCe (32,38%), comparando aos sistemas Reciproc (18,95%) e SAF (16,08%). O Reciproc removeu mais dentina (4,18%) do que BioRaCe (2,21%) ou SAF (2,56%) ($p < 0,05$). O sistema de instrumentação não influenciou a porcentagem de acúmulo de debris dentinários. O sistema TRUShape teve resultados intermediários, sem diferença estatística comparado aos sistemas Reciproc, BioRaCe ou SAF. Os autores concluíram que o sistema BioRaCe teve a maior porcentagem de superfícies não preparadas e o sistema Reciproc a maior remoção de quantidade de dentina. Nenhum sistema mostrou ótima habilidade de preparo de canais ovais.

2.2 Limpeza de canais ovalados

Os primeiros autores a descreverem a presença do magma dentinário nas paredes de canais radiculares instrumentados, utilizando o microscópio eletrônico de varredura, foram McComb e Smith (1975). Os autores também mostraram que o uso do ácido etilenodiaminotetracético (EDTA) proporcionava paredes do canal mais limpas e sem magma dentinário.

Em 1980, Weller et al. utilizaram blocos de resina com canais radiculares simulados para medição da eficiência do debridamento em Endodontia com instrumentação manual, ultrassom e uma combinação de ambas as técnicas. Os espaços do canal foram preenchidos com uma gelatina radioisótopa e a perda do material radioativo medida após o tratamento. Não houve diferença na eficiência de debridamento quando observados os dentes preparados com instrumentação manual ou ultrassom. Entretanto, o ultrassom usado após a instrumentação manual resultou na melhora da eficiência da redução do material radioativo dentro do canal.

Chow (1983) observou por seu estudo que a efetividade da irrigação convencional sofre influência do tamanho da agulha, profundidade de sua inserção e pressão da irrigação. Por isso, o clínico deve estar atento à escolha do tamanho da agulha de acordo com o diâmetro do preparo do canal.

Van der Sluis et al. (2005) estudando a irrigação ultrassônica, compararam a eficiência entre uma haste lisa e uma lima manual tipo K na remoção de debris dentinários em sulcos artificiais de canais simulados de 40 blocos de dentina. Em cada canal, a irrigação ultrassônica foi feita por 3 minutos usando hipoclorito de sódio (NaOCl) a 2% como solução irrigadora. Antes e após a irrigação, imagens dos sulcos foram feitas com auxílio de microscópio e a quantidade de debris dentinários avaliada por uma escala de pontos. A utilização da haste lisa é tão eficiente quanto a da lima tipo K na remoção de debris dentinários. Em 35 canais simulados (87,5%), os debris dentinários foram totalmente removidos após a irrigação ultrassônica.

No ano de 2006, Van der Sluis et al. determinaram a influência do volume, do irrigante e do método de irrigação na remoção de debris dentinários que foram artificialmente produzidos no terço apical de canais radiculares. Foram selecionados

15 caninos superiores e inferiores cujas imagens dos canais foram obtidas antes e após a irrigação ultrassônica dos diferentes grupos. Os autores chegaram à conclusão de que o grupo que utilizou água não apresentou nenhuma efetividade na remoção de debris dentinários. A ativação com 6 ou 12 ml de NaOCl a 2%, levados ao interior do canal com seringa, foi tão efetivo quanto o fluxo contínuo de 50 mL do mesmo irrigante.

Uma revisão de literatura foi feita por Van der Sluis et al. (2007) em relação à irrigação ultrassônica passiva (IUP). Os autores explicam que este é o termo usado quando a irrigação é realizada com auxílio do ultrassom, sem preparo das paredes do canal, com uma haste lisa de calibre #10 ou #20, que oscila livremente no canal e induz um forte fluxo acústico. Determina mais remoção de matéria orgânica, bactérias plactônicas e debris dentinários do canal radicular em comparação com a irrigação tradicional seringa/agulha. Entretanto, atentam que mais informações são necessárias a respeito da frequência e intensidade do padrão acústico, assim como da interação acústica com a aderência do biofilme.

Gu et al. (2009) realizaram uma revisão na literatura dos métodos de irrigação existentes até a presente data. Verificaram que os avanços tecnológicos trouxeram novas técnicas de agitação da substância química auxiliar, tanto manuais quanto mecanizadas. De forma geral, promovendo melhor resultado na limpeza do canal radicular quando comparados com a irrigação convencional. Os autores destacaram a IUP, apontando vários estudos na literatura demonstrando bons resultados na remoção de debris dentinários e na redução bacteriana. Entretanto, mais estudos são necessários para avaliar métodos específicos de irrigação utilizando modelos-padrão de debris dentinários ou biofilme.

Em 2010, Violich e Chandler conduziram uma revisão de literatura sobre magma dentinário em Endodontia. Os autores fizeram uma seleção de material com potencial relevante e descreveram que a remoção do magma dentinário deve melhorar a desinfecção do canal radicular. Os métodos para esta remoção incluíam as técnicas químicas, ultrassônicas e a laser – porém, nenhum método mostrou ser completamente efetivo em todo o comprimento do canal ou universalmente aceito. Se o magma dentinário deseja ser removido, o protocolo de escolha deve ser uma irrigação final com as soluções de NaOCl e EDTA alternadas. Conflitos continuam a

respeito da remoção do magma dentinário antes da obturação do canal radicular, entretanto mais pesquisas clínicas se fazem necessárias para determinar o papel do magma dentinário no sucesso do tratamento endodôntico.

Rödig et al. (2010) conduziram um trabalho avaliando a eficiência da remoção de debris e magma dentinários de diferentes técnicas de agitação do irrigante: IUP, EndoActivator, CanalBrush. No grupo controle foi realizada irrigação convencional sem agitação. Raízes mesiais de 108 molares inferiores foram utilizadas, seccionadas longitudinalmente e analisadas em microscópio eletrônico de varredura (MEV). Em relação à remoção de debris dentinários, não foram encontradas diferenças significantes entre os sistemas de ativação e o grupo controle. Em relação ao magma dentinário, na região cervical a agitação do irrigante resultou em maior remoção do que o grupo controle.

Em 2010, De Gregório et al. avaliaram o efeito de irrigantes e sistemas de ativação de irrigantes utilizados na penetração do NaOCl em canais laterais simulados e no comprimento de trabalho de sistemas fechados. Um total de 100 dentes com raízes únicas foram divididos em grupos: G1 – Endoactivator; G2 – IUP; G3 – lima tipo Flex; G4 – EndoVac; G5 – irrigação convencional. As amostras foram descalcificadas e avaliadas por observação direta sob microscópio. Os resultados mostraram que o grupo do EndoVac foi superior no alcance do comprimento de trabalho, enquanto que a IUP mostrou-se mais efetiva na penetração de canais laterais e não no comprimento de trabalho.

Ainda em 2010, Paragliola et al. estudaram o efeito de diferentes protocolos de agitação de irrigantes no canal radicular na penetração dos mesmos nos túbulos dentinários. Eles examinaram em 56 dentes humanos unirradiculares, por microscopia de fluorescência, o efeito de diferentes formas de agitação na penetração de NaOCl a 5% com corante vermelho alizarin 0,2%, nos túbulos dentinários. Os seguintes grupos foram avaliados: sem agitação, lima tipo K ou guta-percha, EndoActivator, Plastic Endo, IUP com os aparelhos Satelec ou EMS. Os espécimes foram seccionados a 1, 3 e 5 mm do ápice radicular. Os resultados foram: controle = lima tipo K = guta-percha < EndoActivator = Plastic Endo < Satelec = EMS. A 1 mm do ápice o maior escore de penetração do corante encontrado foi para o grupo IUP com EMS. Segundo os autores, o uso de IUP aumenta a eficiência

dos procedimentos de irrigação final no terço apical de canais únicos.

O trabalho de Blank-Gonçalves et al. (2011) comparou qualitativamente a remoção do magma dentinário do terço apical após irrigação final com os métodos convencional, ultrassônico e sônico. O grupo controle foi composto por dois espécimes sem nenhuma irrigação final. Foi feita uma análise por MEV por três examinadores. Os resultados indicaram que os métodos que preconizam ativação de irrigantes removeram mais magma dentinário do que a irrigação convencional.

A publicação de Vera et al. (2011) investigou se o uso de uma lima patência durante o preparo químico-cirúrgico melhora o alcance da irrigação final ativada por IUP. Uma vez que a complexa anatomia do sistema de canais radiculares parece limitar a penetração das soluções irrigadoras até o terço apical. Foram selecionados 40 canais radiculares divididos em dois grupos: G1- patência apical mantida com lima K #10 1mm além do comprimento de trabalho; G2- sem patência apical. Uma solução contraste foi utilizada junto com o NaOCl 5,25% e radiografias digitais foram feitas e avaliadas por examinadores calibrados, os quais identificaram mais canais com irrigante alcançando o terço apical após IUP, quando a patência apical foi mantida com uma lima K #10 a 1 mm além do comprimento de trabalho.

Paqué et al. (2011) avaliaram o impacto de técnicas sequenciais de irrigação no acúmulo de debris dentinários no sistema de canais radiculares de raízes mesiais de molares inferiores. Canais mesiais de vinte molares inferiores foram escaneados antes e depois preparo dos mesmo por micro-CT. Foi utilizado NaOCl durante e após a instrumentação dos canais, seguido de EDTA 17% e irrigação final com NaOCl utilizando a IUP. Reconstruções tridimensionais mostraram o acúmulo de debris dentinários nos istmos, ramificações e canais acessórios. Neste estudo quantitativo, os autores concluíram que na redução de debris dentinários uma significativa ação EDTA e IUP foi mostrada. Entretanto, aproximadamente metade dos debris dentinários que foram acumulados durante a instrumentação ainda permaneceram no sistema de canais radiculares.

Em 2012, Robinson et al. descreveram a micro-CT como uma metodologia analítica para quantificação do debri dentinário após o preparo do canal radicular. Os autores relatam que remanescente de debri dentinário pode conter bactéria e

obstruir o fluxo de solução irrigadora. No estudo, o debris dentinário foi identificado através da análise morfológica da imagem e sobreposição das imagens pré e pós-preparo. Pixels que foram ocupados por ar e depois se tornaram dentina eram determinados como debris dentinários. Uma sequência de operações quantificando as informações foi realizada e descrita.

Paqué et al. (2012) compararam o acúmulo de debris dentinários produzidos pelo sistema rotatório convencional (Protaper) e pela instrumentação Self-Adjusting File (SAF) na mesial de molares inferiores. Em cada grupo foram instrumentados 20 dentes, sendo que no grupo Protaper foi utilizado 1 mL de NaOCl a 3% após cada instrumento e no grupo SAF, irrigação contínua pelo sistema VATEA (NaOCl a 3%, 4 mL/min.). Canais instrumentados com ProTaper deixaram 10,1% de debris dentinários quando comparado aos 1,7% deixados pela SAF. Após irrigação com EDTA, esta redução foi para 7,9% e 1,3% nos respectivos grupos. Portanto, os preparos com SAF resultaram em menor acúmulo de debris dentinários do que os preparos com o sistema rotatório convencional.

Robinson et al. (2013) avaliaram a distribuição tridimensional e a quantidade de debris dentinários remanescentes em canais mesiais de molares inferiores, após a instrumentação com instrumento único reciprocante (WaveOne) ou uma sequência de instrumentos rotatórios (ProTaper). Os resultados indicaram que após o preparo com instrumento único, uma média de 19,5% de debris dentinários permaneceram nos canais, o que foi estatisticamente superior aos instrumentos rotatórios, os quais produziram 10,6% de debris dentinários. Os autores concluíram que os sistemas rotatórios de limas múltiplas devem ser escolhidos em canais com alta prevalência de istmos ou protusões pelo menor acúmulo de debris dentinários.

Mancini et al. (2013) estudaram a eficácia de diferentes métodos de irrigação na remoção de magma dentinário a 1, 3, 5, e 8 mm do ápice radicular. Dentes unirradiculares (n=65) foram divididos em grupos de acordo com a técnica de irrigação (sônica, IUP e pressão apical negativa) e tiveram suas raízes seccionadas longitudinalmente e avaliadas por MEV. O sistema sônico foi mais efetivo que a IUP, enquanto que o EndoVac foi superior aos outros grupos em todos os níveis estudados. Porém, nenhum sistema de ativação removeu completamente o magma dentinário da parede do canal radicular.

Haapasalo et al. (2014) fizeram um resumo do conhecimento sobre a eficiência e segurança da irrigação na Endodontia. Postularam que a solução irrigadora tem funções de: reduzir a fricção entre o instrumento e a dentina; melhorar a eficiência de corte das limas; dissolver tecido; refrigerar o dente e o instrumento e ter um efeito antimicrobiano. A irrigação é a única maneira de alcançar as áreas não tocadas durante a instrumentação mecânica. O hipoclorito de sódio é a solução mais utilizada para dissolver material orgânico e matar as bactérias efetivamente. O terço apical impõe um desafio especial à irrigação devido à dificuldade de equilíbrio entre segurança e efetividade nesta região. Há a necessidade de substituir a irrigação convencional seringa/agulha por outros protocolos, como a energia ultrassônica, para possibilitar movimentação e renovação do irrigante, tornando-o mais efetivo.

O estudo publicado por De Deus et al. (2015b) confrontou a quantidade de debris dentinários produzida pelos sistemas reciprocantes WaveOne e Reciproc e pelo sistema rotatório convencional BioRaCe, após diferentes aumentos dos diâmetros apicais. Canais mesiais de molares inferiores foram selecionados e escaneados à resolução de 14,16 μm antes do preparo, após o preparo dos canais até o diâmetro ISO #25 e depois no aumento até o diâmetro ISO #40. Pelos resultados, concluiu-se que os sistemas de instrumentação não influenciaram por si o acúmulo de debris dentinários, enquanto que uma significativa redução na porcentagem de debris dentinários foi observada após o aumento sequencial do diâmetro apical em todos os grupos.

Versiani et al. (2016) avaliaram a remoção de debris dentinários do sistema de canal radicular de molares inferiores por sistemas de irrigação de pressão positiva (irrigação convencional) e negativa (Endovac) utilizando a micro-CT. Os canais dos molares inferiores foram instrumentados com o sistema BioRaCe até a lima BR5 (40/.04). Após o preparo, debris dentinários não foram observados no canal distal de molares inferiores em ambos os grupos. Entretanto, nos canais mesiais, o grupo da irrigação convencional demonstrou uma maior porcentagem de acúmulo de debris dentinários do que o grupo Endovac.

Em 2017, Leoni et al. avaliaram a eficiência de quatro protocolos de irrigação final na redução do acúmulo de debris dentinários em canais mesiais de molar inferior. O método de avaliação foi a micro-CT à resolução de 8,6 μm . Quarenta

raízes mesiais de molares inferiores com configuração tipo I de Vertucci foram selecionadas e preparadas com WaveOne Small e Primary sem nenhuma irrigação intra-canal a fim de permitir o acúmulo de debris dentinários. Os espécimes foram aleatoriamente divididos em quatro grupos experimentais (n=10), de acordo com o protocolo de irrigação: pressão apical positiva (PAP), irrigação ultrassônica passiva (IUP), Self-adjusting file (SAF) e XP-endo Finisher (XPF). A irrigação final foi feita por 2 minutos, usando um total de 5,5 mL de NaOCL a 2,5% por canal. Os resultados demonstraram redução do acúmulo de debris dentinários em todos os grupos. Os grupos IUP e XPF tiveram maior porcentagem de redução (94,1% e 89,7%, respectivamente) do que os grupos PAP e SAF (45,7% e 41,3%, respectivamente). Na comparação dos grupos IUP e XPF ou dos grupos PAP e SAF não houve diferença estatística significativa ($p > 0,05$).

O trabalho de Lopes et al. (2017) avaliou não somente a remoção de debris dentinários, como também a qualidade de preparo quanto às superfícies não preparadas do canal radicular, comparando a cinemática rotatória contínua (Protaper Next) e a adaptiva (TF Adaptive). A microtomografia foi o método de análise escolhido e as vinte raízes mesiais de molar inferior selecionadas foram escaneadas pré e pós-preparo. No sistema ProTaper Next (PTN) foi utilizada a sequência até a lima X2 (25/.06) e no sistema TFAaptive até a lima SM2 (25/.06). Ambos os sistemas apresentaram acúmulo de debris dentinários ($p=0,39$) e de superfícies não preparadas ($p=0,52$) similares. Não sendo capazes de produzir canais radiculares completamente livres de debris dentinários.

2.3 Metodologias de análise: microtomografia computadorizada (micro-CT) e microscópio eletrônico de varredura (MEV)

A micro-CT representa uma metodologia de análise em pesquisa para superar as deficiências das tomografias computadorizadas (TC) e das radiografias convencionais. Os dados coletados permitem avaliações posteriores em qualquer área de interesse do dente, sem destruição da amostra. Além de uma análise quantitativa do efeito do preparo no canal radicular. A micro-CT também permite avaliação dos debris dentinários em diferentes etapas do tratamento endodôntico, o que já não acontece com a Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), até

recentemente o método tradicional amplamente usado para obtenção de informações em superfície dentinária.

Tachibana e Matsumoto (1990) verificaram a aplicabilidade da TC de raios-X na Endodontia e constataram uma grande dificuldade quanto à distinção de esmalte e dentina, à curvatura dos canais e à localização do assoalho da câmara pulpar. Os autores concluíram que o aparato da TC é muito caro e a resolução inadequada para diagnóstico detalhado de áreas pequenas e que a resolução diminui ainda mais na presença de objetos metálicos na área escaneada.

Em 1995 Nielsen et al. avaliaram o valor da micro-CT na pesquisa endodôntica. Utilizaram quatro primeiros molares superiores extraídos e fizeram a avaliação das relações morfológicas de maneira não destrutiva da amostra, assim como a identificação de dentina regular e irregular. Também avaliaram mudanças nas áreas de superfície e volume, o acesso de mudanças na área e volume após instrumentação ou obturação do canal radicular e o transporte do canal. Postularam que esta nova e inovadora ferramenta de análise apresenta um grande potencial para a pesquisa em Endodontia e necessita de novos estudos para explorar a sua utilização.

No ano de 1997, Dowker et al. mostraram um estudo no qual dentes extraídos foram escaneados por um microtomógrafo de raios-x, à resolução de 40 μm . Características morfométricas e mudanças no curso do canal radicular foram observadas pela utilização de programas específicos que determinaram cortes transversais e modelos visuais dos canais. Os autores ressaltaram a maior precisão que este método não invasivo pode oferecer em relação aos efeitos da instrumentação, mas recomendaram cuidado na interpretação das imagens e sobreposição das mesmas (pré e pós-operatórias).

Rhodes et al. (1999) utilizaram a micro-CT como método de produção de imagem verdadeira em 3D a partir de pequenas amostras. Um protótipo de micro-CT foi adaptado para imagem de dentes, a fim de examinar se esta poderia quantificar a instrumentação dos canais radiculares. Os autores concluíram que a micro-CT é um excelente e acurado método para qualquer experiência em Endodontia pela alta significância de correlação entre as imagens obtidas e por ser uma técnica

reproduzível e não invasiva do sistema de canais radiculares.

Peters et al. (2000) avaliaram o potencial e precisão de técnica tridimensional não destrutível da micro-CT para detalhamento da geometria do canal radicular. Doze molares superiores humanos extraídos foram analisados por microtomógrafo com resolução de 34 μm . As áreas de superfície e volume de cada canal radicular foram calculados por triangulação a partir da colocação dos dentes em um modelo de reposicionamento bastante preciso. Os resultados mostraram que a geometria do canal radicular foi estimada com precisão com a técnica inovadora.

Um dos primeiros trabalhos comparando técnicas de preparo por meio da microtomografia computadorizada foi o de Peters et al. (2001a). Os autores usaram a micro-CT e não as técnicas convencionais à época de mensuração de secção transversal do canal antes e após instrumentação. Com o auxílio de um equipamento que permitiu o posicionamento preciso dos espécimes nos momentos dos escaneamentos, foram calculadas as diferenças de área de superfície e volume dos canais pré e pós-preparo por meio de um programa customizado. Foram escaneados apenas 6 molares superiores. As variações na geometria do canal influenciaram mais nas mudanças durante o preparo do que as técnicas de preparo em si.

Ainda em 2001, o grupo de (Peters et al., 2001b) analisaram um total de 40 molares superiores que foram divididos em quatro grupos, aleatoriamente, de acordo com a técnica de preparo do canal radicular (Limas tipo K, Light-speed, Profile .04 e instrumentos GT) e escaneados por microtomógrafo à 19,6 μm . Foram determinados os volumes de interesse e calculados por meio de algoritmos, diferenças de volume de dentina removida, proporção entre as superfícies instrumentadas e as superfícies não tocadas pelo instrumento e o transporte do canal. Os autores concluíram que as variações anatômicas demonstradas pelo canal radicular determinaram um impacto na instrumentação do mesmo, deixando superfícies não instrumentadas (35% ou mais). E portanto sugerem que estudos comparando os efeitos de instrumentos devem também considerar detalhes da anatomia pré-operatória do canal.

O trabalho de Bergmans et al. (2001) apresentou uma metodologia para avaliação quantitativa da instrumentação do canal radicular usando a micro-CT

juntamente com um programa baseado em modelo matemático de construção. Foi utilizado o aparelho SkyScan 1072 (SkyScan, Bélgica) para escaneamento de um segundo molar inferior extraído. O primeiro escaneamento da amostra foi meramente para ilustrar as visualizações qualitativas que podem ser obtidas pela micro-CT. O segundo e terceiro escaneamentos foram realizados após acesso à câmara pulpar e antes da instrumentação dos canais, e após a instrumentação do dente pelos instrumentos Profile 0.04, respectivamente. Um pacote de visualização de volume foi aplicado para ilustrar a capacidade de visualização qualitativa. Um programa foi desenvolvido para fazer mensurações quantitativas e prover informações qualitativas adicionais das imagens registradas. O procedimento implementou um verdadeiro modelo matemático tridimensional para a quantificação dos efeitos da instrumentação do canal radicular. Os resultados mostraram valores numéricos para volume, mudanças de volume e transporte do canal. A metodologia mostrou-se objetiva para avaliação da instrumentação do canal radicular.

Gao et al. (2009) propuseram uma plataforma gratuita de processamento e visualização de imagens (MeVisLab) para reconstrução de dentes ou morfologia dos canais radiculares acessados por microtomografia computadorizada. Os quadros reguladores permitiram criar uma plataforma econômica que ia de encontro às exigências das pesquisas em Endodontia, quantificando os efeitos do preparo.

Paqué et al. (2009b) propuseram um método quantitativo para análise de debris dentinários utilizando a micro-CT. Foram escaneadas as raízes mesiais de 20 molares inferiores humanos extraídos à resolução de 72 μm . O cálculo do volume médio de restos aparentes de tecido duro após a instrumentação foi feito sem qualquer irrigação. A análise indicou que aproximadamente 29,2% do volume original do canal foi preenchido por debris dentinários. Uma análise por espectroscopia de raios X por dispersão em energia (EDX) revelou que os detritos acumulados revelados nas imagens continham a mesma quantidade de cálcio e fósforo do que a dentina radicular. Os autores concluíram que o método parece ser apropriado para comparar quantitativamente diferentes regimes de instrumentação/irrigação quanto ao acúmulo de debris dentinários.

Em 2011, De Deus et al. fizeram uma avaliação crítica sobre a problemática metodológica dos trabalhos publicados sobre remoção de magma dentinário. Os

autores apontaram que os estudos convencionais baseados em Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) não são confiáveis ou passíveis de reprodução. Os resultados baseados em pontuações sofrem muito o enviesamento humano, sendo que rotinas computacionais que automaticamente extraem a informação quantitativa da morfologia da dentina se fazem necessárias. Portanto, esforços futuros devem ser feitos para direcionar o desenvolvimento de uma nova metodologia para ser usada em estudos de remoção de magma dentinário.

O trabalho publicado por Freire et al. (2012) demonstrou a superioridade da microtomografia computadorizada quando comparada ao método de cortes transversais para avaliação do preparo de canais curvos. A micro-CT teve a habilidade de preservar o espécime e determinar resultados que estavam mais próximos das situações clínicas. O grupo avaliado por micro-CT obteve menor transporte do canal comparado com o grupo onde as raízes foram seccionadas. Os autores atribuíram estes resultados à perda de material associada ao seccionamento dos espécimes.

De Deus et al. (2014) apresentaram uma descrição passo a passo de um novo método para identificar, mensurar e mapear tridimensionalmente o acúmulo de debris dentinários no canal radicular após o preparo biomecânico utilizando um programa gratuito para processamento e análise de imagens. Canais de molares inferiores que foram preparados sem qualquer irrigação resultaram em 34,6% do seu volume preenchido por debris dentinários, enquanto que o uso de água destilada ou NaOCl seguido de EDTA mostrou uma redução na porcentagem de volume de debris dentinários de 16% e 11,3%, respectivamente. Os autores concluíram que pelo método foi possível calcular o volume de debris dentinários no espaço do canal radicular, sendo promissor o programa gratuito (Seg3D v.2.1.4) para reconstrução, registro e análise de imagens.

Freire et al. (2015) compararam a eficiência da IUP e sistema EndoVac na remoção de debris dentinários e a influência destes na qualidade da obturação do canal radicular por meio da microtomografia computadorizada. Um microtomógrafo modelo 1176 e resolução de 17,42 μm foi utilizado em quatro momentos para escaneamento dos espécimes: antes e após preparo do canal, após irrigação final e após obturação do mesmo. Raízes mesiais de vinte e quatro molares inferiores

foram preparadas com sistema Reciproc (R25) e divididas em dois grupos experimentais (n=12), de acordo com o método de irrigação final: IUP e EndoVac. Todos os espécimes foram obturados utilizando a técnica de condensação de ondas contínuas. Os resultados mostraram que a análise com microtomografia computadorizada revelou o acúmulo de debris dentinários dentro dos canais radiculares, ocupando uma média de 3,4% do volume do canal. A irrigação final com IUP e EndoVac reduziu o volume de debris dentinários em 55,55% e 53,65%, respectivamente. Os autores concluíram que IUP e EndoVac foram igualmente eficientes na remoção dos debris dentinários e que o método de irrigação não influenciou a qualidade de obturação dos canais radiculares.

3 PROPOSIÇÃO

Os propósitos deste estudo foram:

- Avaliar, *ex vivo*, em relação ao preparo o aumento de volume e superfícies não preparadas e quantificar o acúmulo de debris dentinários em canais ovais longos de molares inferiores, comparando os sistemas TF Adaptive e Reciproc utilizando a microtomografia computadorizada (micro-CT);
- Avaliar o efeito da IUAL após o preparo químico-cirúrgico com os sistemas propostos, na redução de debris dentinários utilizando a microtomografia computadorizada (micro-CT);
- Relacionar a presença de debris dentinários avaliados por micro-CT, com o magma dentinário, por meio do Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV).

As hipóteses de nulidade são que:

- independente da cinemática do sistema utilizado, não há diferença no preparo, no acúmulo e remoção de debris dentinários de canais radiculares ovais longos e;
- não há diferença entre a presença de debris dentinários avaliados por micro-CT e a presença de magma dentinário aderido à parede do canal avaliado por MEV.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O material e métodos utilizados no estudo estão descritos detalhadamente abaixo.

4.1 Material

38 molares inferiores humanos extraídos - Banco de Imagens de Microtomografia da Disciplina de Endodontia da FOU SP;

Instrumentos de movimento adaptivo – TF adaptivo (Kerr, Bioggio, Switzerland);

Instrumentos de movimento recíproco - Reciproc R50 (VDW, Munique, Alemanha);

Agulhas para irrigação NaviTips (Ultradent, São Paulo, SP);

Algodão (SSplus, São Paulo, SP);

Aparelho de Raios-X (Dabi Atlante, Ribeirão Preto, São Paulo); Autoclave Vitale 21 (Cristófoli, Paraná, PR);

Aparelho de ultrassom NSK

Broca Endo-Z (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça);

Brocas esféricas diamantadas 1014 (KG Sorensen, São Paulo, SP);

Caneta de alta rotação (Dabi Atlante, Ribeirão Preto, SP);

Cânulas succionadoras do tipo Capillary Tip (Ultradent, São Paulo, SP);

Cimento temporário Coltisol (Vigodent, Rio de Janeiro, RJ); Colgaduras (Jon, São Paulo, SP);

Computador (Mac OSX version 10.7.5, Califórnia, EUA);

Contra-ângulo Sirona 6:1 (Sirona, Bensheim, Alemanha);

EDTA a 17% (Farmácia Fórmula e Ação, São Paulo, SP);

Espelho clínico (Hu-Friedy, Chicago, EUA);

Explorador de ponta reta (Hu-Friedy, Chicago, EUA);

Gel de Endo PTC (Farmácia Fórmula e Ação, São Paulo, SP);

Hipoclorito de sódio a 1% (Farmácia Fórmula e Ação, São Paulo, SP);

Limas manuais tipo K #10 (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça);

Limas manuais tipo K #15 (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça);

Microscópio operatório (Alliance, São Paulo, SP);

Microtomógrafo de Raios-X de alta resolução (SkyScan 1176; Kontich, Bélgica);

Motor elétrico VDW. SILVER RECIPROC (VDW, Munique, Alemanha);

Motor elétrico Elements (Kerr, Bioggio, Switzerland);

Pontas de papel absorventes Reciproc R50 (VDW GmbH, Munich, Alemanha);

Ponta ultrassônica lisa Irrisonic (Helse Dental Technology, Santa Rosa de Viterbo/SP);

Programa CTan v1.12.0.0 (SkyScan, Kontich, Bélgica);

Programa CTVol v.2.2.1.0 (SkyScan, Kontich, Bélgica);

Programa DataViewer (SkyScan, Kontich, Bélgica);

Programa Estatístico BioEstat 5.0 (Universidade Federal do Pará, Belém, Brasil);

Programa NRecon (SkyScan, Kontich, Bélgica);

Régua milimetrada endodôntica (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça);

Seringa plástica 5 mL (Ultradent, São Paulo, SP);

Silicona de condensação (Vigodent, Rio de Janeiro/RJ) e

Soro fisiológico (LBS Laborasa, São Paulo/SP).

4.2 Métodos

Este trabalho foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo e aprovado CAAE: 56448616.0.0000.0075; Parecer número: 1.730.947 (Anexo A).

4.2.1 Seleção dos dentes / Critérios de inclusão:

Dezenove espécimes foram indicados como tamanho da amostra necessário para observar diferenças significantes entre os grupos. O programa do Laboratório de Epidemiologia e Estatística (LEE) do Instituto Dante Pazzanese de Cardiologia da Faculdade de Medicina da USP foi utilizado para realizar o cálculo amostral.

Os dentes utilizados na presente pesquisa foram selecionados a partir do Banco de Imagens do Laboratório de Análises Microtomográficas do Departamento de Dentística – Disciplina de Endodontia. Partindo-se de um total de oitenta molares inferiores, trinta e oito raízes distais foram selecionadas por se enquadrarem nos critérios de inclusão determinados: rizogênese completa, ausência de calcificações, reabsorções, fraturas radiculares e sem tratamento endodôntico anterior. Além disso, deveriam apresentar canal radicular único com apenas um forame (classificação tipo I segundo Vertucci, 1984), ângulo de curvatura menor que 20° (Schneider, 1971) e configuração oval longa (Wu et al., 2000; Jou et al., 2004). Para que fossem classificados como canais ovais longos, o diâmetro VL era pelo menos duas vezes e meia a quatro vezes maior que o diâmetro MD ao nível de 5 mm do ápice radicular. Estas mensurações foram feitas com o programa CTan v1.12.0.0 (SkyScan, Kontich, Bélgica), utilizando-se as imagens pré-operatórias reconstruídas.

As raízes mesiais foram seccionadas com um micrótomo de tecido duro, pois apresentavam-se com os canais mesiais preenchidos por material obturador e tal fato influenciaria no escaneamento após o preparo do canal distal, por alterar os parâmetros de obtenção das imagens.

É importante ressaltar que as raízes distais dos dentes selecionados para o grupo 1 (TF Adaptive Large) permitiram a introdução de um instrumento manual tipo K #15 até o comprimento real de trabalho (CRT) e este ficava folgado no canal. No grupo 2 (Reciproc R50), os canais permitiram a inserção de um instrumento manual tipo K #30 de forma passiva até o CRT, para correta seleção do instrumento R50 em acordo com o fabricante.

4.2.2 Preparo dos dentes e divisão dos grupos experimentais

Os dentes estavam limpos, esterilizados em autoclave e foram mantidos hidratados em soro fisiológico até o início do experimento (Freire et al., 2015).

Os dentes já haviam sido padronizados em suas superfícies oclusais, em 17 mm e a cirurgia de acesso feita por terem sido utilizados em trabalhos prévios. As câmaras pulpares permaneceram vedadas com algodão e material selador temporário sempre que não manipuladas.

Os canais foram explorados com uma lima manual tipo K #10. O CRT determinado quando a extremidade do instrumento foi observada através do forame apical, com auxílio de um microscópio operatório (Alliance, São Paulo, SP) em um aumento de oito vezes, recuando-se um milímetro.

Os dentes foram distribuídos em dois grupos experimentais:

grupo G1 – TF Adaptive série Larga (n=19);

grupo G2 – Reciproc R50 (n=19).

4.2.3 Microtomógrafo de raios-X

O método de avaliação do preparo e acúmulo de debris dentinários nos canais radiculares foi o da microtomografia computadorizada (micro-CT).

As imagens tomográficas foram obtidas utilizando-se o microtomógrafo de

raios-X SkyScan 1176 (Figura 4.1), localizado no Centro de Aquisição de Imagens e Microscopia do Instituto de Biociências (CAIMi) da Universidade de São Paulo – São Paulo.

Figura 4.1 – Microtomógrafo de raios-X SkyScan modelo 1176 do CAIMi/USP

Fonte: a autora

O modelo 1176 da SkyScan é composto por um tubo de raios-X de microfoco com fonte de alta tensão (20-90 kV, 25W), um porta-amostra com manipulador de precisão e um detector baseado em câmera de CCD de 11 Mp (4000 x 2672 pixel) conectados à um computador (*host*), interligado em rede à um cluster de computadores utilizados na reconstrução das imagens.

A fonte de microfoco de raios-X ilumina o objeto e um detector planar de raios-X coleta as imagens projetadas. Baseado em centenas de perspectivas angulares adquiridas enquanto o objeto rotaciona, o computador sintetiza uma pilha de cortes transversais virtuais através do objeto, tornando possível a inspeção da estrutura interna do mesmo (Lasso et al., 2008).

Cada espécime foi submetido a três escaneamentos: pré-operatório, pós-operatório e pós-irrigação ultrassônica ativada intermitente. Os dentes foram

posicionados em um suporte para amostra (isopor tubular para modelo Skyscan 1176) e levados à cama de fibra de carbono do microtomógrafo, o mais próximo possível do eixo central de rotação para evitar qualquer movimento durante o escaneamento (Figura 4.2).

Figura 4.2 – A: Posicionamento inicial do suporte de isopor no micro-CT. B: Posicionamento final para o escaneamento

Fonte: a autora

Após a execução do piloto do projeto, foram estipulados os parâmetros a serem usados neste estudo para a aquisição das imagens (Anexo B). Os escaneamentos foram realizados a uma potência de 70 kV e 279 μ A, com filtro de cobre e alumínio. Os objetos rotacionados a 360º, com 0,3º de velocidade de rotação. O tempo total para escaneamento da imagem foi de 1 hora e 21 minutos. (Figura 4.3).

Figura 4.3 – Piloto para determinação de parâmetros de aquisição das imagens da amostra

Fonte: a autora

Após a aquisição das imagens das projeções bidimensionais (2D), deu-se início à etapa de reconstrução das secções transversais, realizada no programa NRecon, por meio do algoritmo de reconstrução de feixe cônico de Feldkamp modificado (Anexo C). O total para a reconstrução da imagem foi de 46 minutos, perfazendo 2 horas e 7 minutos para digitalização e reconstrução de uma imagem com tamanho de voxel isotrópico de 8,71 μm .

4.2.4 Preparo químico-cirúrgico dos canais radiculares

O preparo dos canais radiculares em todos os grupos experimentais foi realizado por um único operador. Durante o preparo químico-cirúrgico (PQC), as raízes dos dentes foram cobertas com silicona de condensação, para evitar extravazamento da solução irrigadora. Todas as amostras foram instrumentadas com limas novas, tanto para o sistema de movimento híbrido de sequência de limas quanto para o sistema de movimento recíprocante de lima única.

Grupo G1 – TF Adaptive série Larga (n=19)

O sistema TF Adaptive (SybronEndo, Orange, CA) é um sistema de movimento híbrido automático. A tecnologia do movimento híbrido ou adaptivo é baseada num algoritmo inteligente que permite a lima se ajustar às forças torsionais intra-canal dependendo da quantidade de carga colocada na lima. Isso significa que a lima vai rotacionar continuamente ou reciprocitar dependendo da situação de estresse (de acordo com o fabricante). As limas do sistema quando acionadas no movimento adaptivo combinam a rotação contínua no sentido horário (quando expostas à mínima carga) e movimento reciprocante no sentido anti-horário (quando engajam na dentina e carga é aplicada).

Um sistema baseado em cor foi desenvolvido para melhor eficiência e facilidade de uso das limas do sistema TF Adaptive. Como se fosse um semáforo, a primeira lima começa com o verde e para no vermelho. Para a escolha da série a ser utilizada (pequena ou larga), o fabricante recomenda que se um instrumento manual tipo K #15 entrar livremente (solto, folgado) até o comprimento de trabalho, a série Larga deverá ser a de escolha. Desta forma, para preparo da raiz distal dos molares inferiores selecionados neste trabalho foi utilizada a série Larga (conjunto de 3 limas com dupla banda): #25/.08 (ML1); #35/.06 (ML2) e #50/.04 (ML3).

O sistema adaptivo foi desenvolvido com características de desenho únicas: torção da liga, fase-R de tratamento térmico e condicionamento especial da superfície (processo de desoxidação da superfície). O resultado, segundo o fabricante, é um eficiente corte devido à ação das três limas do sistema em contato com a parede do canal e à remoção de debris dentinários.

A técnica TF Adaptive consiste nos seguintes passos de acordo com o fabricante: estabelecimento de pré-preparo usando limas manuais tipo K #15 e estabelecimento do CRT. O Motor Elements (SybronEndo, Orange, CA) foi usado para o acionamento das limas no modo “TF Adaptive”. O canal esteve sempre inundado com NaOCl quando o instrumento estava girando no canal. Devagar, o instrumento ML1 (verde) avançou no sentido apical, sem forçar, engatando na dentina e depois completamente removido do canal. O instrumento ML1 foi limpo e

após irrigação, aspiração e inundação com a solução irrigadora, a patência confirmada com uma lima manual tipo K #10. Estes passos foram repetidos até que a lima ML1 chegasse ao CRT. A mesma sequência foi utilizada com a ML2 e ML3 até chegarem ao CRT e a sequência dos três instrumentos TF Adaptive completada.

Os instrumentos foram utilizados em movimento de penetração com suave pressão e lateralidade (pincelamento) visando tocar as paredes do canal radicular. A cada troca de lima foi utilizado como substância química auxiliar 3 mL de NaOCl a 1% (Freire et al., 2015) - um total de 9 mL de solução irrigadora.

A irrigação final foi uma irrigação ultrassônica ativada intermitente. O irrigante foi ativado por 20 segundos com auxílio de um aparelho de ultrassom programado na potência de 10%, com uma ponta Irrisonic (Helse Dental Technology, Santa Rosa de Viterbo/SP), inserida com movimentos de vai e vem, até o limite mais apical em que pudesse vibrar livremente, respeitando-se a distância de 2 mm do CRT (Figura 4.4). Cada canal foi irrigado no esquema: irrigação com 2 mL de NaOCl 1% seguido por ativação do irrigante por 20 segundos (3X); irrigação com 2 mL de EDTA 17% seguido por ativação da solução por 20 segundos (3X) e irrigação com 2 mL de NaOCl 1% seguido por ativação do irrigante por 20 segundos (3X). Um total de 6 mL de NaOCl 1%, seguidos de 6 mL de EDTA 17% e em seguida novamente com 6 mL de NaOCl 1%. Para cada solução, um total de 1 minuto de IUAL. Os canais foram aspirados com cânula suctora do tipo Capillary Tip. As câmaras pulpares seladas com material selador temporário Coltosol e os espécimes submetidos ao terceiro escaneamento.

Figura 4.4 – Irrigação Final: Irrigação Ultrassônica Ativada Intermitente. A: Ponta Irrisonic (Helse Dental Technology); B: Dente com silicone de condensação para evitar extravazamento da solução irrigadora

Fonte: a autora

Grupo G2 – Reciproc R50 (n=19)

Neste grupo foram utilizadas as raízes distais que permitiram a introdução de uma lima manual tipo K #30 passivamente até o CRT, como critério de seleção correta do instrumento R50 (50/.05) para preparo das mesmas. O acionamento do instrumento R50 foi realizado pelo motor elétrico VDW. Silver ajustado para movimento recíprocante, acoplado ao contra-ângulo Sirona 6:1 de acordo com as instruções do fabricante. Após a determinação do CRT, os canais radiculares foram preparados na sequência descrita a seguir (Alves et al., 2012): a) inserção lenta do instrumento acionado no canal radicular em movimento de vai-vem e pincelamento; b) amplitude do movimento não excedendo 3 mm, com pequena pressão apical; c) remoção do instrumento após 3 “bicadas” no canal radicular; d) irrigação, aspiração e inundação do canal radicular, limpeza do instrumento com gaze a cada remoção (sempre verificando com uma lima manual tipo K #10 se não houve obstrução do

canal) e e) avanço do instrumento até o CRT estabelecido. A cada remoção do instrumento houve renovação da substância química auxiliar, empregando-se 3 mL de hipoclorito de sódio (Freire et al., 2015) - um total de 9 mL de solução irrigadora.

O instrumento R50 foi usado com movimento de vai e vem em pressão continuada e pincelamento lateral (Alves et al., 2012) para permitir o preparo de todas as paredes do canal oval longo, o que também facilitou o avanço do instrumento até o comprimento desejado.

A irrigação final foi uma irrigação ultrassônica ativa intermitente (IUAL), do mesmo modo realizado no grupo TF Adaptive. Os canais foram depois aspirados com cânula suctora do tipo Capillary Tip. As câmaras pulpare foram seladas com cimento temporário Coltosol e os espécimes submetidos ao terceiro escaneamento.

4.2.5 Análise das imagens microtomográficas

Após a reconstrução das imagens, seu correregistro foi realizado pelo software DataViewer. Neste momento, verificou-se uma mudança no *dataset* nos diferentes momentos do escaneamento. Tal fato levaria indubitavelmente à alteração das linhas X, Y e Z do alinhamento das imagens e cada mudança das linhas levou em torno de três horas e meia para ser realizada (Figura 4.5).

Figura 4.5 – Alteração das linhas X, Y e Z da imagem original. A: Tamanho original da imagem pré-preparo; B: Tamanho da imagem com o *dataset* alterado

Fonte: a autora

Depois foi necessário carregar essas imagens alteradas para fazer o registro dois a dois (imagem pré-preparo com imagem pós-preparo e imagem pré/pós com imagem pós-IUAL). Foi realizado o registro das imagens Tra (alteradas) pré e pós-preparo, para depois fazer o registro das imagens Tra pré/pós com a imagem pós-IUAL (Figura 4.6).

Figura 4.6 – Registro das imagens. A: Conjunto das imagens alteradas pré e pós-preparo; B: Conjunto das imagens pré/pós com a imagem pós-irrigação ultrassônica ativa intermitente

Fonte: a autora

Em sequência, os conjuntos de imagens foram abertos no programa CTan. O CTan permitiu a análise quantitativa, a mensuração da alteração do volume, área de superfície, superfície não preparada e debris pós-peparo e pós-IUAL, a partir da sobreposição dos cortes axiais obtidos no escaneamento antes e após o preparo do canal radicular. Para cada canal, a reconstrução e a avaliação foram feitas do ápice radicular até a junção cimento-esmalte, em aproximadamente 800 cortes por espécime.

Neste programa, inicialmente foi realizado a determinação das secções transversais *top* e *bottom* que representam o primeiro corte em que o contorno do canal apresentava-se completamente fechado e o último corte em que se visualizava

a raiz do dente. Referências também usadas nas análises subsequentes do mesmo dente.

A seguir, a delimitação da região de interesse (ROI) foi criada e salva para utilização posterior. O volume de interesse (VOI) foi definido a partir da integração do ROI em todos os cortes selecionados e salvo em um novo conjunto de imagens. O novo VOI foi binarizado, a partir de operações matemáticas para alteração dos valores dos pixels do canal radicular. A binarização ou segmentação é a conversão da imagem com níveis de cinza para uma imagem com dois tons (preto/branco) a fim de permitir a identificação de objetos, separando-os do fundo da imagem.

A etapa subsequente foi a utilização da ferramenta *Custom Processing*, onde se realizou o processamento personalizado das imagens por uma sequência de *plugins* para a padronização e automatização do processo de obtenção de informações. Para cada análise foi gerada uma sequência de tarefas ou *task list*. Esses valores foram obtidos para todo o canal, como também foi feita uma avaliação por terços: cervical, médio e apical (Figura 4.7).

Figura 4.7 – Análise no programa CTan. A: Delimitação do ROI; B: Novo VOI; C: Binarização do objeto; D: Ferramenta *Custom Processing* para gerar sequência de tarefas para obtenção de informações

Fonte: a autora

Listas-padrão foram criadas para segmentar o canal, a dentina e os debrís dentinários (Anexos D, E, F). Criou-se um modelo tridimensional (3D) e uma análise quantitativa, como produto final da análise (Figura 4.8).

Figura 4.8 – Produto final de análise. A: Canal pré-operatório; B: Canal pós-operatório; C: Debrís dentinários pós-preparo; D: Debrís dentinários pós-IUAL

Fonte: a autora

Todas as alterações morfométricas avaliadas o foram para todo canal e cada terço do canal radicular: cervical, médio e apical.

O volume inicial e final do canal foram calculados (mm^3) e obtido o aumento do volume após o PQC. A porcentagem do aumento de volume ($\%\Delta$) foi calculada através da fórmula:

$\%\Delta = (A * 100/B)$, onde (A) é o aumento do volume do canal e (B) o volume inicial.

A área de superfície inicial e final foi obtida pelo CTan. Os valores da superfície não tratada também foram registrados em mm^2 e a partir destes valores foi feito o cálculo da porcentagem de superfície não preparada (%S) a partir da fórmula:

$\%S = (S * 100/SI) - 100$, onde (S) é o valor da superfície não tratada e (SI) é o valor da superfície inicial.

A presença de material com densidade similar à dentina nas imagens pós-preparo, em regiões previamente ocupadas por ar no canal pré-operatório, foi considerado debri dentinário e quantificado pela intersecção entre as imagens antes e depois do preparo do canal. O volume de debris dentinários remanescentes após a irrigação final (IUAL) foi identificado a partir da intersecção entre a imagem original do canal pós-irrigação e a imagem dos debris pós-preparo (Freire, 2014).

A porcentagem de debris dentinários produzidos após o preparo foi calculada da seguinte maneira:

$$\% \text{ de debris pós-preparo} = \frac{\text{volume de debris pós-preparo} \times 100}{\text{volume do canal pós sem debris}}$$

A porcentagem de debris dentinários remanescentes após a irrigação final (IUAL):

$$\% \text{ de debris pós-IUAL} = \frac{\text{volume de debris pós-irrigação final} \times 100}{\text{volume do canal pós sem debris}}$$

E a redução percentual de debris dentinários foi calculada da seguinte forma:

$$\% \text{ redução de debris} = \frac{\% \text{ debris pós-irrigação final} \times 100}{\% \text{ debris pós preparo}} - 100$$

O programa Bioestat v.5.3 (Instituto Mamirauá, Pará, Brasil) foi usado para as análises estatísticas e indicou uma distribuição não normal do teste D'Agostino. O teste não paramétrico utilizado para a análise entre os grupos foi o de Mann-Whitney. Na análise intra-grupo, o teste de Kruskal-Wallis foi o escolhido, complementado pelo método de Dunn para determinação de quais grupos eram diferentes.

4.2.6 Análise das imagens no microscópio eletrônico de varredura (MEV)

Após o terceiro escaneamento, os dentes foram clivados longitudinalmente em duas metades acompanhando a abertura do forame no terço apical (Figura 4.9). Foram clivados 5 espécimes de cada grupo experimental que apresentaram a maior porcentagem de redução de debris dentinários após irrigação ultrassônica ativa intermitente neste terço.

Figura 4.9 – Dentes clivados longitudinalmente ao meio no terço apical

Fonte: a autora

Depois da clivagem foi realizado o processamento do tecido mineralizado para análise no MEV. Primeiro foi feita fixação em glutaraldeído a 2% por 2 horas, em seguida 5 lavagens de 10 minutos em tampão de cacodilato 0,05 molar. A desidratação dos espécimes foi feita com etanol 30, 50, 70 90, 95 e 100% e a secagem em temperatura ambiente. Logo depois, todas as metades foram para a

estufa a 37C por 48 horas e feita a montagem para metalização por 170 segundos (Figura 4.10).

Figura 4.10 – A: Metalização dos dentes clivados montados em *stub*; B: Detalhe do dente metalizado em ouro

Fonte: a autora

O aparelho de microscopia eletrônica de varredura utilizado foi o modelo LEO 430i do Laboratório de Pesquisa Básica do Laboratório Especial de Laser em Odontologia (LELO) da Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo – FOU SP (Figura 4.11).

Figura 4.11 - Microscópio Eletrônico de Varredura. A: Modelo LEO 430i do LELO/FOUSP; B: Posicionamento das amostras no aparelho para análise

Fonte: a autora

A análise no MEV foi feita com aumentos de x1.000. O sistema de codificação utilizado foi o proposto por Hülsmann et al. (1997) que mede a presença e a distribuição do magma dentinário da seguinte forma:

- pontuação 1: sem magma dentinário (túbulos dentinários abertos);
- pontuação 2: pequena quantidade de magma dentinário (alguns túbulos dentinários abertos);
- pontuação 3: magma dentinário homogêneo cobrindo a parede do canal (somente poucos túbulos dentinários abertos);
- pontuação 4: parede do canal radicular completamente coberta por magma dentinário homogêneo (sem túbulo dentinário aberto) e
- pontuação 5: pesada camada de magma dentinário não-homogêneo cobrindo completamente a parede do canal radicular.

As avaliações das imagens foram feitas por três operadores calibrados que não podiam identificar o espécime analisado e que tinham sido treinados quanto ao sistema de codificação utilizado (Rödig et al., 2010).

5 RESULTADOS

Os canais distais selecionados preparados por ambos os sistemas não apresentaram erros de procedimento e nenhum instrumento fraturou durante a realização da remoção de dentina do canal radicular, aumentando seu volume.

5.1 Volume do canal radicular

O valor original dos volumes dos canais não mostrou diferença significativa entre as amostras ($p>0,05$). Em ambos os grupos, a ação de cada sistema determinou o aumento do valor do volume pré-instrumentação em cada um dos terços analisados e no canal como um todo.

O volume final do canal no movimento híbrido mostrou cortar mais dentina no canal todo com diferença estatística significativa ($p<0,05$), não havendo diferença na análise em cada terço do canal radicular. O sistema TF Adaptive determinou um aumento do volume do canal de aproximadamente 80%, enquanto o sistema Reciproc mostrou um aumento de 61% considerando todo o canal radicular ($p<0,05$). Sendo esta diferença também significativa nos terços cervical e médio. Entretanto, no terço apical do canal radicular, os sistemas não apresentaram diferença na porcentagem de aumento do volume do canal.

Os valores originais do volume inicial e final do canal radicular e o aumento de volume de cada amostra (no seu todo e em cada terço do canal radicular) para cada grupo experimental, assim como os valores originais das porcentagens do aumento de volume do canal, encontram-se nos apêndices A, B, C e D. As médias e desvios-padrão estão apresentados na tabela 5.1. A figura 5.1 demonstra as médias das porcentagens do aumento de volume do canal radicular para os sistemas TF Adaptive e Reciproc.

Tabela 5.1 – Médias e desvios-padrão do volume inicial, final e aumento do volume do canal após preparo químico-cirúrgico, e a porcentagem de aumento do volume nos sistemas TF Adaptive e Reciproc

	Região	TF Adaptive	Reciproc
volume inicial do canal (mm ³)	Todo	7,296 ± 1,040	6,859 ± 0,958
	Cervical	3,933 ± 0,866	4,143 ± 0,716
	Médio	2,069 ± 0,614	1,963 ± 0,420
	Apical	1,255 ± 0,665	0,954 ± 0,510
volume final do canal (mm ³)	Todo	13,136 ± 1,796 ^A	11,086 ± 1,463 ^B
	Cervical	7,393 ± 1,547	6,605 ± 1,254
	Médio	3,459 ± 1,054	3,071 ± 0,684
	Apical	2,053 ± 1,441	1,644 ± 0,871
aumento Volume (mm ³)	Todo	5,840 ± 0,822 ^A	4,226 ± 0,627 ^B
	Cervical	3,593 ± 1,016 ^C	2,527 ± 0,607 ^D
	Médio	1,537 ± 0,614 ^E	1,113 ± 0,344 ^F
	Apical	0,997 ± 0,533 ^G	0,695 ± 0,362 ^G
aumento Volume (%)	Todo	80,256 ± 6,174 ^A	61,976 ± 7,486 ^B
	Cervical	85,596 ± 8,448 ^C	60,466 ± 9,080 ^D
	Médio	69,846 ± 13,560 ^E	57,290 ± 14,918 ^F
	Apical	77,722 ± 12,419 ^G	73,507 ± 6,569 ^G

Fonte: a autora

Letras maiúsculas diferentes indicam diferença significativa entre os grupos experimentais (p<0,05)

Valores intra-grupo foram estatisticamente significantes para volume inicial e final do canal (p<0,05)

Figura 5.1 – Médias da porcentagem do aumento do volume do canal após o preparo nos grupos TF Adaptive e Reciproc

Fonte: a autora

5.2 Área de superfície do canal radicular

A partir da obtenção do valor da área inicial do canal radicular foi feito o cálculo da superfície não preparada após o preparo químico-cirúrgico. Ambos os grupos não conseguiram tocar todas as paredes do canal oval longo, deixando superfícies sem preparo. Em nenhum dos terços, assim como no canal como um todo, houve diferença estatística significativa entre os grupos em relação à área de superfície e superfície não preparada e o percentual de superfície não preparada ($p>0,05$).

Os valores originais da área de superfície inicial e final e as superfícies não preparadas e o percentual destas para todo o canal e cada terço, para cada sistema, estão reportadas nos apêndices E, F, G e H. As médias e desvios-padrão estão apresentados na tabela 5.2. A figura 5.2 ilustra as médias das porcentagens das superfícies não preparadas do canal radicular para cada sistema experimental.

Tabela 5.2 – Médias e desvios-padrão da área de superfície inicial, final e superfície não preparada do canal após preparo químico-cirúrgico, e a porcentagem de superfície não preparada nos sistemas TF Adaptive e Reciproc

	Região	TF Adaptive	Reciproc
área de superfície Inicial (mm ²)	Todo	55,131 ± 13,348	46,688 ± 10,907
	Cervical	27,110 ± 8,057	23,872 ± 6,333
	Médio	20,956 ± 4,659	18,414 ± 10,256
	Apical	7,098 ± 3,296	7,717 ± 4,971
área de superfície Final (mm ²)	Todo	68,080 ± 17,338	63,824 ± 15,808
	Cervical	33,959 ± 10,622	30,947 ± 9,114
	Médio	23,276 ± 6,543	24,451 ± 13,291
	Apical	10,394 ± 3,700	8,362 ± 3,377
superfície não preparada (mm ²)	Todo	13,875 ± 5,063	13,872 ± 6,584
	Cervical	4,741 ± 2,448	5,457 ± 4,278
	Médio	6,798 ± 2,912	5,367 ± 2,658
	Apical	2,394 ± 1,773	2,997 ± 1,705
superfície não preparada (%)	Todo	26,767 ± 13,497	29,214 ± 10,096
	Cervical	19,058 ± 12,068	21,763 ± 11,878
	Médio	33,738 ± 17,799	33,922 ± 15,619
	Apical	37,083 ± 21,513	44,852 ± 17,241

Fonte: a autora

Não houve diferença significativa entre os grupos experimentais ($p>0,05$)

Figura 5.2 – Médias da porcentagem de superfícies não preparadas após o preparo químico cirúrgico do canal radicular com os grupos TF Adaptive e Reciproc

Fonte: a autora

As figuras 5.3 e 5.4 mostram o espaço do canal pré-preparo em verde e do canal pós-preparo em vermelho, e a sobreposição destes após instrumentação com os sistemas TF Adaptive e Reciproc, respectivamente. Outros modelos estão representados nos apêndices I e J.

Figura 5.3 – Superfícies não-preparadas do grupo TF Adaptive. A: Canal radicular antes do preparo (verde); B: Canal radicular após o preparo (vermelho); C: Sobreposição dos canais pré e pós-operatórios

Fonte: a autora

Figura 5.4 – Superfícies não-preparadas do grupo Reciproc. A: Canal radicular antes do preparo (verde); B: Canal radicular após o preparo (vermelho); C: Sobreposição dos canais pré e pós-operatórios

Fonte: a autora

5.3 Acúmulo e redução de debris dentinários do canal radicular

Após o preparo químico-cirúrgico, o sistema de movimento híbrido e o sistema recíprocante mostraram um volume de debris dentinários de 0,274 e de 0,349 mm³ em todo canal. No terço apical, o acúmulo representou 0,085 e 0,084 mm³ respectivamente. Estes valores entre os grupos comparados não foram significantes estatisticamente ($p < 0,05$).

A irrigação ultrassônica ativa intermitente (IUAI) determinou uma redução de debris dentinários significativa em ambos os sistemas, menos no terço apical ($p > 0,05$). Entre os movimentos híbrido e recíprocante puro, a porcentagem de redução de debris pós-IUAI não apresentou significância estatística.

Os valores originais do acúmulo de debris dentinários pós-preparo e pós-IUAI e as porcentagens de debris dentinários pós-IUAI e da redução destes após a irrigação final estão nos apêndices K, L, M e N. As médias e desvios-padrão estão colocados na tabela 5.3. A figura 5.5 demonstra as médias das porcentagens de redução do debris dentinários após a irrigação ultrassônica passiva para cada tipo de movimento nos diferentes terços do dente e no dente todo.

Tabela 5.3 – Médias e desvios-padrão do volume de debris dentinários (mm³) após preparo químico cirúrgico e pós-IUAI e a porcentagem de redução pós-IUAI nos sistemas TF Adaptive e Reciproc

	Região	TF Adaptive	Reciproc
debris dentinários pós-preparo	Todo	0,274 ± 0,302 ^a	0,349 ± 0,343 ^a
	Cervical	0,078 ± 0,113 ^c	0,139 ± 0,263 ^c
	Médio	0,088 ± 0,085 ^e	0,119 ± 0,132 ^e
	Apical	0,085 ± 0,106 ^g	0,084 ± 0,065 ^g
debris dentinários pós-IUAI	Todo	0,127 ± 0,152 ^b	0,134 ± 0,130 ^b
	Cervical	0,022 ± 0,041 ^d	0,042 ± 0,049 ^d
	Médio	0,043 ± 0,058 ^f	0,050 ± 0,063 ^f
	Apical	0,037 ± 0,051 ^g	0,034 ± 0,035 ^g
redução debris dentinários pós-IUAI (%)	Todo	71,778 ± 17,146	63,543 ± 25,384
	Cervical	71,117 ± 18,936	65,582 ± 27,842
	Médio	69,376 ± 25,495	63,759 ± 27,256
	Apical	67,487 ± 16,570	63,440 ± 24,209

Fonte: a autora

Não houve diferença estatística entre os grupos experimentais ($p > 0,05$).

Letras minúsculas diferentes indicam diferença estatística intra-grupo ($p < 0,05$)

Figura 5.5 – Médias da porcentagem de redução de debris dentinários pós-IUAL para todo o canal e cada terço nos grupos TF Adaptive e Reciproc

Fonte: a autora

As figuras 5.6 e 5.7 mostram o espaço do canal em vermelho, após o seu preparo com os sistemas TF Adaptive e Reciproc, respectivamente. As áreas em preto em ambas as figuras, representam o debris dentinário. No primeiro modelo tridimensional estão representados os debris dentinários pós-preparo e no segundo modelo tridimensional os debris dentinários pós-IUAL para cada sistema. Outros modelos estão representados nos apêndices O e P. Nos apêndices Q e R estão representados os modelos de debris dentinários pós-preparo e pós-IUAL do grupo TF Adaptive com detalhe das secções transversais de cada terço do canal radicular. O mesmo para o grupo Reciproc nos apêndices S e T.

Figura 5.6 – Acúmulo de debris dentinários do grupo TF Adaptive. Linhas pontilhadas indicam as secções transversais do canal em cada terço do dente. A: Debris dentinários após o preparo; B: Debris dentinários após-IUAL

Fonte: a autora

Figura 5.7 – Acúmulo de debris dentinários do grupo Reciproc. Linhas pontilhadas indicam as secções transversais do canal em cada terço do dente. A: Debris dentinários após o preparo; B: Debris dentinários após IUA

Fonte: a autora

5.4 Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV)

O terço apical do canal radicular não revelou diferença estatística entre o debri dentinário pós-preparo e o debri dentinário pós-IUAL pela micro-CT, nem no sistema TF Adaptive, nem no sistema Reciproc. Desta forma, foi a região de escolha para se fazer a clivagem das amostras para análise no MEV.

As amostras de cada grupo experimental que apresentaram a maior porcentagem de redução de debrís dentinários após a irrigação ultrassônica ativa intermitente pela análise por micro-CT no terço apical foram então clivadas, avaliadas por MEV e apresentaram as seguintes pontuações de acordo com o sistema de codificação de Hülsmann et al. (1997), descritos na tabela 5.4.

Tabela 5.4 – Valores absolutos do sistema de codificação de cada amostra dos grupos TF Adaptive e Reciproc

TF Adaptive	Reciproc
2	3
2	3
3	3
3	5
3	5

Fonte: a autora

No grupo TF Adaptive, as análises por MEV mostraram pequena quantidade de magma dentinário ou magma dentinário homogêneo com alguns ou somente poucos túbulos dentinários abertos. As mesmas amostras apresentaram uma redução entre 81 a 100% de debrís dentinários pós-IUAL na análise por micro-CT.

No grupo Reciproc, pôde-se observar desde uma quantidade homogênea até uma quantidade não-homogênea de magma dentinário cobrindo a parede do canal com poucos ou nenhum túbulo dentinário aberto. Estas amostras apresentaram uma redução entre 89 a 93% de debrís dentinários por análise por meio da microtomografia computadorizada. A figura 5.8 apresenta microfotografias representativas de ambos os sistemas.

Figura 5.8 – Microfotografias representativas da região do terço apical das amostras (x1.000). As imagens da esquerda (A, B, C e D) são representativas de amostras do grupo TF Adaptive com redução de debris dentinários pós-UIAI que variaram entre 81 a 100% pela análise por micro-CT; Imagens da direita (E, F, G, e H) são representativas de amostras do grupo Reciproc com redução de debris dentinários pós-UIAI que variaram entre 89 a 93% pela análise por micro-CT

Fonte: a autora

Nas figuras 5.9 e 5.10 verifica-se a correlação entre o espécime de cada grupo com a maior redução de debris dentinários pós-IUAL no terço apical verificada por micro-CT e a microfotografia representativa do MEV.

Figura 5.9 – Detalhe do terço apical em amostra do grupo TF Adaptive. A: acúmulo de debris dentinários pós-IUAL em modelo por micro-CT; B: microfotografia por MEV (x1.000)

Fonte: a autora

Figura 5.10 – Detalhe do terço apical em amostra do grupo Reciproc. A: acúmulo de debris dentinários pós-IUAL em modelo por micro-CT; B: microfotografia por MEV (x1.000)

Fonte: a autora

6 DISCUSSÃO

Constantemente surgem novas técnicas de preparo do canal radicular, mudanças na cinemática do instrumento mecanizado de NiTi que podem ser melhores do que métodos anteriores. E portanto, novos estudos são necessários para confirmar ou rejeitar tal premissa.

As variações anatômicas do canal antes do preparo do mesmo parecem ter mais influência na qualidade do preparo do que as técnicas de instrumentação em si (Peters et al., 2000; Peters et al., 2001a; Paqué; Peters, 2011; Paqué et al., 2011).

As áreas de recesso vestibular e lingual de canais ovais longos são as mais difíceis de serem tocadas pelo instrumento. Os pólos não preparados resultam em deixar magma dentinário, debris dentinários e paredes do canal radicular não tocadas (Grande et al., 2008). Portanto, o controle da infecção durante o preparo do canal poderá ser comprometido, assim como o resultado do tratamento endodôntico. Os debris dentinários podem conter bactéria, servindo de nicho para reinfecção do canal radicular, e podem impedir o fluxo do irrigante neutralizando os efeitos antibacterianos do mesmo (Paqué et al., 2011; Haapasalo et al., 2014). Por estes motivos, canais com secção oval longa representam um desafio para qualquer sistema de instrumentação (Wu; Wasselink, 2001; Rödiger et al., 2002; ElAyouti et al., 2008; Paqué et al., 2010).

Os objetivos deste estudo foram: avaliar, *ex vivo*, o preparo e quantificar o acúmulo de debris dentinários em canais ovais longos de molares inferiores, comparando os sistemas TF Adaptive e Reciproc utilizando a microtomografia computadorizada (micro-CT); avaliar o efeito da IUA após o preparo químico-cirúrgico com os sistemas propostos, na redução de debris dentinários utilizando a microtomografia computadorizada (micro-CT); e correlacionar a presença de debris dentinários (micro-CT) com o magma dentinário por meio do Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV).

O canal distal de molar inferior representa modelo adequado desta complexidade anatômica de canal oval longo, validado por estudos prévios publicados na literatura como os de Peters et al. (2000), Peters et al. (2001a), Paqué et al. (2009a) e Paqué et al. (2010) amplamente citados e estudos mais recentes

que seguem o mesmo modelo como os de Paqué e Peters (2011), Versiani et al. (2013, 2016) e Arias et al. (2017).

O desvio-padrão relativamente alto encontrado se deve ao número reduzido de amostras em cada grupo. Paqué et al. (2010) já relatavam esta dificuldade do desvio-padrão elevado. Cuidados foram tomados para que todos os critérios de inclusão e as etapas de preparo do canal radicular fossem executados com segurança e confiabilidade. O número de amostras deste estudo foi em acordo com o cálculo do tamanho da amostra realizado pelo programa do Laboratório de Epidemiologia e Estatística (LEE) do Instituto Dante Pazzanese de Cardiologia da Faculdade de Medicina da USP. Não diferindo em média do número de dentes selecionados em diversos trabalhos anteriormente publicados como o de Freire et al. (2012), Versiani et al. (2013), Iglecias et al. (2017) e Arias et al. (2017).

Os preparos dos canais radiculares foram realizados por um único operador especialista em Endodontia e com conhecimento dos sistemas comparados para evitar diferenças na instrumentação no resultado final (Peters, 2004). Assim como cada instrumento foi usado uma única vez, para não alterar as características do mesmo e não influenciar os resultados.

O sistema reciprocante de lima única Reciproc serviu como parâmetro de comparação da qualidade de preparo do canal radicular, por ser um sistema com aproximadamente 75 artigos publicados, consolidado na literatura. E o sistema TF Adaptive foi escolhido por ser um sistema relativamente novo, de cinemática única, de pouco conhecimento através da literatura. O movimento adaptivo permite automática adaptação de acordo com o estresse atribuído ao instrumento – movimento rotatório contínuo quando o instrumento está sobre leve estresse e movimento reciprocante durante aumento do estresse (Lopes et al., 2017).

O avanço da tecnologia permitiu o aprimoramento da resolução das imagens obtidas de forma não invasiva e a micro-CT surgiu como ferramenta para a pesquisa, permitindo: a reprodução detalhada da anatomia interna e externa do dente sem destruição da amostra; a avaliação da ação do instrumento na parede do canal qualitativa e quantitativamente (Nielsen et al., 1995; Dowker et al., 1997; Rhodes et al., 1999; Peters et al., 2000; Peters et al., 2001a; Bergmans et al., 2001; Peters, 2004; Paqué; Peters, 2011; Peters; Paqué, 2011) e o armazenamento da informação que fica disponível para futuras avaliações. A informação original do dente hígido não é perdida, podendo ser aproveitada em outras pesquisas.

A respeito das limitações da micro-CT, podemos citar não poder avaliar diretamente o remanescente tecidual ou biofilme do canal radicular e a dificuldade da calibração dos parâmetros iniciais do histograma (delimitação inicial), daí um único operador ser importante para minimizar as interferências (Paqué et al., 2009a).

A resolução do aparelho de microtomografia permite a descrição tridimensional da remoção de material (dentina) pela mudança na superfície de voxels, requerendo uma média de preparo de pelo menos o valor da sua resolução. Ou seja, a resolução determina a média de preparo necessária em micrômetros para que a dentina seja registrada como superfície preparada. (Peters et al., 2001a; Paqué et al., 2009a; Paqué et al., 2010; Paqué; Peters, 2011). Tal fato influenciou a escolha da resolução do aparelho (8,71 μ m), com a finalidade de maior sensibilidade para detectar as superfícies tocadas ou não pelo instrumento e para detectar os debrís dentinários.

As alterações morfométricas analisadas por micro-CT foram os aumentos de volume e as superfícies não preparadas. Quanto à limpeza do canal, foi calculado o acúmulo de debrís dentinários pós-preparo e pós-IUAL. O trabalho de Paqué et al., 2009b propôs a micro-CT para estudo tridimensional de debrís dentinários e trabalhos subsequentes como os de Paqué et al. (2011), Robinson et al. (2012, 2013), De Deus et al. (2014) e Freire et al. (2015) também utilizaram este método de avaliação como neste estudo.

Assim como em recentes estudos, os parâmetros foram observados e calculados considerando o canal todo e também cada um dos seus terços: cervical, médio e apical. Desta maneira não diluindo o efeito do preparo em cada terço na consideração apenas do todo (Versiani et al., 2011, 2013; Busquim et al., 2015).

No presente estudo, os volumes pré-operatórios dos canais radiculares não apresentaram diferença estatística significativa entre os grupos no todo e em cada terço assim como Paqué et al., 2009a e Paqué; Peters, 2011.

O volume final que os grupos comparados mostraram em relação a todo o canal radicular foi de 13,13 e 11,08 mm³, respectivamente para TF Adaptive e Reciproc, com diferença estatística entre os grupos. Como o canal distal é amplo, o fato do sistema TF Adaptive ser de limas sequenciais pode ter influenciado o resultado da remoção de dentina do canal como um todo, em relação ao sistema recíprocante de lima única. Além do fato de que, na sequência do sistema híbrido, foram utilizados instrumentos de conicidade /.08 e /.06, maiores que a conicidade /.05 do instrumento

reciprocante. No terço apical, o volume final do canal foi de 2,05 e 1,64 mm³ para cada sistema respectivamente, sem diferença estatística significativa na remoção de dentina entre as cinemáticas. Onde temos uma circularidade maior do canal e as características dos instrumentos são mais semelhantes, com ponta #50 e conicidade /.04 e /.05, para TF Adaptive e Reciproc.

A porcentagem do aumento de volume dos canais variou entre 80 a 60% neste estudo e mostrou que o sistema híbrido removeu mais dentina que o sistema reciprocante puro no canal todo, terços cervical e médio. Este sistema realiza o movimento rotatório contínuo na maior parte do tempo, enquanto o instrumento não estiver sob estresse no interior do canal. Trabalhos anteriores já relatam a eficiência deste movimento na remoção de dentina semelhantes ao encontrado neste estudo (Gambarini et al., 2016; Arias et al., 2017).

Gergi et al. (2015) em raiz mesial de molar inferior, comparando sistema híbrido e reciprocante observaram um aumento de volume menor para o sistema TF Adaptive do que neste estudo. O que eles acreditaram se dar devido ao movimento adaptivo e à maior flexibilidade e menor conicidade do instrumento. Entretanto, corroborando com o nosso resultado, Tocci et al. (2015) mostraram que o sistema híbrido mostrou ter mais eficiência de corte que o sistema reciprocante e Pedullà et al. (2016) também verificaram uma maior eficiência de corte para o sistema TF Adaptive semelhante ao resultado por nós relatado.

A hipótese de nulidade foi negada porque o sistema de movimento híbrido removeu mais dentina de todo canal radicular, promovendo maior aumento de volume do canal do que o sistema reciprocante puro. Nos demais parâmetros, superfície não preparada e acúmulo de debris dentinários do canal radicular, a cinemática dos sistemas não influenciou na qualidade do preparo.

As áreas de superfície pré e pós-preparo foram examinadas para avaliar a quantidade de superfície não preparada. Os voxels estáticos de superfície representaram a parte não tocada da parede do canal radicular (Peters et al., 2001a).

Os sistemas TF Adaptive e Reciproc deixaram quantidade semelhante de superfícies não preparadas (13,87mm²) no canal todo e também não houve diferença estatística entre cada terço. A porcentagem de superfícies não preparadas foi de 26 a 29% para todo o canal, respectivamente. Coelho et al. (2016) obtiveram porcentagens de superfície não preparada para sistema reciprocante semelhantes

com este estudo. Amoroso-Silva et al. (2017) relataram uma porcentagem semelhante de superfícies não tocadas (28%) para o sistema Reciproc em canais com formato em “C”. Entretanto, os trabalhos de Versiani et al. (2011) e Arias et al. (2017) reportaram porcentagens maiores: o primeiro, uma porcentagem de 56% no terço médio do canal radicular; o segundo uma porcentagem de 49% no terço apical.

Provavelmente essas discrepâncias sejam explicadas pelas diferenças metodológicas destes com o presente estudo: grupo dentário, classificação do canal, grau de curvatura do canal e a resolução do aparelho de micro-CT. Esta última importantíssima porque aparelhos com maior resolução têm menor sensibilidade e se apenas uma parte do voxel foi tocada, a leitura será feita como superfície não preparada; embora parte da superfície tenha sido tocada. A menor resolução do aparelho nos trouxe esta maior sensibilidade quanto à detecção da superfície tocada da parede do canal, como também em relação à detecção de debris dentinários que será discutida mais à frente. A desvantagem é o tempo para aquisição e reconstrução das imagens inicialmente e depois abrir, carregar e manipular as imagens toda vez que necessário nos programas utilizados porque os arquivos são muito pesados.

Busquim et al. (2015) mostraram para o sistema Reciproc porcentagens menores de superfícies não preparadas para canais ovais longos, principalmente no terço apical. Tal fato pode ser explicado pelo desenho metodológico diferente em relação à seleção dos dentes, no quesito do tamanho do forame apical inicial. Neste trabalho citado, o preparo foi feito com instrumento R40, significando que uma lima manual tipo K #20 chegava e ficava justa no CRT. No presente estudo, a R50 foi usada e, portanto, a lima manual de ajuste no CRT foi a #30 de acordo com o fabricante para correta escolha das limas. O diâmetro inicial maior pode ter influenciado o instrumento ter tocado menos paredes do canal, deixando mais superfícies não preparadas, determinando um resultado diferente.

Em geral, os resultados em trabalhos com microtomografia comparando o desempenho de sistemas mecanizados em canais ovais de molares humanos extraídos, demonstram uma variação de 40 a 80% de superfícies não preparadas, observados nos artigos de Paqué et al. (2010), Versiani et al. (2013) e Arias et al. (2017).

No presente estudo podemos observar que, embora o sistema de movimento híbrido tenha determinado maior aumento do volume do canal (com diferença

significante em relação ao sistema recíprocante puro), quanto à porcentagem de superfície não preparada, ambos os sistemas tiveram desempenhos semelhantes. O TF Adaptive removeu mais dentina, contudo não preparou melhor o canal. Porém, vale novamente ressaltar que não houve diferença entre as cinemáticas e que a diferença de conicidade dos instrumentos de cada sistema não foi fator crítico na porcentagem de superfície preparada do canal radicular. Também reportado por Paqué et al. (2009a) e De Deus et al. (2015a).

Como relatado na literatura (Weiger et al. 2002; El Ayouti et al., 2008; Paque et al., 2010; Paqué; Peters, 2011; Versiani et al., 2011, 2013; Busquim et al., 2015; Coelho et al., 2016; Arias et al., 2017; Guimarães et al., 2017; Zuolo et al., 2017), nenhuma das técnicas foi capaz de preparar completamente o canal radicular oval longo.

No que concerne à limpeza do canal radicular, sabe-se que a irrigação tem como objetivo a remoção de tecido pulpar e/ou microorganismos do sistema de canais radiculares. A ação de irrigar deve remover o magma e os debrís dentinários inerentes ao preparo do canal – efeito colateral da ação do instrumento na parede do canal como descrito por Peters (2004). Entretanto, a eficiência da irrigação depende de se levar o irrigante em contato com esses elementos, materiais ou estruturas dentro do canal que precisam ser removidos (Chow, 1983; Van der Sluis et al., 2007).

Estudos sobre o calibre da agulha e sua capacidade de penetração dentro do canal, a fim de atingir o terço apical (terço mais difícil da ação da solução irrigadora), mostram a dificuldade de se criar um fluxo da solução, de se repor a mesma neste terço do canal. A irrigação, portanto, se torna menos eficiente (Chow, 1983; Boutsoukis et al., 2010; Vera et al., 2011).

As implicações clínicas do acúmulo de debrís dentinários não são claras, como descrevem Paqué et al. (2012). Haapasalo et al. (2000) e Violich e Chandler (2010) sugerem que os debrís dentinários bloqueiam a penetração da medicação intracanal ou do material obturador nos túbulos dentinários. Entretanto, o trabalho de Freire et al. (2015) demonstrou que o acúmulo de debrís dentinários não interfere na adaptação da obturação do canal.

Métodos de agitação da solução irrigadora têm sido estudados e a irrigação ultrassônica passiva (IUAL) relatada como mais eficiente do que a irrigação convencional seringa/agulha (Van der Sluis et al., 2005; Gu et al., 2009; Paragliola et

al., 2010; Caron et al., 2010; De Gregório et al., 2010; Blank-Gonçalves et al., 2011; Haapasalo et al., 2014; Versiani et al., 2016; Leoni et al., 2017).

Na IUA é importante utilizar um inserto liso, de pequeno calibre que possa vibrar livremente dentro do canal, segundo Cameron (1987) e Van der Sluis et al. (2005). A IUA consiste na ativação do irrigante no canal radicular usando um instrumento fino ativado através de ondas ultrassônicas. Neste estudo, foi utilizada a ponta Irrisonic (Helse Dental Technology, Campinas/SP) que apresenta ponta #20 e conicidade /.01, na potência 10%, recomendada pelo fabricante.

O protocolo de irrigação foi o proposto por Van der Sluis et al. (2007) para que houvesse mais tempo de contato da solução com a superfície do canal e constante renovação das soluções empregadas. A renovação permite a presença de mais cloro livre para dissolver material orgânica e remover debris dentinários (Van der Sluis et al.; 2006; Van der Sluis et al., 2007).

Desde que McComb e Smith (1975) descreveram pela primeira vez o magma dentinário, o microscópio eletrônica de varredura (MEV) tem sido utilizado como metodologia de análise do magma dentinário. Contudo, o MEV tem suas limitações como: não ser reproduzível, não se poder avaliar a superfície pré-preparo e possibilitar apenas análise do magma dentinário e ser esta análise baseada em pontuação, ou seja, não existe avaliação quantitativa. O trabalho de De Deus et al. (2011) apontava que as áreas de superfície livres ou cobertas por magma dentinário baseiam a medição subjetiva da quantidade de túbulos dentinários abertos.

Procurava-se por uma metodologia de abordagem para ser empregada em estudos para avaliação dos debris dentinários, a matéria inorgânica que fica dispersa na luz do canal radicular. Paqué et al. (2009b) foram os primeiros a mostrar que a microtomografia computadorizada era capaz de analisar o acúmulo de debris dentinários. Depois, outros trabalhos (Paqué et al., 2011; Robinson et al., 2012; De Deus et al., 2014; Freire et al., 2015) também demonstraram a possibilidade desta metodologia avaliar qualitativamente o acúmulo e a redução de debris dentinários. A micro-CT, que permite avaliação quantitativa, avaliação pré-operatória e sem a destruição do espécime foi escolhida como método de análise neste estudo.

Lopes et al. (2017) trabalhando com TF Adaptive observaram quantidade média de debris dentinários pós-preparo semelhante ao nosso resultado para este sistema (0,27 mm³). Trabalhando com o sistema reciprocante em canais mesiais de molares inferiores e avaliando a redução de debris dentinários, Freire et al. (2015) relataram

uma redução dos mesmos pós-IUAL de 55,55% e no nosso resultado, uma redução de debris dentinários em média de 63% com este sistema.

Existe na literatura uma diversidade no resultado em relação ao acúmulo de debris dentinários e a cinemática do sistema mecanizado. Robinson et al. (2013) observaram maior acúmulo de debris dentinários para o sistema recíprocante do que para o sistema de sequência de limas rotatório contínuo. O estudo de De Deus et al. (2015b) comparando a influência do sistema de instrumentação quanto ao acúmulo de debris dentinários verificou que nenhum sistema determinou canais sem debris dentinários e que não houve diferença na porcentagem do acúmulo de debris dentinários entre o sistema recíprocante e o rotatório contínuo. Assim como no nosso estudo, em que a cinemática não influenciou o acúmulo de debris dentinários entre o movimento híbrido e o recíprocante.

Importante ressaltar que as diferenças entre os estudos já citados podem estar relacionadas não só às diferenças anatômicas dos canais radiculares, mas também à resolução do micro-CT, sendo difícil fazer comparações de resultados.

Neste trabalho não houve relação entre a cinemática dos sistemas e o acúmulo de debris dentinários pós-preparo. A IUAL foi capaz de reduzir os debris dentinários após o preparo com significância estatística e sua eficiência não pode ser negada ou negligenciada. Entretanto, no terço apical, em ambos os sistemas, não mostrou diferença estatística significativa. Região que é crítica pela necessidade de preparo e limpeza mais eficientes para o controle da infecção e reparo do periodonto apical. Todavia, se extrapolarmos o pensamento e colocarmos que o sistema híbrido aumentou mais o volume final do canal todo, removeu, cortou mais dentina, teria por consequência da ação do instrumento na parede do canal, acumulado mais debris dentinários. Porém, não foi o que aconteceu. Obteve-se um acúmulo de debris dentinários semelhante, o que leva a pensar que o movimento híbrido jogou mais debris dentinários para fora do canal e limpou melhor o canal radicular.

Para a correlação da presença de debris dentinários avaliados por micro-CT, com o magma dentinário, alguns espécimes tiveram suas raízes clivadas longitudinalmente ao meio. Como o terço apical não apresentou diferença estatística nos debris dentinários pós-IUAL em ambos os sistemas, foi o terço de escolha para análise por meio do Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV).

Foram clivadas as raízes que apresentaram no terço apical, à análise por micro-CT, uma redução entre 81 a 100% no grupo TF Adaptive e entre 89 a 93% no grupo

Reciproc. A análise no MEV demonstrou que não existe correlação entre a redução de debris dentinários avaliados pelo micro-CT e o magma dentinário observado pelo MEV. Entretanto, como era de se esperar, a partir do momento que o sistema TF Adaptive cortou mais e acumulou quantidade semelhante de debris dentinários que o sistema Reciproc, observou-se neste grupo desde uma superfície dentinária coberta por pequena quantidade até uma camada homogênea de magma dentinário; e no sistema reciprocante puro desde uma superfície dentinária coberta por magma dentinário homogêneo até uma camada pesada do mesmo. A discussão de resultados é difícil, por não existir na literatura trabalhos semelhantes.

Quanto à resolução do aparelho, é oportuno dizer que o tempo é uma desvantagem, mas que o ganho na sensibilidade para detecção de superfície não preparada e debris dentinários é uma grande vantagem. Mas um trabalho com os mesmos parâmetros, somente variando a resolução, é necessário para validação do quanto perdemos de sensibilidade do aparelho. Somente com os resultados deste trabalho e os encontrados na literatura não foi possível fazer uma correlação.

O preparo e limpeza de canal oval longo continua um desafio. Nenhum sistema mecanizado conseguiu tocar adequadamente todas as paredes de canal com secção ovalada. A irrigação ultrassônica passiva é eficiente na redução de debris dentinários, resolvendo em parte a problemática dos debris dentinários produzidos pela ação do instrumento na parede do canal radicular. E a investigação com o MEV abre as portas para futuras pesquisas: fica a necessidade de mais espécimes serem analisados, outros terços e a possibilidade de avaliação da região onde se determinou superfície não preparada com a micro-CT. Trabalhos *ex vivo* bem delineados auxiliam na avaliação das possibilidades de melhorar o preparo e a limpeza do canal radicular.

7 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos neste estudo permitem-nos dizer que:

- a cinemática dos sistemas não influenciou na quantidade de superfícies não preparadas e acúmulo de debris dentinários pós-preparo;
- a ideia de que não há debris dentinários na luz do canal radicular (micro-CT) não se pode relacionar à ideia de não haver magma dentinário aderido à parede do mesmo (MEV).

REFERÊNCIAS¹

- Alves FRF, Rôças IN, Almeida BM, Neves MAS, Zoffoli J, Siqueira Jr JF. Quantitative molecular and culture analyses of bacterial elimination in oval-shaped root canals by a single-file instrumentation technique. *Int Endod J*. 2012;45:871-7
- Amoroso-Silva P, Alcade MP, Duarte MAH, De-Deus G, Ordinola-Zapata R, Freire LG, et al. Effect of finishing instrumentation using NiTi hand files on volume, surface area and uninstrumented surfaces in C-shaped root canal systems. *Int Endod J*. 2017;50:604-11.
- Arias A, Paqué F, Shyn S, Murphy S, Peters OA. Effect of canal preparation with TRUShape and Vortex rotary instruments on three-dimensional geometry of oval root canals. *Aust Endod J*. 2017 Apr 18. doi: 10.1111/aej.12201. [Epub ahead of print].
- Bergmans L, Cleynenbreugel JV, Wevers M, Lambrechts P. A methodology for quantitative evaluation of root canal instrumentation using microcomputed tomography. *Int Endod J*. 2001;34:390-8.
- Blank-Gonçalves LM, Nabeshima CK, Martins GH, Machado ME. Qualitative analysis of the removal of the smear layer in the apical third of curved roots: conventional irrigation versus activation systems. *J Endod*. 2011;37(9):1268-71.
- Boutsioukis C, Verhaagen B, Versluis M, Kastrinakis E, Wesselink PR, Van des Sluis WM. Evaluation of irrigant flow in the root canal using different needle types by an unsteady computational fluid dynamics model. *J Endod*. 2010;36:875-9.
- Busquim SSK, Cunha RS, Freire L, Gavini G, Machado ME, Santos M. A micro-computed tomography evaluation of long-oval canal preparation using reciprocating or rotary systems. *Int Endod J*. 2015 Oct;48:1001-6.
- Cameron JA. The synergistic relationship between ultrasound and sodium hypochlorite: a scanning electron microscope evaluation. *J Endod*. 1987;13:541-45.
- Caron G, Nham K, Bronnec F, Machtou P. Effectiveness of different final irrigant activation protocols on smear layer removal in curved canals. *J Endod*. 2010;36:1361-6.
- Coelho BS, Amaral ROJF, Leonardi DP, Marques-da-Silva B, Silva-Sousa YT, Carvalho FMA, et al. Performance of Three Single Instrument Systems in the Preparation of Long Oval Canals. *Bras Dent J*. 2016;27(2):217-22.
- Chow TW. Mechanical effectiveness of root canal irrigation. *J Endod*. 1983;9(11):475-9.

¹ De acordo com Estilo Vancouver.

De-Deus G, Marins J, Neves A, Reis C, Fidel S, Versiani MA, et al. Assessing Accumulated Hard-tissue Debris Using Micro-computed Tomography and Free Software for Image Processing and Analysis. *J Endod*. 2014;40(2):271-6.

De-Deus G, Belladonna FG, Nogueira EJ, Silva L, Marins JR, Souza EM, et al. Micro-CT evaluation of non-instrumented canal areas with different enlargements performed by NiTi systems. *Braz Dent J*. 2015a;26:624-29.

De-Deus G, Marins J, Silva EJNL, Belladonna FG, Reis C, Machado AS, et al. Accumulated Hard Tissue Debris Produced during Reciprocating and Rotary Nickel-Titanium Canal Preparation. *J Endod*. 2015b;41(5):676-81.

De-Deus G, Reis C, Paciornik S. Critical appraisal of published smear layer-removal studies: methodological issues. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2011;112(4):531-43.

De Gregório C, Estevez R, Cisneros R, Paranjpe A, Cohenca N. Efficacy of different irrigation and activation systems on the penetration of sodium hypochlorite into simulated lateral canals and up to working length: an in vitro study. *J Endod*. 2010;36(7):1216-21.

Dowker S, Davis G, Elliott J. 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.

El Ayouti A, Chu AL, Kimionis I, Klein C, Weiger R, Löst C. Efficacy of rotary instruments with great taper in preparing oval root canals. *Int Endod J*. 2008;41:1088-92.

Freire, LG. Avaliação da remoção de debris dentinários após diferentes métodos de irrigação final e sua influência na obturação do sistema de canais radiculares, utilizando a microtomografia computadorizada [tese]. São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Odontologia; 2014.

Freire, LG, Iglecias EF, Cunha RS, Dos Santos M, Gavini G. Micro-computed tomographic evaluation of hard tissue debris removal after different irrigation methods and its influence on the filling of curved canals. *J Endod*. 2015;41:1660-6.

Freire LG, Gavini G, Cunha RS, Santos Md. Assessing apical transportation in curved canals: comparison between cross-sections and micro-computed tomography. *Braz Oral Res*. 2012;26(3):222-7.

Gambarini G, Rubini AG, Sannino G, Giorgio F, Piasecki L, Al-Sudani D, et al. Cutting efficiency of nickel-titanium rotary and reciprocating instruments after prolonged use. *Odontology* 2016;104:77-81.

Gao Y, Peters OA, Wu H, Zhou X. An application framework of three-dimensional reconstruction and measurement for endodontic research. *J Endod*. 2009;35(2):269-74.

- Gergi R, Arbab-Chirani R, Osta N, Naaman A. Micro-computed tomographic evaluation of canal transportation instrumented by different kinematics rotary nickel-titanium instruments. *J Endod*. 2014;40:1223-7.
- Gergi R, Osta N, Bourbouze G, Zgheib C, Arbab -Chirani R, Naaman A. Effects of three nickel titanium instrument systems on root canal geometry assessed by micro-computed tomography. *Int Endod J*. 2015;48:162-70.
- Grande NM, Plotino G, Pecci R, Bedini R, Pameijer CH, Somma F. Micro-computerized tomographic analysis of radicular and canal morphology of premolars with long oval canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2008;106:e70-6.
- Gu L, Kim JR, Ling J, Choi KK, Pashey DH, Tay FR. Review of contemporary irrigant agitation techniques and devices. *J Endod*. 2009;35(6):791-804.
- Guimarães LS, Gomes CC, Marceliano-Alves MF, Cunha RS, Provenzano JC, Siqueira Jr JF. Preparation of Oval-Shaped Canals with TRUShape and Reciproc Systems: A Micro-Computed Tomography Study Using Contralateral Premolars. *J Endod*. 2017;43(6):1018-22.
- Gutiérrez JH, Garcia J. Microscopic and macroscopic investigation on results of mechanical preparation of root canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. 1968;25:108-16.
- Haapasalo H, Siren E, Waltimo T, Ortavik D. Inactivation of local root canal medicaments by dentine: An in vitro study. *Int Endod J*. 2000;33:126-31.
- Haapasalo M, Shen Y, Wang Z, Gao Y. Irrigation in endodontics. *Br Dent J*. 2014; 216: 299–303.
- Haga CS. Microscopic measurements of root canal preparations following instrumentation. *J Br Endod Soc*. 1968;2:41-6.
- Hülsmann M, Rummelin C, Schafers F. Root canal cleaning after preparation with different endodontic handpieces and hand instruments: a comparative SEM investigation. *J Endod*. 1997;23:301-6.
- Iglecias EF, Freire LG, Candeiro GTM, Santos M, Antoniazzi JH, Gavini G. Presence of voids after continuous wave of condensation and single-cone obturation in mandibular molars: a micro-computed tomography analysis. *J Endod*. 2017;43:638-42.
- Jou YT, Karabucak B, Levin J, Liu D. Endodontic working width: current concepts and techniques. *Dent Clin N Am*. 2004;48:323-35.
- Kerekes K, Tronstad L. Morphometric observations on the root canals of human molars. *J Endod*. 1977;3:114-8.
- Lasso PRO, Vaz CMP, Naime JM. Recomendações para utilização do microtomógrafo de raios-X SkyScan 1172 em ciências agrárias e biológicas. São Carlos, SP: Embrapa Instrumentação Agropecuária; 2008. 22p.

Leoni GB, Versiani MA, Silva-Sousa YT, Bruniera JFB, Pécora JD, Sousa-Neto MD. *Ex vivo* evaluation of four final irrigation protocols on the removal of hard-tissue debris from mesial root canal system of mandibular first molar. *Int Endod. J.* 2017;50:398-406.

Lopes RMV, Marins FC, Belladonna FG, Souza EM, De Deus G, Lopes RT, et al. Untouched canal areas and debris accumulation after root canal preparation with rotary and adaptive systems. *Aust Endod J.* 2017 Sep 20. doi: 10.1111/aej.12237. [Epub ahead of print].

Mancini M, Cerroni L, Iorio L, Armellini E, Conte G, Cianconi L. Smear layer removal and canal cleanliness using different irrigation systems (EndoActivator, EndoVac, and passive ultrasonic irrigation): field emission scanning electron microscopic evaluation in an *in vitro* study. *J Endod.* 2013;39(11):1456-60.

McComb D, Smith DC. A preliminary scanning electron microscopic study of root canals after endodontic procedures. *J Endod.* 1975;1(7):238-42.

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

Paragliola R, Franco V, Fabiani C, Mazzoni A, Nato F, Tay FR, et al. Final Rinse Optimization: Influence of Different Agitation Protocols. *J Endod.* 2010;36(2):282-5.

Paqué F, Al-Jadaa A, Kfir A. Hard-tissue debris accumulation created by conventional rotary versus self-adjusting file instrumentation in mesial root canal systems of mandibular molars. *Int Endod J.* 2012;45(5):413-8.

Paqué F, Balmer M, Attin T, Peters OA. Preparation of Oval-shaped Root Canals in Mandibular Molars Using Nickel-Titanium Rotary Instruments: A Micro-computed Tomography Study. *J Endod.* 2010;36(4):703-7.

Paqué F, Boessler C, Zehnder M. Accumulated hard tissue debris levels in mesial roots of mandibular molars after sequential irrigation steps. *Int Endod J.* 2011;44(2):148-53.

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

Paqué F, Laib A, Gautschi H, Zehnder M. Hard-tissue debris accumulation analysis by high-resolution computed tomography scans. *J Endod.* 2009b;35(7):1044-7.

Paqué F, Peters OA. Micro-computed Tomography evaluation of the preparation of long oval root canals in mandibular molars with the Self-adjusting file. *J Endod.* 2011;37:517-21.

Pedullà E, Plotino G, Grande NM, Avarotti G, Gambarini G, Rapisarda E, et al. Shaping ability of two nickel-titanium instruments activated by continuous rotation or adaptive motion: a micro-computed tomography study. *Clin Oral Invest.* 2016;20:2227-33.

Peters OA. Current challenges and concepts in the preparation of root canal systems: a review. *J Endod.* 2004;30:559-67.

Peters OA, Arias A, Paqué F. A Micro-computed Tomographic Assesement of Root Canal Preparation with a Novel Instrument, TRUShape, in Mesial Roots of Mandibular Molars. *J Endod.* 2015;41(9):1545-50.

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, Laib A, Göhring TN, Barbakow F. Changes in Root Canal Geometry after Preparation Assessed by High-Resolution Computed Tomography. *J Endod.* 2001a;27(1):1-6.

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

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

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

Robinson JP, Lumley PJ, Claridge E, Cooper PR, Grover LM, Williams RL, et al. An analytical Micro CT methodology for quantifying inorganic dentine debris following internal tooth preparation. *J Dent.* 2012;40(11):999-1005.

Robinson JP, Lumley PJ, Cooper PR, Grover LM, Walmsley AD. Reciprocating root canal technique induces greater debris accumulation than a continuous rotary technique as assessed by 3-dimensional micro-computed tomography. *J Endod*. 2013;39:1067-70.

Rödig T, Döllmann S, Konietzschke F, Drebenstedt S, Hülsmann. Effectiveness of different irrigant agitation techniques on debris and smear layer removal in curved root canals: a scanning electron microscopy study. *J Endod*. 2010;36(12):1983-7.

Rödig T, Hülsmann M, Mühge M, Schäfers F. Quality of preparation of oval distal root canals in mandibular molars using nickel-titanium instruments. *Int End J*. 2002;35:919-28.

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

Stern S, Patel S, Foschi F, Sherif M, Mannocci F. Changes in centring and shaping ability using three nickel-titanium instrumentation techniques analysed by microcomputed tomography. *Int Endod J*. 2012;45:514-23.

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

Tocci L, Plotino G, Al-Sudani D, Rubini AG, Sannino G, Piasecki L, et al. Cutting Efficiency of Instruments with Different Movements: a Comparative Study. *J Oral Maxillofac Res*. 2015;6(1):1-5.

Van der Sluis LW, Gambarini G, Wu MK, Wesselink PR. The influence of volume, type of irrigant and flushing method on removing artificially placed dentine debris from the apical root canal during passive ultrasonic irrigation. *Int Endod J*. 2006;39(6):472-6.

Van der Sluis LW, Versluis M, Wu MK, Wesselink PR. Passive ultrasonic irrigation of the root canal: a review of the literature. *Int Endod J*. 2007;40(6):415-26.

Van der Sluis LW, Wu MK, Wesselink PR. A comparison between a smooth wire and a K-file in removing artificially placed dentine debris from root canals in resin blocks during ultrasonic irrigation. *Int Endod J*. 2005;38(9):593-6.

Vera J, Arias A, Romero M. Effect of maintaining apical patency on irrigant penetration into the apical third of root canals when using passive ultrasonic irrigation: an in vivo study. *J Endod*. 2011;37(9):1276-8.

Versiani MA, Pécora JD, Sousa-Neto MD. Flat-oval root canal preparation with Self-Adjusting File instrument: a micro-computed tomography study. *J Endod*. 2011;37:1002-7.

Versiani MA, Leoni GB, Steier L, De-Deus G, Tassani S, Pécora JD, Sousa-Neto MD. Micro-computed tomography study of oval-shaped canals prepared with the Self-adjusting file, reciproc, WaveOne and ProTaper Universal systems. *J Endod*. 2013, 39:1060-6.

Versiani MA, Alves FRF, Andrade-Junior CV, Marceliano-Alves MF, Provenzano JC, Rôças IN, et al. Micro-CT evaluation of the efficacy of hard-tissue removal from the root canal and isthmus area by positive and negative pressure irrigation systems. *Int Endod J*. 2016;49:1079-87.

Vertucci FJ. Root canal anatomy of the human permanent teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. 1984;58:589-99.

Violich DR, Chandler NP. The smear layer in endodontics - a review. *Int Endod J*. 2010;43(1):2-15.

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

Weller RN, Brady JM, Bernier WE. Efficacy of ultra- sonic cleaning. *J Endod*. 1980; 6: 740–3.

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;89:739-43.

Wu MK, Wesselink PR. A primary observation on the preparation and obturation of oval canals. *Int Endod J*. 2001;34:137-41.

Zuolo ML, Zaia AA, Belladonna FG, Silva EJNL, Souza EM, Versiani MA et al. Micro-CT assessment of the shaping ability of four root canal instrumentation systems in oval-shaped canals. *Int Endod J*. 2017 Jul 1. doi: 10.1111/iej.12810.

APÊNDICE A – Valores originais do volume inicial dos canais distais no seu todo e em cada terço dos grupos TF Adaptive e Reciproc

Amostras TF ADaptive	Terços do canal radicular			
	todo	cervical	médio	apical
1	8.11330	4.18940	1.92310	1.01036
2	7.98680	2.99058	3.78080	1.21800
3	7.59483	3.03930	2.01170	2.54900
4	6.35299	3.08569	2.50203	0.77739
5	5.85842	3.53202	1.79219	0.53139
6	7.33029	3.47665	2.24366	1.62998
7	6.99864	4.01154	1.65188	1.33658
8	6.78832	3.80887	1.01426	2.16574
9	8.37765	5.53466	2.25498	0.58801
10	6.88796	3.29584	2.54933	1.04279
11	7.39348	3.63617	1.39714	2.36615
12	5.32043	3.00449	2.13331	0.19067
13	6.37159	3.46631	2.28053	0.63248
14	6.40979	3.55489	1.99392	0.86903
15	8.58365	5.09330	1.87631	1.61450
16	8.22376	5.48851	1.12034	1.61500
17	6.38435	3.46972	2.06352	0.85111
18	8.67980	5.00713	2.79590	0.87677
19	8.96943	5.04769	1.92610	1.99657

Amostras Reciproc	Terços do canal radicular			
	todo	cervical	médio	apical
1	6.02381	3.49892	1.17911	1.34578
2	5.06994	3.02194	1.68520	0.36548
3	8.09695	4.15429	2.89039	1.05227
4	7.78657	4.76731	2.44906	0.58020
5	5.87543	4.07854	1.54877	0.24812
6	6.78100	4.37539	1.98381	0.42180
7	7.34860	4.62993	2.21971	0.49896
8	7.28727	3.85696	2.02132	1.40899
9	6.35166	3.63900	1.61522	1.09744
10	6.56293	3.18093	2.60654	0.78089
11	6.94768	3.33564	2.13485	1.47140
12	7.43987	3.96590	1.94302	1.53095
13	6.88796	4.36478	2.15498	0.36820
14	7.46087	4.80231	2.02967	0.62889
15	5.80053	4.21000	1.84000	0.36000
16	9.25303	6.15051	1.75908	1.36144
17	5.99955	3.77734	1.44370	0.76828
18	6.95240	4.24817	2.22276	0.48147
19	6.41000	4.66398	1.57680	0.16922

APÊNDICE B – Valores originais do volume final dos canais distais no seu todo e em cada terço dos grupos TF Adaptive e Reciproc

Amostras TF Adaptive		Terços do canal radicular		
	todo	Cervical	médio	Apical
1	14.46560	8.78710	2.63520	1.04340
2	13.97760	5.68740	6.00032	2.29452
3	14.05608	5.80008	3.19681	5.05911
4	12.41560	6.13968	4.77684	1.51113
5	10.86148	6.73980	3.16280	0.95975
6	12.83429	6.47768	3.51300	1.34361
7	12.79356	7.63921	2.76685	4.77315
8	12.43766	7.02254	1.59470	1.40997
9	15.02314	10.02387	4.03776	0.9615
10	12.33260	6.00254	4.68007	1.34999
11	12.52134	6.97440	2.00006	2.25941
12	9.56389	5.39487	3.82679	0.44929
13	11.14952	6.42896	3.60728	1.31709
14	11.34588	6.70378	3.16575	2.21076
15	16.04502	9.84656	3.33472	4.99571
16	15.07173	9.98101	2.09956	1.11100
17	11.91817	6.87368	3.52543	1.24000
18	15.25083	9.32232	4.42687	1.31191
19	15.52997	8.63873	3.37669	3.41455

Amostras Reciproc		Terços do canal radicular		
	todo	cervical	médio	Apical
1	9.67308	5.88882	1.86706	2.21847
2	9.20886	5.45386	3.06278	0.69390
3	12.60373	6.51181	4.28294	1.90898
4	11.95737	7.38930	3.56346	1.00561
5	9.73452	6.93407	2.35634	0.44411
6	10.57048	7.03887	2.80676	0.72485
7	12.91465	8.35529	3.67038	0.89898
8	11.57808	6.03683	2.97418	2.57707
9	10.68632	5.51644	3.18552	1.98436
10	10.74480	4.92731	4.42690	1.39575
11	11.39878	5.02336	3.77779	2.59791
12	11.45377	6.05900	2.75482	2.53995
13	11.49032	7.55023	3.26703	0.67306
14	11.63476	7.46384	2.93425	1.23667
15	9.11491	5.36589	2.57309	1.18937
16	15.07315	9.99155	2.73463	2.45781
17	9.66606	5.97664	2.22827	1.39509
18	11.26619	6.85120	3.54701	0.87890
19	9.87000	7.16000	2.35000	0.29000

APÊNDICE C – Valores originais do aumento do volume dos canais distais no seu todo e em cada terço dos grupos TF Adaptive e Reciproc

Amostras TF Adaptive		Terços do canal radicular		
	todo	cervical	médio	Apical
1	6.35230	3.59770	1.71210	0.99304
2	5.98892	2.69682	2.21952	1.07652
3	6.46125	2.76078	1.18511	2.51011
4	6.06261	3.05399	2.27481	0.73374
5	5.00306	6.73980	3.16280	0.95975
6	5.50400	3.00103	1.26934	1.21363
7	5.79492	3.62367	1.11497	1.05657
8	5.64934	3.21367	0.58044	1.64756
9	6.64549	4.48921	1.78278	0.37349
10	5.44464	2.70670	2.13074	0.60720
11	5.12786	3.33823	0.60292	1.19326
12	4.24346	2.39038	1.69348	0.15862
13	4.77793	2.96265	1.32675	0.48861
14	4.93609	3.14889	1.17183	0.61873
15	7.46137	4.75326	1.45841	1.25121
16	6.84797	4.49250	0.97922	1.35070
17	5.53382	3.40396	1.46191	0.66889
18	6.57103	4.31520	1.63097	0.63514
19	6.56054	3.59104	1.45059	1.41798

Amostras Reciproc		Terços do canal radicular		
	todo	cervical	Médio	Apical
1	3.64297	2.08990	0.68795	0.87269
2	4.13892	2.43192	1.37758	0.32842
3	4.50678	2.35752	1.39255	0.85671
4	4.17080	2.62199	1.11440	0.42541
5	3.85909	2.85553	0.80757	0.19599
6	3.78948	2.66348	0.82295	0.30305
7	5.56605	3.72536	1.45067	0.40020
8	4.29081	2.17987	0.95286	1.15808
9	4.33466	1.87744	1.57030	0.88692
10	4.18187	1.74638	1.82036	0.61486
11	4.45110	1.68772	1.64294	1.12651
12	4.01390	2.09310	0.81180	1.00900
13	4.60236	3.18545	1.11205	0.30486
14	4.17389	2.66153	0.90458	0.60778
15	3.31438	1.91091	0.83739	0.52507
16	5.82012	3.84104	0.97555	1.09637
17	3.66651	2.99930	0.78457	0.62681
18	4.31379	2.60303	1.32425	0.39833
19	3.46000	2.49602	0.77320	0.12078

APÊNDICE D – Valores originais da porcentagem do aumento do volume dos canais distais no seu todo e em cada terço dos grupos TF Adaptive e Reciproc

Amostras TF Adaptive		Terços do canal radicular		
	todo	cervical	Médio	Apical
1	78.2949	69.32786	89.02813	98.28576
2	74.3650	90.17710	58.70504	88.38428
3	85.0743	90.83605	58.91087	98.47430
4	95.42924	98.97268	90.91857	94.38506
5	85.39948	90.81998	76.47682	80.61123
6	75.08571	86.31959	56.57435	74.45674
7	82.80066	90.43086	67.49703	79.05026
8	83.22147	84.37332	57.22793	76.07377
9	79.32403	81.11085	79.05968	63.51763
10	79.04576	82.12474	83.58039	58.22841
11	69.35651	91.80621	43.15387	50.43045
12	79.75784	79.56026	79.38274	83.19085
13	74.98803	85.46985	58.17727	77.25304
14	77.00861	88.57911	58.77016	71.19777
15	86.92538	93.32377	77.72756	77.49830
16	83.27055	81.85282	87.40382	83.63467
17	86.67789	98.10475	70.84545	78.59031
18	75.70485	72.00132	58.33435	72.44089
19	73.14333	71.14225	75.31229	71.02080

Amostras Reciproc		Terços do canal radicular		
	todo	cervical	médio	Apical
1	60.58076	59.72986	58.34485	64.84641
2	81.63647	80.47546	81.74579	89.85991
3	55.66022	56.74905	48.17862	81.41542
4	53.56402	54.99936	45.50317	73.32127
5	65.68183	70.01353	52.14267	78.99000
6	55.88379	60.87412	41.48331	71.84685
7	75.74300	80.46256	65.35403	80.17076
8	58.88090	56.51783	47.14048	82.90194
9	68.24452	51.59220	97.21895	80.81717
10	63.71956	54.90155	69.83818	78.73798
11	64.06599	50.59659	76.95810	76.56042
12	53.95121	52.77743	41.78032	65.90679
13	66.81746	72.98077	51.60373	82.79739
14	55.94374	55.42187	44.56784	96.64329
15	57.13926	55.30886	48.24509	79.04110
16	62.89961	62.45070	55.45797	80.53017
17	61.11308	58.22351	54.34439	81.58614
18	62.04749	61.27415	59.57683	82.73205
19	53.97816	53.51695	49.03602	71.37454

APÊNDICE E – Valores originais da área de superfície inicial dos canais distais no seu todo e em cada terço dos grupos TF Adaptive e Reciproc

Amostras TF Adaptive	Terços do canal radicular			
	todo	cervical	Médio	Apical
1	37.56540	16.32520	15.00350	6.23770
2	64.46310	35.99240	21.36820	7.10340
3	41.13351	17.58483	17.07489	4.48425
4	52.27087	24.52735	19.82079	7.93882
5	48.17897	22.04184	20.22207	5.56577
6	40.54657	21.05477	17.24476	2.25700
7	52.22143	25.92143	18.18342	8.10332
8	52.13453	23.03255	23.03255	6.10967
9	62.01435	30.84536	22.12159	9.05438
10	56.82342	25.19090	25.43963	6.72132
11	83.24165	38.50250	29.95963	16.87495
12	42.12750	21.84006	17.63320	2.55921
13	57.79961	31.22654	18.02017	8.38636
14	64.06640	34.32805	21.54822	9.10895
15	63.79327	29.81657	22.31948	11.67170
16	72.13577	37.29122	30.94266	3.90300
17	54.84279	23.12039	23.54954	6.77898
18	71.49978	42.75100	22.61029	6.13776
19	30.63000	13.70378	12.07536	5.86546

Amostras Reciproc	Terços do canal radicular			
	todo	cervical	médio	Apical
1	51.78267	23.90688	38.81028	21.52007
2	40.90287	21.47882	14.18740	5.23662
3	40.61868	17.91837	14.25655	8.44376
4	45.27624	23.06727	15.40851	6.80046
5	33.94453	19.45879	8.44980	2.19157
6	31.10016	20.06652	7.61584	4.41780
7	53.55325	29.12503	17.92756	7.50066
8	44.42147	20.29259	14.04679	10.08209
9	63.85759	35.32981	24.75666	12.77112
10	31.16082	20.46450	6.40516	3.31273
11	39.29577	25.07140	10.09893	4.23572
12	55.05213	16.23109	34.03997	4.78107
13	49.59323	25.38935	17.07850	7.12538
14	59.78545	18.38994	32.91822	8.47729
15	30.50479	17.14210	10.95583	2.40686
16	66.53912	36.50087	38.18000	16.04464
17	56.10781	36.16899	14.77734	5.17080
18	46.26110	21.06516	13.40487	11.85350
19	47.32000	26.51000	16.56000	4.25000

APÊNDICE F – Valores originais da área de superfície final dos canais distais no seu todo e em cada terço dos grupos TF Adaptive e Reciproc

Amostras TF Adaptive	Terços do canal radicular			
	todo	cervical	médio	Apical
1	43.92320	19.96710	16.14020	7.81640
2	98.09820	57.30460	29.94640	10.84860
3	54.16961	25.79139	19.12087	9.25651
4	63.05552	31.05439	21.61150	10.39940
5	66.35655	30.70404	20.87443	14.77560
6	51.08257	27.17839	16.68230	7.23427
7	62.55232	32.29665	20.17332	10.10856
8	65.22760	30.96544	26.21394	8.05647
9	77.66421	33.63342	29.67854	14.36578
10	68.93324	32.50021	28.64435	8.19354
11	98.90410	46.85809	31.35594	21.35594
12	51.63487	27.33508	16.54969	7.74245
13	62.94808	32.48151	10.37530	10.37530
14	85.45444	43.19547	28.19814	14.05458
15	69.92000	30.10660	26.82221	13.00175
16	81.49937	42.18663	31.59092	7.72290
17	65.38188	30.53603	26.66670	8.17286
18	90.75194	54.89809	28.26689	7.58696
19	35.97164	16.22983	13.34241	6.43003

Amostras Reciproc	Terços do canal radicular			
	todo	cervical	médio	Apical
1	65.41714	30.90281	25.00934	9.48381
2	52.00582	25.75948	17.88286	8.36348
3	45.00882	20.79484	15.10380	9.11018
4	52.19550	27.60136	16.52104	8.07310
5	61.32986	28.02394	24.65841	8.64751
6	55.50277	28.08093	20.25395	7.16789
7	64.54802	32.87300	19.06801	12.60701
8	53.48288	26.84947	15.43101	11.20240
9	85.59015	45.64073	25.58781	14.36161
10	58.54401	40.82612	15.87031	3.61466
11	58.28611	30.38006	15.78780	12.12579
12	88.15430	25.55510	56.30945	6.28975
13	82.74532	24.54983	52.55334	5.64215
14	80.10347	33.88652	40.03242	6.18453
15	38.86662	24.34314	11.60806	2.96690
16	87.18192	28.14508	42.19750	13.83984
17	83.52571	59.93823	19.12428	4.46542
18	51.18798	26.77466	14.76038	9.65211
19	48.98000	27.08000	16.81000	5.09000

APÊNDICE G – Valores originais das superfícies não preparadas dos canais distais no seu todo e em cada terço dos grupos TF Adaptive e Reciproc

Amostras TF Adaptive		Terços do canal radicular		
	Todo	cervical	médio	Apical
1	5.05700	1.67047	2.24578	1.15556
2	10.28583	0.89459	8.33920	1.05365
3	3.96174	1.02110	1.90618	0.05886
4	14.77847	7.10920	5.65406	2.02825
5	9.98543	5.03401	3.97060	1.04533
6	16.90954	5.84435	9.57688	1.49564
7	16.44362	5.23547	8.01014	3.21948
8	14.02276	3.05883	7.99866	3.00432
9	10.61325	6.03945	3.58554	1.00433
10	9.44435	5.52231	3.76884	0.72143
11	20.05810	4.03533	8.45371	7.57008
12	18.55921	7.18923	8.86502	1.75389
13	14.94793	3.60568	7.42750	3.98150
14	9.94190	6.21563	3.04114	0.71467
15	13.48957	4.22218	5.97469	3.37990
16	13.54363	1.06063	9.93220	2.55080
17	20.34887	5.02511	10.81186	4.50376
18	21.08023	9.89209	9.73321	3.43602
19	20.16800	7.41433	9.87590	2.82247

Amostras Reciproc		Terços do canal radicular		
	todo	cervical	médio	Apical
1	20.53179	6.78556	8.31175	5.43448
2	14.01570	6.26458	5.19275	2.56372
3	14.16896	5.11928	5.29017	3.75951
4	14.48241	6.18370	4.27747	3.02124
5	8.299324	3.44589	3.93423	0.91312
6	3.29880	2.00143	0.00000	1.29740
7	10.69653	5.17602	3.22234	2.29817
8	13.34123	1.84095	5.85057	5.64971
9	31.16880	19.27781	4.92714	6.96385
10	7.69925	3.50911	1.73188	2.46746
11	9.40892	1.92677	5.95135	1.56540
12	17.85311	3.75698	11.14238	2.95378
13	18.42084	8.34008	6.84970	3.23105
14	13.58633	1.13265	8.32289	4.13070
15	13.24264	3.75911	7.69049	1.78863
16	24.47298	12.07292	7.83360	4.57591
17	6.17480	3.00140	2.01733	1.15605
18	9.97050	3.17347	4.86871	1.92850
19	12.74700	6.92600	4.56200	1.25900

APÊNDICE H – Valores originais das porcentagens de superfícies não preparadas dos canais distais no seu todo e em cada terço dos grupos TF Adaptive e Reciproc

Amostras TF Adaptive		Terços do canal radicular		
	Todo	cervical	médio	Apical
1	13.46186	10.23246	14.96837	18.52542
2	15.95615	2.48550	39.02622	14.83304
3	9.63142	5.80671	11.16364	16.32972
4	28.27286	28.98479	28.52591	25.54851
5	20.72570	22.83843	19.63498	18.78141
6	41.70400	27.75784	55.53501	66.26673
7	31.48826	20.19746	44.05189	39.73038
8	26.93562	13.28047	33.67199	49.17320
9	17.11418	19.57977	16.20833	11.09220
10	16.62052	21.92184	14.81484	10.73346
11	24.09623	10.48070	28.21700	44.85987
12	44.05486	32.91763	50.27460	68.53248
13	26.78859	11.54684	41.21770	47.47590
14	15.60562	18.10656	14.11318	7.84580
15	21.14576	14.16052	26.76895	28.95808
16	18.77519	2.84418	32.09873	65.35486
17	38.07599	21.73454	45.91113	66.43713
18	32.28014	23.13885	43.04770	55.98166
19	65.84394	54.10427	81.78555	48.12018

Amostras Reciproc		Terços do canal radicular		
	Todo	cervical	médio	Apical
1	39.64901	28.38329	39.94060	72.26635
2	34.26581	29.16631	36.60114	48.95753
3	34.88287	28.57001	37.10694	44.52412
4	31.98678	26.80725	27.76044	44.82699
5	24.43174	17.70866	34.36069	29.53580
6	10.60712	9.97398	0.00000	29.36756
7	19.77363	17.77172	17.97429	30.63957
8	30.03329	9.07203	41.65058	56.03709
9	48.80986	54.56528	33.38926	50.56851
10	24.70811	17.14730	23.38748	74.48419
11	23.94285	7.68513	59.93050	37.85072
12	32.42946	23.14681	32.73323	61.78073
13	37.14386	32.84873	40.10715	45.34565
14	22.72514	6.15907	25.28354	48.72666
15	43.41167	21.92911	70.19541	74.31384
16	36.77984	33.07570	46.57867	34.54654
17	11.00521	8.29827	13.65151	22.35726
18	21.55364	15.06630	36.32046	16.43818
19	26.93787	26.12599	27.54831	29.62353

APÊNDICE I – Modelos tridimensionais representativos do grupo TF Adaptive – A: Canal radicular antes do preparo (verde); B: Canal radicular após o preparo (vermelho); C: Superfícies não-preparadas pelo sobreposição do canal pré e pós-operatórios

Fonte: a autora

APÊNDICE J – Modelos tridimensionais representativos do grupo Reciproc – A: Canal radicular antes do preparo (verde); B: Canal radicular após o preparo (vermelho); C: Superfícies não-preparadas pelo sobreposição do canal pré e pós-operatórios

Fonte: a autora

APÊNDICE K – Valores originais de debris dentinários pós-preparo dos canais distais no seu todo e em cada terço dos grupos TF Adaptive e Reciproc

Amostras TF Adaptive	Terços do canal radicular			
	Todo	cervical	médio	Apical
1	0.03430	0.01308	0.00998	0.01128
2	0.08180	0.00608	0.05513	0.02065
3	0.01129	0.00933	0.01086	0.00044
4	0.15736	0.09791	0.04394	0.01607
5	0.03393	0.02012	0.01353	0.00028
6	0.15287	0.03499	0.05331	0.06435
7	0.06458	0.01756	0.01934	0.02768
8	0.58945	0.19667	0.19783	0.19435
9	0.60021	0.00909	0.20013	0.19213
10	0.03224	0.01956	0.01294	0.00042
11	0.59110	0.00951	0.19977	0.38822
12	0.29067	0.11945	0.12608	0.03992
13	0.15121	0.03563	0.05839	0.05740
14	0.16014	0.10961	0.04198	0.00905
15	0.05564	0.01377	0.01891	0.02371
16	0.15792	0.00474	0.06983	0.08335
17	0.22552	0.05154	0.07672	0.09726
18	1.12003	0.27821	0.30543	0.27682
19	0.70458	0.43458	0.15766	0.11454

Amostras Reciproc	Terços do canal radicular			
	todo	Cervical	Médio	Apical
1	0.60164	0.28044	0.19120	0.15492
2	0.67743	0.12050	0.38252	0.17200
3	0.05282	0.00014	0.03341	0.02410
4	0.00929	0.00639	0.00013	0.00277
5	0.84339	0.12508	0.43277	0.14355
6	0.00548	0.00050	0.00004	0.00458
7	0.06794	0.02819	0.00995	0.02981
8	0.12764	0.00698	0.04700	0.07395
9	1.26487	1.16397	0.03923	0.06187
10	0.16338	0.03290	0.01597	0.11467
11	0.04768	0.02228	0.00122	0.00814
12	0.59387	0.29487	0.18097	0.11866
13	0.40865	0.10934	0.19657	0.10376
14	0.44295	0.11399	0.18853	0.14035
15	0.23970	0.04247	0.13410	0.06399
16	0.65269	0.17104	0.27958	0.20243
17	0.17478	0.00140	0.01733	0.15605
18	0.11695	0.04340	0.06306	0.01049
19	0.15600	0.08000	0.06200	0.01600

APÊNDICE L – Valores originais de debris dentinários pós-IUAL dos canais distais no seu todo e em cada terço dos grupos TF Adaptive e Reciproc

Amostras TF Adaptive		Terços do canal radicular		
	todo	cervical	médio	Apical
1	0.00337	0.00194	0.00067	0.00076
2	0.02559	0.00398	0.01587	0.00765
3	0.00061	0.00061	0.00000	0.00000
4	0.03128	0.02074	0.00637	0.00420
5	0.00255	0.00210	0.00037	0.00008
6	0.3859	0.01037	0.00400	0.02422
7	0.01900	0.00665	0.00634	0.00612
8	0.30768	0.04900	0.14965	0.10833
9	0.31943	0.00468	0.12132	0.07413
10	0.00141	0.00106	0.00034	0.00007
11	0.27368	0.00481	0.11891	0.14667
12	0.13819	0.04483	0.07509	0.01858
13	0.03066	0.00017	0.00458	0.02591
14	0.00165	0.00000	0.00000	0.00165
15	0.01768	0.00574	0.00600	0.00594
16	0.05493	0.00179	0.03394	0.01720
17	0.08225	0.02411	0.02134	0.03680
18	0.41385	0.07479	0.17321	0.16585
19	0.32079	0.17079	0.09169	0.06573

Amostras Reciproc		Terços do canal radicular		
	todo	cervical	médio	Apical
1	0.26569	0.10847	0.03825	0.01174
2	0.27828	0.05739	0.16536	0.05553
3	0.00359	0.00150	0.00004	0.00229
4	0.00095	0.00002	0.00007	0.00086
5	0.32437	0.05933	0.19332	0.05852
6	0.00030	0.00000	0.00000	0.00030
7	0.00391	0.00007	0.00002	0.00304
8	0.02742	0.00011	0.00589	0.02147
9	0.25519	0.17335	0.03074	0.05128
10	0.06932	0.01538	0.00722	0.04692
11	0.01768	0.01065	0.00055	0.00648
12	0.25993	0.11436	0.04221	0.10360
13	0.21786	0.05483	0.09394	0.06967
14	0.20498	0.06025	0.08932	0.05542
15	0.17749	0.03427	0.11452	0.02873
16	0.36289	0.09568	0.14945	0.11740
17	0.01157	0.00021	0.00126	0.01570
18	0.06147	0.02585	0.03078	0.00484
19	0.00908	0.00337	0.00188	0.00384

APÊNDICE M – Valores originais da porcentagem de debris dentinários pós-IUAL dos canais distais no seu todo e em cada terço dos grupos TF Adaptive e Reciproc

Amostras TF Adaptive		Terços do canal radicular		
	todo	Cervical	médio	Apical
1	0.02324	0.02205	0.01838	0.03772
2	0.18201	0.06990	0.26208	0.33043
3	0.00433	0.01050	0.00000	0.00000
4	0.24879	0.33250	0.13214	0.27501
5	0.02340	0.03107	0.01165	0.00833
6	0.29714	0.15923	0.11216	0.83289
7	0.14777	0.08685	0.22755	0.25281
8	2.36184	0.67874	8.34854	2.70308
9	2.04457	0.04665	2.86275	6.42580
10	0.01140	0.01760	0.00724	0.00424
11	2.08718	0.06887	5.40542	3,71539
12	1.40229	0.81297	1.89963	4.77377
13	0.27131	0.00263	0.12494	2.19858
14	0.01434	0.00000	0.00000	0.11023
15	0.10981	0.05821	0.17891	0.20558
16	0.34755	0.01793	1.56450	0.56411
17	0.67731	0.34815	0.59242	2.27545
18	2.52797	0.77902	3.66017	9.27194
19	1.97597	1.88233	2.59425	1.86252

Amostras Reciproc		Terços do canal radicular		
	todo	cervical	médio	Apical
1	1.24885	0.097115	0.47467	0.40058
2	2.34679	1.02954	4.79958	4.50954
3	0.03535	0.00073	0.02714	0.01125
4	0.00830	0.00028	0.00214	0.08363
5	1.97025	0.97918	4.50723	4.92734
6	0.00538	0.00000	0.00000	0.03613
7	0.02796	0.00080	0.00054	0.25283
8	0.22632	0.00152	0.201631	1.10045
9	1.34656	1.48411	0.58835	2.50607
10	0.77816	0.36102	0.26172	3.15014
11	0.16452	0.13574	0.03092	0.24140
12	2.15752	1.69325	1.30447	3.65629
13	1.74302	0.71584	2.71221	5.62316
14	1.65604	0.79508	2.86027	4.77223
15	1.84989	0.53477	5.18850	5.00727
16	2.30760	0.63946	4.95818	4.41314
17	0.11757	0.00556	0.05611	1.01216
18	0.54001	0.57799	0.85262	0.54364
19	0.09056	0.04655	0.07794	1.25490

APÊNDICE N – Valores originais da porcentagem da redução de debris dentinários pós-IUAL dos canais distais no seu todo e em cada terço dos grupos TF Adaptive e Reciproc

Amostras TF Adaptive		Terços do canal radicular		
	todo	cervical	médio	Apical
1	90.17493	85.16820	93.28657	93.26241
2	68.71638	34.53947	71.21350	62.95400
3	97.13481	93.46195	100	100
4	80.12201	78.81728	85.50296	73.86434
5	92.48453	89.56262	97.26534	71.42857
6	74.75633	70.36296	92.49672	62.36208
7	70.57913	62.12984	67.21820	77.89017
8	47.80219	75.08517	24.35424	44.26036
9	46.78029	48.51485	39.37940	61.41675
10	95.62655	94.58189	97.37310	83.33333
11	52.69988	49.42166	40.47655	62.21988
12	52.45811	62.46965	40.44268	53.45691
13	79.72356	99.52287	92.15619	54.86063
14	98.96965	100	100	81.76796
15	68.22430	58.31518	68.27076	74.94728
16	66.48303	62.23629	51.39625	79.36413
17	63.52873	53.22080	72.18457	62.16327
18	63.05010	73.11743	43.28979	40.08742
19	54.47075	60.69999	41.84321	42.61393

Amostras Reciproc		Terços do canal radicular		
	todo	cervical	médio	Apical
1	55.83904	61.32149	79.99477	92.42190
2	58.73439	52.37344	56.77089	67.71512
3	93.20333	71.42857	97.30620	90.49793
4	89.77395	99.68701	46.15385	68.95307
5	59.45536	52.56636	55.32962	59.23372
6	94.52555	100	100	93.44978
7	94.24492	99.75168	99.79899	89.80208
8	78.51771	98.42407	87.46809	70.96687
9	92.18376	94.52112	21.64160	17.11653
10	57.57131	53.25228	54.79023	59.08258
11	62.91946	52.19928	54.95495	73.15659
12	56.23116	61.21681	76.67569	12.69172
13	46.68787	49.85367	52.21041	32.85466
14	53.72390	47.14449	52.62292	60.51300
15	44.40086	19.30775	14.60104	55.10236
16	16.13164	44.05987	42.42623	42.00464
17	47.43908	85.0000	92.72937	89.93912
18	11.56050	8.17972	28.98827	53.86082
19	94.17949	95.78750	96.96774	76.00000

APÊNDICE O – Modelos tridimensionais representativos do grupo TF Adaptive – A: Canal radicular antes do preparo (verde); B: Canal radicular após o preparo (vermelho); C: Debris dentinários produzidos pós-preparo (preto), sobrepostos à anatomia final do canal radicular (vermelho); D: Debris dentinários produzidos pós-IUAI (preto), sobrepostos à anatomia final do canal radicular (vermelho)

Fonte: a autora

APÊNDICE P – Modelos tridimensionais representativos do grupo Reciproc – A: Canal radicular antes do preparo (verde); B: Canal radicular após o preparo (vermelho); C: Debris dentinários produzidos pós-preparo (preto), sobrepostos à anatomia final do canal radicular (vermelho); D: Debris dentinários produzidos pós-IUAI (preto), sobrepostos à anatomia final do canal radicular (vermelho)

Fonte: a autora

APÊNDICE Q – Imagem ilustrativa do acúmulo de debris dentinários no grupo TF Adaptive. Linhas pontilhadas indicam as secções transversais do canal em cada terço do dente. C1: Debris dentinários após o preparo; D1: Debris dentinários após-IUA

Fonte: a autor

APÊNDICE R – Imagem ilustrativa do acúmulo de debris dentinários no grupo TF Adaptive. Linhas pontilhadas indicam as secções transversais do canal em cada terço do dente. C2: Debris dentinários após o preparo; D2: Debris dentinários após-IUA

C2

D2

Fonte: a autora

APÊNDICE S – Imagem ilustrativa do acúmulo de debris dentinários no grupo Reciproc. Linhas pontilhadas indicam as secções transversais do canal em cada terço do dente. C1: Debris dentinários após o preparo; D1: Debris dentinários após-IUA

Fonte: a autora

APÊNDICE T – Imagem ilustrativa do acúmulo de debris dentinários no grupo Reciproc. Linhas pontilhadas indicam as secções transversais do canal em cada terço do dente. C2: Debris dentinários após o preparo; D2: Debris dentinários após-IUA

C2

D2

Fonte: a autora

ANEXO A – Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP**DADOS DO PROJETO DE PESQUISA**

Título da Pesquisa: Avaliação do preparo e presença de debris dentinários em canais radiculares com secção transversal oval longa realizados pelos sistemas TF Adaptive e Reciproc, utilizando a microtomografia computadorizada

Pesquisador: SANDRA SOARES KUHNE BUSQUIM

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 56448616.0.0000.0075

Instituição Proponente: Universidade de São Paulo

Patrocinador Principal: FUNDAÇÃO DE AMPARO A PESQUISA DO ESTADO DE SÃO PAULO

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 1.730.947

Apresentação do Projeto:

A ação do instrumento endodôntico nas paredes do canal leva à formação de debris dentinários. Sua remoção é principalmente função das manobras de irrigação. Entretanto, a ação do instrumento pode facilitar ou não o acúmulo destes debris, principalmente em função da sua cinemática. O sistema Reciproc (VDW, Munique, Alemanha) realiza o preparo do canal radicular pelo movimento reciprocante, remove significativa quantidade de dentina da parede do canal, porém por não manter rotação contínua, tende a ter mais dificuldades em expulsar os debris para fora do canal. O sistema Twisted File (TF) Adaptive (SybronEndo, Orange, CA) combina o movimento rotatório contínuo e reciprocante, com tendência a melhor remoção de debris dentinários (pela cinemática rotatória contínua) e eficiência no preparo do canal radicular.

Objetivo da Pesquisa:

Este estudo avaliará, ex vivo, a qualidade do preparo de canais oval longo de molares inferiores com o sistema TF Adaptive (SybronEndo, Orange, CA) comparando-o ao preparo com o sistema Reciproc (VDW GmbH, Munique, Alemanha) pela reconstrução tridimensional do canal radicular com utilização de microtomografia computadorizada (CT).

Avaliar, ex vivo: a) o preparo do canal (mudanças no volume do canal e as áreas não preparadas da

Endereço: Av Prof Lineu Prestes 2227
Bairro: Cidade Universitária **CEP:** 05.508-900
UF: SP **Município:** SÃO PAULO
Telefone: (11)3091-7960 **Fax:** (11)3091-7814 **E-mail:** cepfo@usp.br

FACULDADE DE
ODONTOLOGIA DA
UNIVERSIDADE DE SÃO

Continuação do Parecer: 1.730.947

sua superfície) e quantificar o acúmulo de debris dentinários em canais oval longo de molares inferiores comparando os sistemas TF Adaptive e Reciproc utilizando microtomografia computadorizada (CT) e b) correlacionar a presença de debris com o magma dentinário por meio do microscópio eletrônico de varredura.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

O risco relativo a pesquisa é muito baixo, já que consiste de um estudo experimental, ex vivo, para a determinação se o sistema TF Adaptive que rotaciona e reciproca, é capaz ou não de melhor preparar os canais ovalados e tem mais facilidade para jogar para fora do canal os debris dentinários do que o sistema Reciproc que apenas reciproca. Os resultados podem mostrar que o sistema TF Adaptive não consegue melhor

preparar as paredes do canal radicular, deixando áreas não preparadas que poderão comprometer futuramente o sucesso da terapia endodôntica e também não remove melhor os debris dentinários do que o outro sistema de comparação (Reciproc), estabelecendo a capacidade de cada técnica utilizada.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

O trabalho preenche todos os requisitos de uma pesquisa experimental. Apresenta custeio financeiro pela FAPESP e deverá trazer importantes subsídios para a área de conhecimento.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Apresenta autorização do Biobanco da FOUSP, para fornecer 40 molares inferiores humanos assinada pelo Responsável pelo laboratório, Prof. Dr JPC Imparato e do Coordenador Prof. Dr. Décio dos S. Pinto Jr.

Recomendações:

Tendo em vista a legislação vigente, devem ser encaminhados ao CEP-FOUSP relatórios parciais anuais referentes ao andamento da pesquisa e relatório final, utilizando-se da opção "Enviar Notificação" (descrita no Manual "Submeter Notificação", disponível na Central de Suporte - canto superior direito do site www.saude.gov.br/plataformabrasil).

Qualquer alteração no projeto original deve ser apresentada "emenda" a este CEP, de forma objetiva e com justificativas para nova apreciação.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Não há pendências.

Considerações Finais a critério do CEP:

Endereço: Av Prof Lineu Prestes 2227
Bairro: Cidade Universitária CEP: 05.508-900
UF: SP Município: SAO PAULO
Telefone: (11)3091-7960 Fax: (11)3091-7814 E-mail: cepfo@usp.br

FACULDADE DE
ODONTOLOGIA DA
UNIVERSIDADE DE SÃO

Continuação do Parecer: 1.730.947

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BASICAS_DO_P ROJETO_690971.pdf	22/08/2016 13:27:34		Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	PROJETO_DE_PESQUISA_Sandra.pdf	22/08/2016 13:18:33	SANDRA SOARES KUHNE BUSQUIM	Aceito
Declaração de Manuseio Material Biológico / Biorepositório / Biobanco	biobanco_doutorado_sandra_busquim.pdf	22/08/2016 10:54:58	SANDRA SOARES KUHNE BUSQUIM	Aceito
Folha de Rosto	Folha_de_rosto_Sandra_Busquim.pdf	22/08/2016 10:43:40	SANDRA SOARES KUHNE BUSQUIM	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

SAO PAULO, 16 de Setembro de 2016

Assinado por:
Maria Gabriela Haye Blazevic
(Coordenador)

Endereço: Av Prof Lineu Prestes 2227
Bairro: Cidade Universitária CEP: 05.508-900
UF: SP Município: SAO PAULO
Telefone: (11)3091-7960 Fax: (11)3091-7814 E-mail: cepfo@usp.br

ANEXO B – Parâmetros para aquisição das imagens

[Acquisition]

Data directory=D:\GEN...TICA\SANDRA\4
 Filename Prefix=4
 Filename Index Length=4
 Number of Files= 1201
 Source Voltage (kV)= 70
 Source Current (uA)= 279
 Number of Rows= 2672
 Number of Columns= 4000
 Image crop origin X= 0
 Image crop origin Y=0
 Camera binning=1x1
 Image Rotation=-0.3630
 Gantry direction=CC
 Number of connected scans=1
 Image Pixel Size (um)= 8.71
 Object to Source (mm)=119.890
 Camera to Source (mm)=170.180
 System Matrix Calibration=NO
 Vertical Object Position (mm)=56.719
 Optical Axis (line)=1341
 Filter=Cu + Al
 Image Format=TIFF
 Data Offset (bytes)= 264
 Horizontal overlap (pixel)=128
 Camera horizontal position=Center
 Depth (bits)=16
 Visual Camera=OFF
 Synchronised Scan=OFF
 Delay for external event (ms)=(5)
 List mode=OFF (2)
 Screen LUT=0
 Exposure (ms)= 950
 Rotation Step (deg)=0.300
 Frame Averaging=ON (3)
 Use 360 Rotation=YES
 Geometrical Correction=ON
 Camera Offset=OFF
 Scanning Start Angle=-0.044
 Median Filtering=ON
 Flat Field Correction=ON
 Rotation Direction=CC
 Scanning Trajectory=ROUND
 User Name=
 User Rights=full access
 Type Of Motion=STEP AND SHOOT
 Source Temperature=31.29 °C
 Study Date and Time=Apr 07, 2016 13:40:05
 Scan duration=01:21:30

ANEXO C – Parâmetros para reconstrução das imagens (NRecon)

[Reconstruction]

Reconstruction Program=NRecon
 Program Version=Version: 1.6.6.0
 Program Home Directory=C:\SkyScan1176
 Reconstruction engine=NReconServer
 Engine version=Version: 1.6.6
 Reconstruction from batch=Yes
 Reconstruction servers= 1176cluster02 1176cluster03 1176cluster04 1176cluster01
 Option for additional F4F float format=OFF
 Reconstruction mode=Standard
 Dataset Origin=SkyScan1176
 Dataset Prefix=4~00
 Dataset Directory=D:\GEN...TICA\SANDRA\4
 Output Directory=D:\GEN...TICA\SANDRA\4\4_Rec
 Time and Date=Apr 07, 2016 17:29:09
 First Section=192
 Last Section=2479
 Reconstruction duration per slice (seconds)=1.227273
 Total reconstruction time (2288 slices) in seconds=2808.000000
 Postalignment=-2.00
 Section to Section Step=1
 Sections Count=2288
 Result File Type=BMP
 Result File Header Length (bytes)=1134
 Result Image Width (pixels)=2664
 Result Image Height (pixels)=1780
 Pixel Size (um)=8.71057
 Reconstruction Angular Range (deg)=360.00
 Use 180+=OFF
 Angular Step (deg)=0.3000
 Smoothing=3
 Smoothing kernel=0 (Asymmetrical boxcar)
 Ring Artifact Correction=10
 Draw Scales=OFF
 Object Bigger than FOV=OFF
 Reconstruction from ROI=ON
 ROI Top (pixels)=3132
 ROI Bottom (pixels)=1352
 ROI Left (pixels)=629
 ROI Right (pixels)=3295
 ROI reference length=4000
 Filter cutoff relative to Nyquist frequency=100
 Filter type=0
 Filter type meaning(1)=0:Hamming (Ramp in case of optical scanner);1:Hann;2:Ramp;3: AlmostRamp;
 Filter type meaning(2)=11: Cosine; 12: Shepp-Logan; [100,200]: Generalized Hamming, alpha=(iFilter-100)/100
 Undersampling factor=1
 Threshold for defect pixel mask (%)=0
 Beam Hardening Correction (%)=19
 CS Static Rotation (deg)=0.00
 Minimum for CS to Image Conversion=0.000000
 Maximum for CS to Image Conversion=0.032960
 HU Calibration=OFF
 BMP LUT=0
 Cone-beam Angle Horiz.(deg)=16.535501
 Cone-beam Angle Vert.(deg)=11.088287
 Filename Index Length=4
 Filename Prefix=4_rec_Tra_Ref

ANEXO D – Sequência de tarefas ou *task list* para análise das imagens pré e pós-preparo do canal radicular

ANEXO E – Sequência de tarefas ou *task list* para segmentar os debris dentinarios pós-preparo do canal radicular

ANEXO F - Sequência de tarefas ou *task list* para segmentar os debrís dentinários pós-IUAL