PRISCILLA OLIVEIRA FONSECA FERNANDES

Avaliação do preparo de canais radiculares realizado por sistemas mecanizados com cinemática reciprocante cêntrica e rotatória excêntrica, por meio da microtomografia computadorizada

São Paulo

2017

PRISCILLA OLIVEIRA FONSECA FERNANDES

Avaliação do preparo de canais radiculares realizado por sistemas mecanizados com cinemática recíprocante cêntrica e rotatória excêntrica, por meio da microtomografia computadorizada

Versão Corrigida

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

Área de Concentração: Endodontia

Orientador: Prof. Dr. Giulio Gavini

São Paulo

2017

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

Fernandes, Priscilla Oliveira Fonseca.

Avaliação do preparo de canais radiculares realizado por sistemas mecanizados com cinemática recíprocante cêntrica e rotatória excêntrica, por meio da microtomografia computadorizada / Priscilla Oliveira Fonseca Fernandes; orientador Giulio Gavini. -- São Paulo, 2017.

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

Dissertação (Mestrado) -- 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. XP-endo Shaper. 3. Instrumentos odontológicos. 4. Debris dentinários. 5. Microtomografia. I. Gavini, Giulio. II. Título.

Fernandes POF. Avaliação do preparo de canais radiculares realizado por sistemas mecanizados com cinemática recíprocante cêntrica e rotatória excêntrica, por meio da microtomografia computadorizada. Dissertação apresentada à Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências Odontológicas.

Aprovado em: 15 / 02 / 2018

Banca Examinadora

Prof(a). Dr(a). Mário Luis Zuolo _____

Instituição: FAOA _____ Julgamento: APROVADA _____

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

Instituição: FOUSP _____ Julgamento: APROVADA _____

Prof(a). Dr(a). Celso Luiz Caldeira _____

Instituição: FOUSP _____ Julgamento: APROVADA _____

Dedico esse trabalho, primeiramente, aos meus pais, Nelson e Thelma, que sempre, com todo amor, acreditaram nos meus sonhos e possibilitaram que se concretizassem. Sempre ao meu lado, vocês são a minha força! Sou muito grata pelos exemplos de doação e parceria que me dão todos os dias. Amo vocês.

Ao meu querido irmão, Dannel, o meu equilíbrio nos dias incertos e a minha fonte de energia para as madrugadas de estudo. Danny, tenho muito orgulho do homem que se tornou. Que o abraço de irmãos siga curando tudo. Obrigada!

À Baita, também minha maezinha, que carinhosamente nos acolheu em sua vida e cuidou com um amor que poucos humanos são capazes de compreender. Suas sabias palavras e as nossas risadas sempre me ajudaram a ver o mundo mais colorido. Que sorte a minha! Muito obrigada. Te amo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela vida e por todas as possibilidades que Ele me trouxe de seguir evoluindo. Por propiciar tantas oportunidades de desenvolvimento e pelas tantas portas abertas colocando pessoas amigas e preciosas em meu caminho. A Fé em sua presença me move e me ampara.

Ao Prof. Dr. Giulio Gavini, com quem tive o prazer de dar os primeiros passos na endodontia, durante a graduação, e agora também como meu orientador. O bom filho, a casa torna. Obrigada por todo apoio e por compartilhar comigo tanta sabedoria. Com paciência e humildade, ouviu cada dúvida e anseio de quem está no começo desse caminho, me direcionando de forma assertiva e compreensiva. Agradeço imensamente por todo amparo e pela confiança que depositou em mim! Que honra a minha.

Ao Prof. Dr. Mario Luis Zuolo, meu querido e eterno professor. Muitas vezes não enxergamos nosso valor, até que alguém acredite em nós. Você acreditou! Palavras não expressarão a minha real gratidão por tudo que fez por mim ao longo desses anos. Sou privilegiada por ter em você meu orientador na endodontia, na docência e na vida. Hoje, finalizando mais uma etapa, olho para minha história e vejo o quanto foi fundamental no meu crescimento profissional e pessoal, sempre me incentivando a ir além. Obrigada!

À Prof. Dra. Laila Freire, que com tantos títulos já alcançados, me ouviu com a humildade que só uma professora de verdade é capaz. São tantos motivos para agradecer que acho que depois dos incontáveis e-mails e mensagens, você já é capaz de me compreender pelo pensamento. Obrigada por cada consideração colocada, por me ensinar pacientemente o novo mundo da microtomografia e por ter se tornado essa amiga tão especial. Agradeço a Deus por esse anjinho no meu caminho, espero que Ele me dê a oportunidade de te retribuir todo esse carinho. Seu exemplo seguirá sempre comigo. Muito obrigada!

À Elaine, que calmamente sempre se fez presente nesse trabalho, me auxiliando com carinho em muitos momentos de dúvida. Obrigada.

A todos os professores do Departamento de Dentística/Endodontia da FOU SP, em especial à Carla, Éricka, Maine, Laila, Adriana e ao Celso, por todo conhecimento compartilhado ao longo desses anos, nos créditos, nos estágios da graduação e nas conversas

esclarecedoras pelos corredores do departamento.

À secretaria do Departamento de Dentística, especialmente à Selma, pessoa muito querida, de generosidade peculiar. Obrigada pelas tantas vezes que me recebeu com um sorriso. Da mesma forma, agradeço a todos da secretaria da Pós-Graduação, particularmente ao Carlos, sempre tão compreensivo e disposto a ajudar.

Aos meus eternos professores e amigos do Endogroup, Mário, Cris, Inês, Dani, Edu, Ira, Cris Prado, Gi Krenke e Arthur. Equipe que me acolheu e que me é motivo de grande orgulho. Obrigada por compreenderem minha ausência no período do mestrado, serão sempre fundamentais para o meu crescimento, aprendo muito com vocês.

Aos meus amigos da pós-graduação que, sem dúvida, deram cor especial para esse processo. Compartilharam comigo momentos inesquecíveis, das risadas às falhas e as madrugadas em claro. Em especial à Yesquinha, que foi minha grande parceira nesse desafio, amiga para a vida que o mestrado me deu; ao Léo, amigo querido, que quem tem a sorte de conhecer melhor, encontra um ser humano generoso e íntegro; ao Edgar, peruano mais brasileiro que conheço, meu parceiro nas risadas de alegria e desespero, exemplo de determinação e competência; ao Alê, amigo e conselheiro de todas as horas; ao André e suas valiosas dicas de oratória, já rimos muito, amigo; à Laura, sempre tão solícita em ajudar; Sandrinha e Laís, por me ensinarem tanto, exemplos para mim; a Laís de Santos, que sempre me recebeu com sorriso no rosto, fazendo os dias mais leves; ao Carlos e sua elevação espiritual, seu reike salvou minha qualificação, não esquecerei. Que sorte a minha tê-los na minha vida.

A todos os meus familiares que vibraram comigo. Em especial ao Tio Dado e a minha avó, Diva, o amor de vocês me conforta e dá força.

À minha amiga de toda vida, Cami, pelo apoio incondicional e pela amizade sincera. À Isa, Lica e Helena, amigas sempre presentes, me motivando e acreditando nos meus sonhos. Sem vocês essa e tantas outras conquistas, certamente, não teriam sido possíveis. Tudo é mais leve porque tenho vocês por perto.

Aos amigos que fazem parte do meu dia a dia de clínica, formando essa equipe única, que me apoiou em todo esse processo, compreendendo a minha ausência e torcendo por cada etapa. Meigue e Verônica, parceiras de anos, serei sempre grata por contar com a confiança e

amizade de vocês. Cristiane, a Cris, sem você eu não conseguiria, sempre disposta a me ajudar em tudo e a organizar o consultório na minha ausência, cuidando com carinho da nossa clínica, dos pacientes, da minha mãe e do meu Tio. Muito obrigada.

A todos os amigos, família que escolhi, que perto ou à distancia vibraram por esse desafio. Amigos da Fousp, da especialização, do Santa Maria e Stills. Serei eternamente grata pela oportunidade de tê-los na minha vida.

À Capes, pela bolsa de estudos concedida.

À Fousp, por me receber sempre de portas abertas e possibilitar tantos avanços na minha vida profissional.

Se eu vi mais longe, foi por estar sobre ombros de gigantes.

Isaac Newton

RESUMO

Fernandes POF. Avaliação do preparo de canais radiculares realizado por sistemas mecanizados com cinemática recíprocante cêntrica e rotatória excêntrica, por meio da microtomografia computadorizada [dissertação]. São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Odontologia; 2017. Versão Corrigida.

Dentre as etapas do tratamento endodôntico, a limpeza e modelagem tem especial atenção, já que a conformação geométrica satisfatória e a sanificação dos canais radiculares propiciam condições favoráveis ao controle da infecção e à adequada obturação do espaço endodôntico. O desenvolvimento de instrumentos fabricados a partir da liga de níquel-titânio (NiTi) contribuiu de maneira importante para a melhora na qualidade e previsibilidade do preparo endodôntico. Os diferentes sistemas mecanizados que são propostos constantemente no mercado devem ser avaliados com detalhes, pois sua performance pode variar de acordo com as características de fabricação e design de cada instrumento. O objetivo deste estudo foi avaliar, por meio da microtomografia computadorizada (micro-CT), o preparo de canais mesiais de molares inferiores com o sistema XP-endo Shaper (XPS), comparando-o ao preparo realizado com instrumentos do sistema Reciproc (REC), quanto ao volume de debris dentinários remanescentes, área de paredes não tocadas, dentina excisada, aumento do volume e superfície do canal radicular e desvio do canal original no terço apical. Vinte e quatro raízes mesiais de molares inferiores, com dois canais e um forame, foram anatomicamente pareadas e divididas em 2 grupos experimentais ($n=12$) de acordo com o sistema utilizado para o preparo químico cirúrgico: Grupo XPS e Grupo REC. Os espécimes foram escaneados por um microtomógrafo de raios-X (SkyScan 1176) com resolução de $17.42\text{ }\mu\text{m}$ pré e pós preparo. Com o auxílio dos softwares Dataviewer, CTan e CTVol foi possível a avaliação tridimensional do canal para observação das mudanças nos parâmetros estudados. Os dados obtidos foram comparados e, onde se identificou distribuição normal e homogeneidade das variâncias, foi utilizado o Teste *t* de student para analisar as hipóteses experimentais. Para os dados onde se observou distribuição não-normal, optou-se pelo teste não-paramétrico numérico (Mann-Whitney). Todas as análises foram realizadas com nível de significância de 5%. Nos resultados, em toda extensão do canal radicular, assim como para as análises por terços,

não houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos quanto ao transporte do canal, volume de dentina excisada e aumento do volume e superfície do canal. Identificou-se diferença significativa ($p < 0,05$) entre os grupos quanto a área de superfície não tocada, onde observou-se que, no canal total e nos terços cervical e médio, o grupo XPS preparou maior área do canal do que o grupo REC. Quanto ao volume e percentual de debris dentinários acumulados, o grupo REC apresentou valores estatisticamente maiores na totalidade do canal e nos terços médio e apical, evidenciando maior acúmulo de debris intra-radiculares do que o grupo XPS. Concluiu-se que as técnicas de preparo avaliadas se comportaram de maneira semelhante quanto ao aumento de volume e superfície do canal, volume de dentina removida e desvio apical. Em contrapartida, o sistema XPS, por possuir cinemática rotatória excêntrica, conseguiu tocar maior quantidade de paredes e eliminar maior volume percentual de debris acumulados em relação ao sistema que se vale de cinemática recíproca centrada (REC).

Palavras-chave: Preparo do canal radicular. XP-endo Shaper. Instrumentação rotatória excêntrica. Debris dentinários. Superfície não tocada do canal. Microtomografia computadorizada.

ABSTRACT

Fernandes POF. Evaluation of root canal preparation performed by mechanized systems with centric reciprocating and eccentric rotatory kinematics, by microcomputed tomography [dissertation]. São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Odontologia; 2017. Versão Corrigida.

Among the stages of endodontic treatment, cleaning and shaping should have special attention, since a satisfactory geometry and sanification of the root canals provide favorable conditions for infection control and adequate endodontic obturation. The development of the Niquel-Titanium (NiTi) instruments contributed to the improvement in quality and predictability of the endodontic preparation. The new mechanized systems that are constantly proposed in the market must be evaluated, as their performance can vary according to the manufacturing and design features of each instrument. The purpose of this study was to evaluate, using microcomputed tomography (micro-CT), the preparation of mesial root canals of mandibular molars with the new XP-endo Shaper (XPS) system comparing it to the preparation performed with Reciproc instruments (REC), evaluating the volume of remaining dentin debris, area of untouched walls, dentin removed, increase in volume and surface of the root canal and apical transportation. Twenty-four mandibular molar mesial roots with two canals and one foramen were anatomically matched and divided into 2 experimental groups ($n = 12$) according to the system used for shaping: XPS Group and REC Group. The specimens were scanned pre and post preparation by a X-ray microtomograph (SkyScan 1176) with a resolution of $17.42 \mu\text{m}$. With Dataviewer, CTan and CTVol softwares, it was possible a tridimensional evaluation of the root canal in order to observe changes in the studied parameters. The data were compared and, where normal distribution and homogeneity of variances were identified, Student's t test was used to analyze the experimental hypotheses. For the data where non-normal distributions were observed, the non-parametric numerical test (Mann-Whitney) was chosen. All analyzes were performed with a significance level of 5%. In the results, in all extension of the root canal, as well as for analyzes by thirds, there was no statistically significant difference between the groups regarding apical transportation, volume of removed dentin and increase of volume and canal surface. A significant difference ($p < 0.05$) was found between the groups regarding the untouched surface area, where in the total canal

and in the cervical and middle thirds, the XPS group prepared a larger area of the canal than the group REC. As to the volume and percentage of accumulated dentinal debris, the REC group presented statistically higher values in the whole canal and in the middle and apical thirds, evidencing a higher accumulation of intra-radicular debris than the XPS group. It was concluded that the preparation techniques evaluated behaved similarly to the changes in volume and surface of the canal, the volume of dentin removed and the apical transportation. The XPS system by its eccentric rotational kinematics was able to touch a larger number of walls and eliminate a greater percentage volume of accumulated debris compared to the system that uses a centralized reciprocating motion.

Keywords: Canal preparation. XP-endo Shaper. Rotary eccentric instrumentation. Dentin debris. Untouched canal areas. Micro CT.

LISTA DE FIGURAS

Figura 4.1 – Microtomógrafo de raios-X SkyScan 1176.....	59
Figura 4.2 – Posicionamento dos espécimes.....	60
Figura 4.3 – Preparo com o sistema Reciproc.....	61
Figura 4.4 – Instrumento XP-Endo Shaper a 20 °C e 37 °C.....	62
Figura 4.5 – Irrigante em banho maria a 37 °C.....	63
Figura 4.6– Preparo com XP-Endo Shaper em água a 37 °C / Aquecedor elétrico e Termômetro culinário digital.....	63
Figura 4.7 – Preparo com XP-endo Shaper.....	64
Figura 4.8 – Corregistro das imagens no programa DataViewer.....	65
Figura 4.9 - Novo volume de interesse carregado no programa CTAn.....	66
Figura 4.10- Binarização do objeto através de um histograma de densidade	66
Figura 4.11– <i>Task list</i> para segmentação da dentina e do canal radicular.....	67
Figura 4.12– Binarização dos debris pós-preparo.....	67
Figura 4.13– Binarização da superfície não tratada.....	68
Figura 4.14– Valores para x, y e z em cada secção do terço apical	69
Figura 4.15– Gráfico 3D do desvio apical.....	70

Figura 5.1 – Modelos 3D representativos dos canais mesiais do grupo Reciproc antes e após o preparo; da sobreposição dos modelos pré e pós e debris remanescentes	77
Figura 5.2 – Modelos 3D representativos dos canais mesiais do grupo Reciproc antes e após o preparo; da sobreposição dos modelos pré e pós e debris remanescentes.....	78
Figura 5.3 – Modelos 3D representativos dos canais mesiais do grupo XP-endo Shaper antes e após o preparo; da sobreposição dos modelos pré e pós e debris remanescentes.....	79
Figura 5.4 – Modelos 3D representativos dos canais mesiais do grupo XP-endo Shaper antes e após o preparo; da sobreposição dos modelos pré e pós e debris remanescentes.....	80
Figura 5.5 – Acúmulo de debris grupo XP-endo Shaper (A, B, C, D e E) e Acúmulo de debris grupo Reciproc (F, G, H, I e J).....	81

LISTA DE TABELAS

Tabela 5.1-	Volumes iniciais e finais de dentina (em mm ³) e percentual volumétrico (%) de dentina removida após preparo do canal radicular com os Sistemas Testados (médias e desvios-padrão)71
Tabela 5.2-	Volumes iniciais e finais do canal radicular (em mm ³) e percentual volumétrico (%) do aumento do canal radicular após preparo com os Sistemas Testados (médias e desvios-padrão)72
Tabela 5.3-	Área da superfície iniciais e finais do canal radicular (em mm ²) e percentual (%) do aumento do canal radicular após preparo com os Sistemas Testados (medianas e desvios-padrão)73
Tabela 5.4-	Percentual (%) de paredes não tocadas após preparo com os Sistemas Testados (médias e desvios-padrão)74
Tabela 5.5-	Desvio apical (em mm) após o preparo com os Sistemas Testados (medianas e desvios-padrão)75
Tabela 5.6-	Volume de debris acumulados (em mm ³) e percentual de debris em relação ao volume do canal após o preparo com os Sistemas Testados (medianas e desvios-padrão)76

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

2D	bidimensional
3D	tridimensional
#	número
μA	microampere
μm	micrômetro
°C	graus Celsius
CAAE	Certificado de Apresentação para Apreciação Ética
CRT	comprimento real de trabalho
CTan	programa de análise de tomografia computadorizada
CTvol	programa de visualização de superfícies tridimensionais
D0	diâmetro zero
EDTA	ácido etilenodiamino tetra-acético
EDX	espectroscopia de raios X por dispersão em energia
EUA	Estados Unidos da América
FOUSP	Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo
h	hora
HL	haste longa
ISO	<i>International Standards Organization</i>
kV	quilovolts
MEV	microscopia eletrônica de varredura
MD	mésio distal
micro-CT	microtomografia computadorizada
ML	mésio-lingual
mL	mililitro
mm	milímetro
mm ²	milímetro quadrado
mm ³	milímetro cúbico
MV	mésio-vestibular
n	número
NaOCl	hipoclorito de sódio
NiTi	níquel-titânio

NRecon	programa de reconstrução de imagens
qPCR	reação em cadeia de polimerase quantitativa
REC	Reciproc 25
ROI	região de interesse
rpm	rotações por minuto
SP	São Paulo
TC	tomografia computadorizada
UFC	unidades formadoras de colônias
VL	vestíbulo-lingual
VOI	volume de interesse
XPS	Xp-endo Shaper

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	25
2	REVISÃO DA LITERATURA	27
2.1	SISTEMAS AUTOMATIZADOS NO PREPARO DO CANAL RADICULAR	27
2.2	METODOLOGIAS EMPREGADAS NA AVALIAÇÃO DO PREPARO DO CANAL RADICULAR.....	41
2.3	A MICROTOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA NA AVALIAÇÃO DO PREPARO DO CANAL RADICULAR.....	44
3	PROPOSIÇÃO	55
4	MATERIAL E MÉTODOS	57
4.1	MATERIAL	57
4.2	MÉTODOS.....	58
4.2.1	Seleção dos dentes.....	58
4.2.2	Preparo das amostras e Divisão dos grupos.....	58
4.2.3	Exames microtomográficos	59
4.2.4	Preparo químico cirúrgico.....	60
4.2.4.1	Grupo Reciproc R25.....	60
4.2.4.2	Grupo XP-endo Shaper	62
4.2.5	Metodologia de avaliação.....	65
4.2.6	Análise estatística	70
5	RESULTADOS	71
5.1	VOLUME DE DENTINA.....	71
5.2	VOLUME DO CANAL	72
5.3	ÁREA DE SUPERFÍCIE DO CANAL.....	73
5.4	SUPERFÍCIE NÃO TOCADA	74
5.5	DESVIO APICAL.....	75
5.6	VOLUME DE DEBRIS DETINÁRIOS	75
6	DISCUSSÃO	83
7	CONCLUSÕES	93
	REFERÊNCIAS	95
	APÊNDICES	103
	ANEXOS	123

1 INTRODUÇÃO

A terapia endodôntica está embasada cientificamente em princípios biológicos e técnicos, onde todas as fases são interdependentes, de forma que, se houver falha em qualquer uma delas, o resultado do tratamento poderá ser comprometido. No entanto, a limpeza e modelagem tem especial importância, uma vez que a conformação geométrica satisfatória e a sanificação do sistema de canais proporcionam condições favoráveis ao controle da infecção e a obturação do espaço endodôntico, contribuindo substancialmente para o reparo tecidual.

Assim, o preparo químico cirúrgico é considerado um elo decisivo porque engloba os objetivos principais do tratamento, que são: remover tecidos moles e duros contaminados ou infectados, permitir aos agentes irrigantes acesso ao sistema de canais, criar espaço para adequada obturação e manter a integridade das estruturas radiculares.

Os resultados do preparo dos canais são fortemente afetados por sua variabilidade anatômica, sendo consenso na literatura que todos os sistemas de preparo propostos até o presente momento deixam paredes não tocadas após a modelagem. A fim de contornar essas limitações e possibilitar um preparo mais previsível, modificações nos instrumentos e técnicas têm sido propostas ao longo do tempo.

A introdução da liga de NiTi na endodontia e os sistemas mecanizados trouxeram mais previsibilidade à fase de preparo do canal radicular. A maior flexibilidade desta liga em relação ao aço inoxidável permitiu a elaboração de técnicas rotatórias contínuas, onde há o corte da dentina em movimento circular, com menos desvios, e em concordância com a anatomia do canal original.

Ainda assim, novas técnicas de preparo e melhorias no tratamento da liga de NiTi têm sido propostas com intuito de prover aos instrumentos maior flexibilidade e resistência à fratura. O sistema Reciproc (REC) representa o conceito de lima única, atuando em movimento reciprocante assimétrico de forma centralizada,, uma vez que avança pela área de menor resistência dos canais. É fabricado por meio da aplicação de tratamentos térmicos à liga de NiTi, resultando na liga M-wire, cuja resistência à fadiga é comprovadamente superior aos instrumentos fabricados com a liga austenítica convencional.

Recentemente, um sistema de preparo inovador, o XP-endo Shaper (XPS), fabricado a partir da liga de NiTi MaxWire (Martensite-Austenite Electropolishing-Flex, FKG) foi introduzido ao mercado. Esta nova liga permite ao instrumento assumir dentro dos canais, na temperatura corporal, uma forma semi-circular, expandindo-se ou contraindo-se de modo a se

adaptar a morfologia do canal, realizando, por isso, cinemática rotatória excêntrica quando acionado, atuando contra as paredes dentinárias do canal central. O instrumento tem um tamanho #30/.01, mas segundo o fabricante, após expandir-se consegue atingir uma amplitude final de preparo correspondente a #30/.04; no entanto, poucos trabalhos foram realizados com este sistema.

Juntamente com os avanços nos instrumentos e técnicas, os métodos experimentais para analisar o resultado obtido com o preparo do canal evoluíram consideravelmente nos últimos anos. Os modelos tradicionais como os métodos radiográficos ou de secção de raízes, que envolvem análises bidimensionais, trazem apenas dados parciais do preparo. Por outro lado, os métodos não invasivos e que permitem acesso à estrutura tridimensional do sistema de canais radiculares, têm ocupado papel importante como recurso metodológico nos estudos endodônticos.

Assim, a microtomografia computadorizada (micro-CT) está estabelecida como método preciso e não destrutivo para avaliação da geometria dos canais radiculares e dos efeitos das diversas técnicas de preparo endodôntico, mensurando as alterações de volume das estruturas dentárias, desvios do canal, volume de debris dentinários remanescentes e presença de áreas não tocadas.

Portanto, o presente estudo tem como objetivo avaliar, *in vitro*, o preparo realizado pelo sistema XP-endo Shaper que, quando acionado, realiza movimento rotatório excêntrico, e pelo sistema recíprocante, Reciproc, em canais mesiais de molares inferiores, utilizando como ferramenta de avaliação a microtomografia computadorizada.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Nas últimas décadas, o tratamento endodôntico vem apresentando importantes evoluções de técnicas, instrumentos e sistemas utilizados para o preparo do canal radicular. Esses avanços podem ser observados através de estudos e pesquisas que evidenciam a importância de se alcançar adequada desinfecção e limpeza, minimizando erros de procedimento, especialmente em canais ovais, achatados ou curvos.

2.1 Sistemas automatizados no preparo do canal radicular

Após a standardização dos instrumentos endodônticos proposta por Ingle & Levine em 1958 na Segunda Conferência de Endodontia, as técnicas de instrumentação foram se aprimorando gradativamente, bem como a qualidade dos instrumentos endodônticos no que diz respeito ao seu design e ligas de fabricação, objetivando proporcionar um preparo do canal com conformação morfológica que respeitasse a anatomia original, evitando acidentes iatrogênicos.

Os instrumentos manuais de aço inoxidável são amplamente utilizados até a atualidade, mas em função da sua menor flexibilidade e pouca elasticidade, requerem mais atenção quando utilizados em canais radiculares curvos e atresícos, já que nessas condições há maior probabilidade desses instrumentos gerarem deformações como degraus, perfurações, desvios e retificação do conduto. A maioria dos canais radiculares apresenta alguma curvatura, enquanto os instrumentos endodônticos são fabricados a partir de hastes metálicas retas. Isso resulta em uma distribuição desigual de força em certas áreas de contato e uma tendência do instrumento a voltar para sua forma retilínea original dentro do conduto. Diante dessas intercorrências, os fabricantes buscaram desenvolver limas com modificações na secção transversal e alterações do ângulo helicoidal. Porém, mesmo com as mudanças no design, a liga de aço inoxidável ainda apresentava limitações clínicas (Peters et al., 2004).

Em 1988, Walia et al. sugeriram uma modificação que foi marcante para os instrumentos endodônticos frente aos desafios encontrados até então. Os autores propuseram a substituição do aço inoxidável pela liga de Níquel Titânio (NiTi – 56% Níquel e 44% Titânio), já utilizada pela ortodontia, na fabricação de instrumentos endodônticos. Eles concluíram no estudo que as limas de NiTi apresentavam duas a três vezes mais flexibilidade e maior resistência à fratura por torção quando comparadas às limas de aço inoxidável de mesmo diâmetro, secção transversal e fabricadas pelo mesmo processo. Essa liga foi

introduzida com a proposta de facilitar a instrumentação de canais curvos, já que os instrumentos de NiTi apresentavam alta elasticidade e poderiam flexionar muito mais do que o aço inoxidável antes de exceder seus limites elásticos. Os resultados do estudo sugeriram que o instrumento endodôntico de NiTi poderia ser uma promessa para o preparo de canais radiculares curvos, e assim o foram.

Thompson (2000), em uma importante revisão da literatura, ressalta que a liga de NiTi é utilizada por causa de duas propriedades especiais: o Efeito Memória de Forma (EMF) e a Superelasticidade (SE), além de possuir elevada resistência à corrosão e biocompatibilidade. As propriedades mecânicas e o comportamento da liga variam conforme a composição química, temperaturas de transformação e o tratamento termomecânico instituído no decorrer da fabricação do instrumento. Tanto o EMF quanto a SE estão relacionados a uma mudança de fase no estado sólido, denominada transformação martensítica (TM). A transformação martensítica é uma mudança entre a fase de estrutura cristalina de alta simetria, chamada austenita (fase β) para uma fase de simetria mais baixa, chamada martensita, como resultado de mudanças na conformação das ligações de elétrons. É característico da austenita ser estável em altas temperaturas e baixos valores de tensão, enquanto a martensita é estável a baixas temperaturas e altos valores de tensão. O fenômeno provoca uma alteração nas propriedades físicas da liga e dá origem à característica de memória da forma.

O avanço na fabricação dos instrumentos e o advento das limas de níquel-titânio, tornou possível a automação do preparo, diminuindo consideravelmente o número de acidentes. Assim, a instrumentação mecanizada incorporou-se à prática endodôntica, facilitando e otimizando a fase de preparo químico-cirúrgico, com muitas vantagens sobre os instrumentos manuais de aço inoxidável, como elevada flexibilidade, eficiência de corte em movimento rotatório contínuo centralizado e rapidez. Muitos estudos científicos foram então realizados com o objetivo de observar o comportamento destas limas.

Peters et al. (2001b) realizaram estudo com 40 molares superiores comparando, através da microtomografia computadorizada, os efeitos do preparo obtido por 4 técnicas distintas, sendo uma manual e três técnicas automatizadas. Foram observadas diferenças no volume de dentina, proporção de áreas não tocadas e transporte do canal. Os autores encontraram que a instrumentação gerou aumento de volume e da área de superfície em todos os grupos. Os canais preparados estavam significativamente mais circulares e tinham diâmetro aumentado. Porém, todas as técnicas deixaram 35% ou mais da superfície dos canais radiculares sem tocar após instrumentação, mostrando que, embora os elementos preparados

com limas manuais tenham apresentado maior quantidade média de paredes não tocadas, não houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos. Concluíram, ainda, que há um grande impacto das variações anatômicas no resultado do preparo, sendo esse mais relevante do que a técnica utilizada.

Contudo, certos cuidados devem ser tomados pelo profissional quando da utilização dos instrumentos mecanizados, pois sua ampla utilização também começou a evidenciar suas limitações. É o caso da não deformação evidente das espiras que, aliado ao uso excessivo e às anatomias com curvaturas acentuadas, os tornam facilmente passíveis de fratura.

Com o propósito de investigar a fratura por fadiga cíclica das limas rotatórias de NiTi, Gambarini (2001), testou 50 instrumentos Profile (Maillefer, Baillagues, Switzerland) que foram operados clinicamente com torques distintos, previamente ao estudo. O autor realizou 10 tratamentos endodônticos com cada instrumento incluído no trabalho, sendo ao menos 6 tratamentos de molares. Foi documentado para cada instrumento o número de ciclos até a fadiga e os autores concluíram que a utilização de um motor elétrico com valores de torque baixos aumentou o número de ciclos necessários para levar esses instrumentos à fadiga cíclica, com diferenças estatisticamente relevantes. O estudo revelou ainda que a tensão mecânica sobre os instrumentos de NiTi depende da curvatura do canal e da dureza da dentina, mas também é proporcional ao torque gerado pelo motor utilizado.

Rodrig et al. (2002) compararam o preparo realizado por três diferentes instrumentos de NiTi, através do método de Bramante modificado (Bramante et al., 1987). Foram utilizados no estudo 60 molares inferiores extraídos, cujas raízes distais apresentavam características de canal oval longo, ou seja, a distância vestibulo-lingual pelo menos duas vezes maior que a distância méso-distal. Foram sobrepostas as fotografias pré e pós-operatórias dos dentes incluídos em resina e seccionados a três, seis e nove milímetros do ápice. Os parâmetros avaliados foram: capacidade de limpeza, tempo de trabalho, segurança e extensão do preparo na região vestibular ou lingual. Os resultados encontrados demonstraram que na maioria dos espécimes as superfícies vestibulares ou linguais não foram preparadas (Lightspeed e Quantec 56,7% e Profile 55%). Os autores concluíram que os instrumentos de NiTi, apesar de flexíveis, produziram uma modelagem circular do canal, enquanto que as extensões vestibular e lingual permaneceram não tocadas.

Peters (2004), em revisão de literatura, destaca os aspectos que influenciam no resultado do preparo com instrumentos rotatórios de NiTi, tais como: o design do instrumento, a cinemática utilizada, a sequência do protocolo, torque e velocidade selecionados e a anatomia pré-operatória do sistema de canais. O autor concluiu que esses

sistemas são importantes adjuntos na terapia endodôntica e, apesar da anatomia dental ser um fator de risco sempre presente, os resultados dos preparos realizados com técnicas rotatórias são, em sua maioria, mais previsíveis.

Os avanços no escopo do preparo automatizado do sistema de canais radiculares foram conquistados com o desenvolvimento de novos instrumentos baseados na alteração dos tratamentos da liga de NiTi, da forma e da cinemática empregada em sua utilização (Hülsmann et al., 2005).

Paqué et al. (2009a), através da micro-CT, analisaram os efeitos do preparo do canal na geometria apical. No estudo foram preparados 60 molares superiores *ex vivo* com protocolos distintos. Os dentes foram escaneados pré e pós realização do preparo com Flex Master, GT-Rotary, Lightspeed, Profile, Protaper e K-file de NiTi, após pré alargamento com brocas de Gates-Glidden. Posteriormente à instrumentação, todos os canais mostraram-se mais circulares nos 4 mm apicais e as áreas não tocadas variaram de 4%-100%. O preparo com o sistema GT deixou significativamente mais superfície não tocada em todas as configurações anatômicas dos canais, o que poderia afetar a habilidade de desinfecção do sistema de canais radiculares em molares superiores.

A performance dos sistemas muda de acordo com a composição química da liga, peculiaridades da sua produção e tratamento, bem como da sua forma de utilização durante o tratamento endodôntico. Como possível estratégia para aumentar a eficiência e segurança dos instrumentos endodônticos, uma nova liga NiTi, denominada M-Wire (Dentsply Tulsa Dental Specialties, Tulsa, OK, EUA) foi desenvolvida em 2007 (Alapati et al., 2009). Antes do processo de usinagem, a liga é tratada termicamente para melhorar suas propriedades mecânicas com o objetivo de produzir instrumentos com maior flexibilidade e aumento da resistência à fadiga quando comparados àqueles fabricados a partir da liga de NiTi tradicional (Larsen et al., 2009). Diferente da liga tradicional, a M-Wire é composta pelas três fases cristalinas do NiTi: martensita, fase-R (cristais em fase pré-martensita, cristais entre fase martensita e austenita) e austenita. Em função da quantidade de martensita que não se submete à transformação em austenita, a liga possui uma microestrutura com maior resistência que a liga tradicional de NiTi que possui apenas cristais de austenita (Ye; Gao, 2012).

Além das alterações no processo de fabricação, foram também propostas novas técnicas mecanizadas na tentativa de minimizar o risco de fratura do instrumento. Yared (2008) realizou um estudo onde todo o preparo do canal foi realizado com lima única F2 ProTaper (Dentsply, Maillefer), apresentando uma nova perspectiva em relação às limas de

NiTi. O instrumento F2 foi utilizado em movimento recíprocante, com rotação em direção de corte, e depois rotação na direção oposta, para liberar o instrumento. Os ângulos de rotação no sentido anti-horário e horário eram diferentes, favorecendo o avanço do instrumento com pouca pressão apical. Com movimentos de bicada, a lima progredia até que o operador sentisse resistência e, então, era removida do canal, limpa com gaze e o canal irrigado. Repetia-se o protocolo até que o comprimento de trabalho fosse alcançado. Segundo o autor, a experiência preliminar com esta técnica foi encorajadora. No entanto, a necessidade de uma adequada avaliação laboratorial e clínica de vários parâmetros seria essencial.

A técnica proposta por Yared (2008) representou uma evolução na cinemática dos instrumentos rotatórios, já que os resultados de seu trabalho mudaram o conceito de preparo mecânico automatizado utilizado até então. Não seria mais necessário a utilização sequencial de limas para obter a modelagem cônica/afunilada do canal radicular. As descobertas levaram ao desenvolvimento de novos instrumentos para realização de preparos com lima única, como a Reciproc (VDW) e a WaveOne (Dentsply-Sirona), ambas confeccionadas com a liga M-wire. Os dois instrumentos trabalham com movimento recíprocante cêntrico, rotacionando, inicialmente, no sentido anti-horário (150° - Reciproc e 170° - Wave One) cortando a dentina e o alívio no sentido horário (30° - Sistema Reciproc e 50° - WaveOne), com objetivo de evitar o efeito de rosqueamento do instrumento, como ocorria com alguns sistemas rotatórios contínuos, e favorecer que o instrumento avançasse pela área de menor resistência, trabalhando centralizadamente no longo eixo do canal. Os ângulos de rotação foram calculados para estarem abaixo do grau necessário para fratura do instrumento caso esse prendesse na dentina, tornando a técnica mais segura (Kim et al., 2012).

Gavini et al. (2012), em estudo que avaliou a resistência a fadiga cíclica de 36 instrumentos Reciproc (Munich – Germany) R25 #25.08, utilizaram um dispositivo que realizava a simulação clínica do movimento de bicada, realizado em rotação contínua ou recíprocante, em curvatura de 40° e raio de 5mm. As limas foram divididas em dois grupos de acordo com a cinemática empregada e os autores encontraram que o movimento recíprocante apresentou a necessidade de realização de mais ciclos até que a fratura ocorresse quando comparado ao grupo do movimento rotatório, com diferença estatística entre os grupos.

Em estudo que avaliou o preparo de 50 raízes mesiais de molares inferiores extraídos, Rhodes et al. (2011), analisaram a ação de dois sistemas de instrumentação endodôntica que atuam com cinemáticas distintas: o Vortex .06 (rotatório) e o SafeSiders (recíprocante). As amostras foram divididas aleatoriamente em dois grupos de acordo com o instrumento utilizado. Para a avaliação do preparo, os dentes foram imersos em resina acrílica

e realizou-se secções horizontais a 3, 6 e 9 mm do ápice radicular, conforme sugerido por Bramante et al. (1987). Foram obtidas imagens fotográficas das secções pré e pós-operatórias e aspectos relativos ao alargamento do canal e tempo de execução do preparo foram avaliados. Os autores tiveram como resultado que o sistema Vortex .06 preservou a trajetória inicial do canal, ao mesmo tempo que as limas SafeSiders apresentaram modelagem mais regular e estreita. Ainda assim, como em outros estudos, o preparo de toda superfície do sistema de canais não foi alcançado por nenhum dos sistemas avaliados.

Junaid et al. (2014), compararam o transporte apical em canais radiculares curvos, utilizando o instrumento WaveOne (WO) (Dentsply Tulsa Dental Specialties, Tulsa, OK) em movimento recíprocante ou o sistema Twisted Files (TFs; SybronEndo, Orange, CA) em movimento de rotação contínua para o preparo de quarenta canais mesiais de molares inferiores. Os dentes foram distribuídos aleatoriamente em dois grupos ($n = 20$) e os canais foram instrumentados de acordo com o protocolo do fabricante. O transporte apical foi avaliado comparando as imagens microtomográficas pré e pós-instrumentação em secções de 1, 2, 3, 4 e 5 mm do ápice. Os autores encontraram que não houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre os grupos WO e TF no que tange o transporte apical, ainda que ele tenha ocorrido nos dois sistemas. O transporte na direção mesial foi de maior magnitude do que o transporte para distal em ambos os protocolos de preparo.

Em estudo que comparou não somente a morfologia do preparo, mas também a redução bacteriana obtida por essa etapa, Alves et al. (2012), avaliaram o sistema de instrumento único e movimento recíprocante, Reciproc R40 (40.06), e o sistema rotatório BioRace utilizado até o último instrumento BR5 (40.04). Foram selecionados 34 dentes extraídos que apresentavam canal único oval. As amostras foram contaminadas com *Enterococcus faecalis* e divididos em dois grupos, de acordo com o método de preparo utilizado. Os autores tiveram como resultado que ambos os sistemas realizaram importante redução bacteriana após a instrumentação sem diferenças estatísticas, e, na análise de aspectos relativos à morfologia de preparo, também não houve diferença entre os grupos quanto à amplitude de preparo apical, volume e duração da irrigação, evidenciando que ambas metodologias de preparo poderiam ser utilizadas em estudos relacionados à efetividade antibacteriana.

Siqueira et al. (2013), em estudo *ex vivo*, também analisaram a habilidade de desinfecção e preparo de três protocolos utilizados no preparo químico-cirúrgico de 36 raízes mesiais de molares inferiores apresentando dois canais. Os autores buscaram estabelecer um fator de correlação entre os achados bacteriológicos e microtomográficos, portanto, as

análises foram feitas sempre sob os dois aspectos. Os dentes foram divididos em grupos de acordo com o protocolo utilizado, sendo eles: Self-Adjusting File (ReDent-Nova, Ra'anana, Israel), Reciproc (VDW, Munich, Germany) e Twisted File (SybronEndo, Orange, CA). Todos foram contaminados com *Enterococcus faecalis*, por 30 dias. Os resultados foram avaliados através das imagens microtomográficas das amostras pré e pós preparo e das coletas bacteriológicas colhidas antes (S1) e após (S2) a utilização dos protocolos testados. Todos os grupos promoveram significativa redução bacteriana intracanal, sem diferença estatística entre eles. Quanto ao preparo, também não se observou diferenças estatisticamente relevantes no que tange ao aumento de volume e superfície do canal e área de superfície não tocada. O estudo não conseguiu estabelecer uma correlação significativa entre superfície não tocada e redução bacteriológica, uma vez que, apesar de todas as amostras que testaram positivo para presença bacteriana em S2 terem paredes não preparadas, também houve espécimes com extensas áreas não tocadas que testaram negativo para a presença de *Enterococcus faecalis*.

Com intuito de confirmar as melhorias anunciadas pelos fabricantes de novos instrumentos, Çapar et al. (2014), compararam os efeitos de seis diferentes sistemas rotatórios quanto ao transporte, manutenção da curvatura do canal, índice de centralização, área de superfície e mudanças volumétricas no preparo do canal de raízes mesiais curvas de molares inferiores. As amostras foram divididas de acordo com o sistema de preparo, sendo eles: OneShape (MicroMega, Besancon, France), ProTaper Universal F2 (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland), ProTaper Next X2 (Dentsply Maillefer), Reciproc R25 (VDW, Munich, Germany), Twisted File Adaptive SM2 (SybronEndo, Orange, CA) e WaveOne Primary (Dentsply Tulsa Dental Specialties, Tulsa, OK). Após o preparo, as mudanças na configuração anatômica foram acessadas pelas imagens da tomografia computadorizada de feixe cônico. Os resultados obtidos mostraram que o sistema Reciproc removeu significativamente mais dentina que o OneShape, Protaper Next e Twisted File Adaptive. Não houve diferença significativa entre os 6 grupos quanto ao transporte do canal, mudanças de superfície e índice de centralização do preparo. Concluiu-se que os seis sistemas retificaram a curvatura e produziram transporte do canal de maneira similar.

Apesar das melhorias obtidas com os novos sistemas propostos para o preparo endodôntico, muitos trabalhos seguem reportando a ocorrência de expressiva área do canal não tocada após a finalização do preparo e acúmulo de *debris*, principalmente, em regiões de irregularidades anatômicas. Frente a esses achados, De-Deus et al. (2015a), realizaram estudo comparativo, através da micro-CT, sobre a porcentagem de área não tocada em canais radiculares preparados com diferentes ampliações, utilizando sistemas reciprocantes de lima

única (Reciproc e WaveOne) ou um sistema convencional rotatório de instrumentos múltiplos (BioRace). Trinta raízes mesiais de molares inferiores com curvatura moderada, foram selecionadas e escaneadas. Dividiu-se as amostras em 3 grupos ($n = 10$) de acordo com o sistema utilizado para o preparo: Reciproc, WaveOne e BioRace. O segundo e terceiro escaneamento foram realizados após a instrumentação dos canais com limas dos tamanhos 25 e 40, respectivamente. As imagens gravadas dos voxels da área de superfície dos canais foram examinadas do nível da furca até o ápice para quantificar a área não instrumentada. O tipo de sistema de instrumentação não influenciou a porcentagem de superfície do canal não tocada, enquanto uma redução significativa na porcentagem de voxels estáticos foi observada após o aumento da ampliação do canal radicular em todos os grupos. Nenhum dos sistemas foi capaz de preparar toda a área de superfície do canal. Contudo, o diâmetro apical final aumentado resultou em um efeito positivo significativo sobre a capacidade de modelagem dos sistemas testados.

Ainda em relação à área não tocada do canal após preparo, Coelho et al. (2016), visaram estabelecer uma interdependência entre o aumento de volume e superfície instrumentada após a utilização de diferentes sistemas automatizados no preparo de canais ovais. Com base na micro-CT, 42 incisivos inferiores humanos foram incluídos no estudo depois da constatação da presença de um único conduto, sendo esse oval longo. Cada espécime foi preparado com um dos três sistemas automatizados utilizados nesse estudo (Wave One, One Shape e ProDesign Logic) e mais uma vez escaneados para que as áreas não preparadas fossem analisadas em três diferentes regiões do canal (terço cervical, médio e apical). Os autores concluíram que o sistema WaveOne gerou maior aumento do volume do canal, entretanto, isso não afetou o percentual de áreas não instrumentadas. O sistema One Shape teve maior interdependência entre o aumento de volume e extensão de superfície instrumentada, mas ainda assim, nenhum dos sistemas testados foi capaz de tocar todas as paredes dentinárias.

Com objetivo de melhorar o alcance às áreas de irregularidades anatômicas, foi desenvolvido um novo instrumento para a complementação da limpeza do canal ao término do preparo químico-cirúrgico. O XP-endo Finisher (XPF - FKG Dentaire, La Chaux-de-Fonds, Switzerland), produzido com a liga exclusiva de NiTi – MaxWire (Martensite-Austenite EletropolishFlex – FKG) possui diâmetro ISO 25 e conicidade zero (25/.00). Em temperaturas iguais ou superiores a 35°C, a liga muda da fase martensítica para austenítica, assumindo forma semi-circular que permite sua projeção contra as paredes radiculares quando em rotação. Utilizando este novo instrumento e visando avaliar a eficácia de quatro

protocolos de irrigação sobre a redução de debris com a micro-CT, Leoni et al. (2017) selecionaram quarenta raízes mesiais de molares inferiores com istmo contínuo ligando os canais mesio-vestibular e mesio-lingual. Os espécimes foram escaneados com uma resolução de 8,6 µm e os canais ampliados com os instrumentos reciprocantes WaveOne Small e Primary sem irrigação intracanal para permitir o acúmulo de debris. Então, os espécimes foram distribuídos em quatro grupos (n = 10), de acordo com o protocolo de irrigação final: pressão apical positiva (APP), irrigação ultrasônica passiva (PUI), self-adjusting file (SAF) e XP-endo Finisher (XPF). Nos resultados houve redução de debris em todos os grupos após o protocolo de irrigação. Em geral, os grupos PUI e XPF apresentaram maiores reduções percentuais significativas de debris (94,1% e 89,7%, respectivamente) do que a APP e SAF (45,7% e 41,3%, respectivamente). Não foram encontradas diferenças significativas ao comparar os resultados dos grupos PUI e XPF ou grupos APP e SAF. Os autores concluíram que a PUI e o XP-endo Finisher foram associados aos níveis mais baixos de debris em comparação com os protocolos da irrigação convencional e do sistema SAF modificado em canais mesiais de molares inferiores

O uso de instrumentos rotatórios de NiTi vem demonstrando possibilitar o preparo com menor retificação do canal e preparos mais centralizados, quando em comparação com os instrumentos de aço inoxidável em diferentes anatomias radiculares. Ainda assim, o preparo que abranja todo conduto pode ser especialmente difícil em canais assimétricos, já que os instrumentos convencionais atuam melhor no eixo central do canal, dando formato circular ao preparo. Em função do descrito anteriormente, utilizando raízes distais de molares inferiores, Busquim et al. (2015), através da micro-CT, avaliaram o preparo obtido em canais ovais com um sistema reciprocante, Reciproc (VDW – Munich, Germany), e com um sistema rotatório de múltiplas limas BioRace (FKG). Os canais foram divididos em dois grupos conforme o sistema utilizado. Após o preparo, as amostras foram escaneadas, para então, serem analisadas no que se refere ao aumento de volume e superfície nos terços cervical, médio e apical. Tanto o sistema Reciproc quanto o BioRace não prepararam completamente os canais radiculares ovais longos. Embora o sistema Reciproc tenha revelado um aumento de volume superior em todo o canal, o BioRace deixou menos paredes de dentina sem tocar nos terços cervical e médio do conduto radicular.

Arias et al. (2017), se propuseram a comparar, através da micro-CT, o preparo obtido pela instrumentação rotatória convencional (Vórtex; Dentsply Tulsa Dental Specialties, Tulsa, OK) com a modelagem realizada pelo sistema TRUShape (TS; Dentsply Tulsa Dental Specialties, Tulsa, OK), um novo instrumento com design longitudinal em s, secção

transversal triangular e conicidade variável, que geram sua cinemática assimétrica em varredura. Vinte canais distais de molares inferiores foram distribuídos aleatoriamente em dois grupos para serem modelados com TS ou Vórtex. A porcentagem da superfície não preparada e o volume de dentina removida total e nos 4 mms apicais foram calculados. O transporte do canal e o "Structure Model Index" (SMI; escala que avalia a circularidade ou achatamento da forma), também foram avaliados. A modelagem com ambas as técnicas resultou em superfície preparada e volume de dentina removido similares, bem como a extensão de transporte de canal. Porém, o fator de forma SMI foi significativamente menor para os preparos com TRUShape, sugerindo menor arredondamento do canal durante a instrumentação com esse sistema. Os autores concluíram que, embora ambos os sistemas tenham se mostrado adequados para a modelagem de canais ovais, o preparo realizado pela TRUShape pareceu estar em melhor conformidade com a anatomia original do canal em forma de fita.

Diante do desafio já exposto do preparo adequado de canais ovais, Zuolo et al. (2017a), avaliaram a modelagem obtida com diferentes sistemas em canais de 40 incisivos inferiores com essa configuração anatômica. Os protocolos de preparo testados no estudo foram: BioRace (FKg), Reciproc (VDW – Munich, Germany), Self-Adjusting File (SAF; ReDent-Nova, Ra'anana, Israel) e TRUShape (Dentsply Tulsa Dental Specialties, Tulsa, OK). Os espécimes foram pareados anatomicamente e divididos em quatro grupos. Após a instrumentação, as amostras foram escaneadas por micro-CT e examinadas quanto ao acúmulo de debris, áreas não tocadas e dentina removida. Como resultado, encontrou-se que a técnica de preparo não afetou a quantidade de debris acumulada; porém, a porcentagem de áreas não tocadas foi significativamente maior para BioRace (32,38%), enquanto Reciproc (18,95%) e SAF (16,08%) apresentaram as menores porcentagens. O sistema TRUShape apresentou resultados intermediários tanto para a área não tocada (19,20%) quanto para dentina removida (3,77%), sem diferença significativa em relação aos sistemas BioRace, Reciproc e SAF. Portanto, os autores concluíram que, em comparação aos outros sistemas testados, o BioRace resultou em mais paredes de canal não tocadas e Reciproc removeu a maior quantidade de dentina. Embora tenha tocado mais paredes do canal radicular, o sistema SAF removeu menos dentina, enquanto que a lima TRUShape teve resultados intermediários para esses mesmos parâmetros. Assim sendo, nenhum dos sistemas testados foi capaz de proporcionar modelagem ideal dos canais ovais.

Espir et al. (2017), também tiveram como objetivo avaliar o preparo do canal, porém, com foco na relevância da cinemática utilizada. Os autores propuseram que o preparo de

incisivos inferiores com canais ovalados fosse realizado usando um ou dois instrumentos em movimento recíprocante iniciando no sentido anti-horário ou horário. Assim, cinquenta e sete dentes foram designados para a preparo do canal radicular divididos em grupos de acordo com o protocolo de preparo utilizado ($n = 19$): Reciproc 40 (R40) movimento recíprocante no sentido anti-horário; Mtwo #40/0.06 (M 40.06) em movimento recíprocante no sentido horário ou Mtwo #20/0.06 e #40/0.06 (M 20 / 40.06) em movimento recíprocante no sentido horário. O escaneamento foi realizado antes e após o preparo dos canais utilizando micro-CT e o volume, a porcentagem de debris e de superfície não tocada foram analisados em todo o canal radicular e também por terços. Nos resultados, os autores encontraram que os sistemas Reciproc e Mtwo usando diferentes cinemáticas foram associados a um aumento semelhante no volume do canal radicular. Além disso, ambos os sistemas apresentaram percentual semelhante de superfície não tocada. Porém, os instrumentos Mtwo #20/0.06 e #40/0.06 mostraram significativamente menor acúmulo de debris no terço médio (0,56%) quando comparados a R40 (1,31%) e M 40/0.06 (1,54%). Dessa forma, conclui-se que o movimento recíprocante convencional para R40 e a cinemática recíprocante no sentido horário para Mtwo resultou em preparos de características similares do canal radicular. Contudo, menos debris remanescentes estavam presentes no terço médio quando foram utilizados dois instrumentos com diferentes diâmetros.

Visando correlacionar os achados microtomográficos com análises histológicas e de microscopia eletrônica de varredura (SEM), Siqueira et al. (2017), descreveram a condição das paredes do canal radicular de dentes com polpas vitais ou necróticas que permaneceram não tocadas após preparo com um sistema recíprocante de NiTi, Reciproc (VDW, Munich, Germany) e irrigação com NaOCl 2,5%. Para tanto, as superfícies classificadas como não tocadas pela análise de micro-CT foram examinadas por SEM e histologicamente, visando a presença de restos pulpare, bactérias e raspas de dentina. Os canais radiculares de 10 pré-molares inferiores, recém extraídos, com polpas necróticas e periodontite apical juntamente com os canais MV de 11 molares inferiores com polpas vitais foram preparados usando os instrumentos Reciproc R40 e R25, respectivamente. As amostras foram escaneadas por micro-CT antes e após o preparo, e as áreas não tocadas foram identificadas. A superfície externa da raiz correspondente as regiões não tocadas foram marcadas em cada terço para guiar as análises histológicas (para os dentes com polpa vital) e de microscopia eletrônica de varredura (SEM, para dentes com polpa necrosada). Nos dentes com polpas vitais, foi calculada a área do canal radicular ocupada por restos de tecido. Na análise por SEM dos dentes com polpas necróticas, os escores foram atribuídos pela quantidade de debris encontrada. A proporção de

áreas não preparadas nos canais MV foi de 18,1% e 9,6% ao longo de todo canal e terço apical, respectivamente. Nos pré-molares, os números correspondentes foram 34,6% e 17,6%, respectivamente. A análise histológica de canais com polpa vital revelou restos de tecido sobre as paredes não tocadas quase que exclusivamente na região apical do canal. A análise por SEM dos canais com polpas necróticas revelou debris ao longo das paredes não tocadas em todos os terços do canal. Conclui-se que as áreas que permanecem intocadas após preparo com instrumentos Reciproc e irrigação 2,5% NaOCl, como revelado pela análise de micro-CT, mostraram estar frequentemente cobertas por debris, sob a forma de restos de tecido de polpa, bactérias e raspas de dentina, especialmente no terço apical do canal.

O tratamento térmico de ligas de NiTi foi usado com sucesso para melhorar as propriedades mecânicas dos instrumentos endodônticos tais como resistência à fadiga, flexibilidade, eficiência de corte e capacidade de centralização do preparo. A versão do Sistema Reciproc com tratamento térmico que adiciona uma camada visível de óxido de titânio sobre o instrumento, denominado Reciproc Blue. Em estudo que avaliou as mudanças do novo instrumento quando comparado com a Reciproc convencional, De-Deus et al. (2017), obtiveram que a Reciproc Blue apresentou necessidade de maior número de ciclos até a fadiga cíclica e sua resistência a flexão foi significativamente menor do que o instrumento Reciproc original, indicando maior flexibilidade da nova liga. Os pesquisadores concluíram que nova liga de NiTi com tratamento térmico da Reciproc Blue mostrou melhor desempenho total quando comparado a liga superelástica M-Wire convencional, demonstrando melhorias na flexibilidade e resistência à fadiga, e reduzida microdureza, mantendo características semelhantes da superfície do instrumento.

Outra nova proposta já disponível no mercado endodôntico é o XP-endo Shaper (XPS, FKG, La Chaux-de-Fonds, Suíça), um instrumento rotatório de ponta ISO #30 e conicidade 0.01, fabricado a partir da liga MaxWire (MaxWire, Martensite-Austenite Electropolish Flex, FKG Dentaire). A nova liga de NiTi segue o princípio de memória de forma, ou seja, no início do preparo, ainda em temperatura ambiente, encontra-se em sua fase martensítica, e, ao ser introduzida no canal, diante da temperatura corpórea, altera sua forma devido à memória molecular da fase austenítica. Portanto, o XPS faz parte de uma geração de instrumentos temperatura-dependentes. Segundo o fabricante, o instrumento pode expandir do seu tamanho original gerando uma ampliação do canal de, pelo menos, 30.04, enquanto aborda a estrutura tridimensional do espaço do canal radicular (FKG Dentaire, 2017).

Até o presente momento, poucos estudos avaliaram a qualidade do preparo do canal realizado com a XPS e sua capacidade de expansão para além do seu tamanho original. O

primeiro foi de Azim et al. (2017) que investigaram a capacidade de modelagem, a conicidade do canal preparado e o tempo de operação durante o uso do XPS em canais ovais de incisivos centrais inferiores, utilizando a micro-CT para comparar o novo instrumento com um sistema rotatório convencional, Vortex Blue (Dentsply Tulsa Dental Specialties, Tulsa, OK). Vinte incisivos centrais inferiores com canal único ovalado foram escaneados antes e após o preparo para avaliar a porcentagem de paredes não tocadas, mudanças no volume do canal, área de superfície, quantidade de dentina removida, debris remanescentes e a conicidade do canal preparado. O tempo total necessário para a instrumentação durante o uso de cada técnica também foi calculado em segundos. Nos resultados, os autores obtiveram que a XPS aumentou significativamente o volume do canal, a área de superfície e a quantidade de dentina removida e teve significativamente menos paredes não tocadas em comparação com VB. O grupo do XPS também foi significativamente mais rápido na conclusão do preparo mecânico em quase 1 minuto ($t=6,216$). Assim, o XPS mostrou poder expandir além do tamanho de seu núcleo para se adaptar à anatomia do espaço do canal radicular; preparando e tocando mais paredes em canais ovais que o sistema Vortex Blue. No entanto, a conicidade taper final do preparo variou de acordo com a anatomia do dente tratado.

Lacerda et al. (2017) também avaliaram o preparo de canais ovais com o novo sistema XP-endo Shaper, comparando-o com os sistemas TRUShape (Dentsply Sirona, Tulsa, OK) e SAF (SAF; ReDentNOVA, Ra'anana, Israel). Nesse estudo, os autores visaram correlacionar os achados das imagens de micro-CT com os resultados de cortes histológicos realizados em três áreas demarcadas previamente na raiz. Foram utilizados no trabalho 33 canais distais ovais de molares inferiores recém extraídos, todos com vitalidade pulpar. As amostras foram anatomicamente pareadas e divididas em três grupos de acordo com o sistema de preparo utilizado. Em todos os grupos, o irrigante utilizado foi o NaOCl a 5,25% aquecido a 37°C. Após o preparo dos espécimes, foram realizadas as análises microtomográficas e histológicas. De todos os parâmetros testados, somente a área de superfície não tocada do terço apical mostrou ser significativamente menor para SAF do que no grupo do XPS. Todos os sistemas testados se comportaram de maneira semelhante quanto aos parâmetros avaliados no canal como um todo. Porém, novamente, não se pode estabelecer um padrão entre os achados histológicos e os resultados das imagens da micro-CT, pois houve, por exemplo, regiões de vóxeis estáticos e, portanto, consideradas como áreas não tocadas durante o preparo, que não apresentavam qualquer remanescente pulpar no corte histológico. Segundo os autores, isso pode ser consequência da ação do instrumento que foi eficiente em remover o

tecido pulpar, porém, sem desgastar a parede radicular, e da efetividade do irrigante, NaOCl 5,25% aquecido a 37°C, em dissolver matéria orgânica.

Quanto às propriedades mecânicas do novo instrumento XP-endo Shaper, alguns estudos avaliaram se as melhorias esperadas pelo fabricante, se confirmavam inicialmente em testes laboratoriais. Essa foi a proposta do estudo realizado por Silva et al. (2017), que avaliou a resistência a fadiga cíclica e torcional de 20 instrumentos XP-endo Shaper (30/0.01) e 20 TRUshape (30/0.06). A resistência à fadiga cíclica foi avaliada através da mensuração do número de ciclos completos e o tempo até a fratura das limas. As amostras foram acionadas em canais artificiais de aço inoxidável com um ângulo de 60° e 5mm de raio de curvatura. Após os testes, os autores encontraram que o XPS apresentou um número significativamente maior de ciclos até a fratura, quando comparado ao sistema TRUShape. Assim também foi em relação ao tempo, em segundos, até a fratura. Por fim, o grupo XPS apresentou menor torque máximo pré-fratura, mas maior ângulo de rotação até a separação do instrumento do que o grupo TRUShape.

Também com o objetivo de avaliar e comparar a resistência à fadiga cíclica da XP-endo Shaper com os sistemas: TRUShape, HyFlex CM (HCM; Coltene, Cuyahoga Falls, OH, USA), Vortex Blue e iRace (iR; FKG Dentaire), Elnaghy e Elsaka (2017b), testaram 30 instrumentos de cada sistema. As amostras foram submetidas ao teste de fadiga cíclica, utilizando um dispositivo imerso em solução salina a 37°C que reproduzia um ângulo de 60° de curvatura e 3mm de raio. Os instrumentos foram acionados segundo a velocidade e torque indicados pelo fabricante. O tempo e o número de ciclos até a fratura (NCF) foi documentado e os autores encontraram que o sistema XPS apresentou o maior NCF dentre os instrumentos avaliados. Não houve diferença significativa entre VB e HCM. Entretanto, HCM e VB tiveram valor de NCF significativamente maior que TRS e iR. Os autores concluíram que, dentro das limitações do estudo, as melhorias feitas na liga da XPS (MaxWire) e a menor conicidade desse instrumento melhoraram a resistência a fadiga.

Em estudo que comparou a resistência torcional dos sistemas XP-endo Shaper (XPS; #30/0.01), TRUShape (TRS; #30/0.06, Dentsply Tulsa Dental Specialties, Tulsa, OK, USA), ProFile Vortex (PV; #30/0.04 taper, Dentsply Tulsa Dental Specialties) e FlexMaster (FM; #30/0.04, VDW GmbH, Munich, Germany) em temperatura corporal, os mesmos autores, Elnaghy & Elsaka (2017a), utilizaram dispositivo que mantinha a ponta dos instrumentos testados fixa, simulando uma situação clínica onde o instrumento prendesse no canal, e gradativamente o corpo da amostra ia sendo torcida até que ocorresse a fratura. Nos resultados, o sistema FM apresentou a melhor resistência à torção, sendo que não houve

diferença significativa entre FM e PV. Concluiu-se que os processos de fabricação do sistema XPS não aumentaram a resistência ao stress de torção desses instrumentos quando comparados aos outros sistemas testados no estudo.

2.2 Metodologias empregadas na avaliação do preparo do canal radicular

Devido à grande importância da etapa do preparo químico-cirúrgico, as técnicas de instrumentação dos canais radiculares têm sido constantemente avaliadas e comparadas entre si, valendo-se de diferentes metodologias, objetivando encontrar um protocolo eficaz, preciso e conservador.

Davis et al. (1972) propuseram um método que utilizava a injeção de silicone nos canais radiculares de dentes extraídos preparados com instrumentos standardizados, obtendo-se uma imagem tridimensional do interior dos canais, possibilitando o estudo de sua morfologia. Após a descalcificação dos dentes para a remoção do molde, eles observaram a anatomia e a presença de variações anatômicas encontradas nas amostras, o que contribuiu para a identificação de muitas áreas do canal não tocadas durante o preparo. Os autores ainda relataram uma grande proximidade do formato dos instrumentos utilizados no preparo e a morfologia final dos canais após a instrumentação.

Weine et al. (1975) com objetivo de estudar o efeito dos procedimentos do preparo no canal original, criaram um canal simulado em bloco de resina transparente, de forma a possibilitar a visualização de todos os procedimentos de preparo durante sua performance. Os autores compararam canais simulados e dentes naturais extraídos através da avaliação de fotografias dos blocos e radiografias dos dentes naturais, e observaram grande similaridade entre os resultados obtidos no preparo dos canais simulados e dos dentes naturais, o que indicou que esta era uma metodologia válida para a análise dos resultados de preparo do canal. Ainda segundo os autores, o uso dos canais simulados de resina tem grande potencial no ensino da endodontia, sendo uma alternativa aos dentes extraídos na introdução das manipulações endodônticas aos estudantes.

Outra metodologia de avaliação de preparo empregada até a atualidade, é a análise histológica. Apresentada por Walton (1976), em um estudo que comparou diferentes métodos de alargamento do canal através da avaliação do aspecto das paredes radiculares preparadas e da presença de tecido pulpar. O autor concluiu que a efetividade da remoção de resíduos dos instrumentos é dependente da condição que esses têm de tocar adequadamente toda a superfície do sistema de canais.

A secção das raízes para avaliar o desgaste das paredes do canal radicular previamente e após o preparo é um método de avaliação largamente utilizado, como no estudo de Skelton-Macedo et al. (1999), valendo-se de dispositivos baseados no princípio da mufla-molde, proposta por Bramante et al. (1987). Com este método, secções das raízes são feitas pré-operatoriamente, e remontadas para o preparo dos canais radiculares e, então, separadas para a avaliação da modelagem obtida. As secções das raízes são então fotografadas pré e pós preparo para posterior análise das modificações geradas no conduto. Essa técnica surgiu como uma proposta de método de estudo que possibilitasse a análise e comparação da morfologia do mesmo canal antes e após a instrumentação, permitindo uma análise qualitativa dessa etapa do tratamento endodôntico.

Os métodos radiográficos como o da plataforma radiográfica, proposto por Sydney et al. (1991) para avaliar a ocorrência de desvio apical durante o preparo do canal de uma maneira não invasiva, são utilizados até hoje por outros pesquisadores como Burklein et al. (2012). Na plataforma radiográfica, o dente a ser estudado é colocado em um caixa plástica e imerso em resina autopolimerizável transparente, formando um bloco, de modo que a amostra possa ser reposicionada e radiografada na mesma película após o preparo. Desta maneira, a utilização inadequada do instrumento pode ser avaliada. Utilizando essa metodologia, porém com radiografias digitalizadas e auxílio de software de análise de imagem, Burklein et al. (2012), analisaram a capacidade de modelagem e eficiência de limpeza dos canais de dois sistemas de lima única e dois sistemas multi-instrumentos em canais curvos de dentes extraídos: Reciproc (VDW – Munich, Germany) e WaveOne (Dentsply – Maillefer) x Mtwo (VDW – Munich, Germany) e ProTaper (Dentsply – Maillefer). Sob as condições desta metodologia, todos os instrumentos testados mantiveram adequadamente a curvatura original do canal e mostraram-se seguros.

Mais adiante, Goldberg et al. (2012), utilizaram os canais simulados em resina propostos por Weine et al. (1975), na avaliação da habilidade de centralização de preparo das limas Wave One (Dentsply, Maillefer). Para tanto, comparavam fotografias realizadas dos blocos antes e após o preparo químico cirúrgico. Dentro das limitações deste estudo, os autores verificaram que o instrumento recíprocante WaveOne teve uma habilidade de centralização muito boa ao modelar canais simulados, independentemente do nível de experiência do operador e da anatomia do canal.

A tomografia computadorizada (TC), desenvolvida pelo engenheiro eletrônico Godfrey Newbold Hounsfield, pela qual recebeu o prêmio Nobel em fisiologia e medicina em 1979, juntamente com o sul-africano naturalizado americano, o físico Allan McLeod

Cormack, tornou possível a visualização de objetos em três dimensões. Em 1965, Hounsfield publicou seu primeiro trabalho com TC utilizando raios-X, e desde então o avanço da tecnologia computacional impulsionou e possibilitou tornar este método de diagnóstico mais rápido e eficaz, pois a precisão dos cortes, o ajuste do regime elétrico do aparelho, o comando e a reconstrução das imagens são algumas das tarefas que o computador realiza, possibilitando o resultado final das imagens adquiridas (Quesada et al, 2001).

A viabilidade dos estudos clínicos com TC em dentes humanos foi inicialmente sugerida por Tachibana e Matsumoto (1990), em estudo que observou dentes superiores e inferiores no sexo masculino, através de tomografia computadorizada. Através das reconstruções 3D, os autores conseguiram analisar as configurações anatômicas dos dentes e suas relações com os tecidos periodontais. Além disso, foi possível observar a presença ou a ausência de material obturador nos canais radiculares e de pinos metálicos, ainda que a qualidade da obturação não pudesse ser avaliada adequadamente. Os autores relataram que não foi possível realizar observações mais detalhadas, pois a resolução do tomógrafo era baixa (voxel de 1 a 2mm), o que impossibilitou reconstruções exatas. Sendo assim, as principais desvantagens encontradas foram a alta dose de radiação, o tempo de escaneamento, o alto custo e ainda, quando da presença de objetos metálicos, a imagem aparece distorcida, o que se denomina artefatos.

Gambill et al. (1996) fizeram uso da tomografia computadorizada para avaliar canais radiculares preparados por instrumentos manuais de NiTi e aço inoxidável. Trinta e seis dentes uniradiculares e forma de canal semelhante foram divididos em três grupos e escaneados por tomografia computadorizada antes e após a instrumentação. Nos resultados, os instrumentos de NiTi utilizados com técnica de imagem causaram significativamente menos transporte de canal, removendo menor volume de dentina em menos tempo de instrumentação. Dessa forma, produziram preparos mais centralizados e circulares do que os instrumentos tipo K-flex de aço inoxidável. O sistema de imagens tomográficas utilizado neste estudo se mostrou um método reprodutível e não invasivo para avaliação de determinados aspectos relativos ao preparo endodôntico.

O desenvolvimento da TC, seja pela qualidade crescente dos equipamentos ou pela experiência dos profissionais que a realizam, tornou-se muito importante no diagnóstico de doenças e nos estudos científicos, incentivando uma série de pesquisas quanto à sua aplicabilidade. No entanto, em função da sua baixa resolução, a qualidade das imagens não possibilita mensurações precisas do sistema de canais radiculares. Assim, iniciaram-se os

trabalhos com foco na microtomografia computadorizada: um método não-invasivo para avaliação completa e precisa do canal radicular em todos os planos.

2.3 A microtomografia computadorizada na avaliação do preparo do canal radicular

Elliott e Dover (1984) foram os primeiros a descrever uma técnica não destrutiva para mostrar o osso tridimensionalmente utilizando microtomografia computadorizada, enquanto Nielsen et al. (1995) avaliaram a validade da micro-CT para o uso na pesquisa endodôntica. Os autores concluíram que esta era uma inovadora ferramenta para a pesquisa nessa especialidade, já que mesmo após a instrumentação ter alterado o dente, todos os dados originais ainda estavam disponíveis para reavaliação. Neste estudo, a tomografia computadorizada foi capaz de mostrar a anatomia dentária interna e externa, registrar as mudanças de área e volume dos tecidos após o preparo e avaliar a presença ou não de transporte do canal radicular. Os autores afirmaram ainda que, além do potencial para a pesquisa, a microtomografia computadorizada se mostrou uma excelente alternativa para o ensino, uma vez que as imagens das estruturas dentais estariam disponíveis para consulta de forma tridimensional.

Rhodes et al. (1999) apresentaram um protótipo de micro-CT para pequenas amostras que mostrou ser preciso, reproduzível e capaz de análise qualitativa e quantitativa de canais radiculares em 3D. Para tanto, dez molares inferiores foram escaneados pré e pós preparo e, posteriormente, as raízes foram seccionadas em cinco regiões pré-determinadas. Imagens das secções transversais foram digitalizadas e, então, comparadas às imagens obtidas com micro-CT. Encontrou-se uma correlação positiva entre ambas, indicando que a micro-CT é um método acurado e não invasivo para estudos relacionados ao sistema de canais radiculares.

Gluskin et al. (2001), utilizando a tomografia computadorizada, compararam o sistema de rotação contínua GT com instrumentos manuais de aço inoxidável, no preparo do canal radicular realizado por estudantes. Um total de 54 canais de 27 raízes mesiais de molares inferiores foi preparado utilizando um dos métodos comparados no estudo. Um canal em cada raiz foi preparado com base na técnica Crown-Down, utilizando limas de aço inoxidável Flexofiles e brocas de Gates Glidden #II e #III no terço cervical. O outro canal foi preparado utilizando o sistema rotatório GT. Foram feitos escaneamentos tomográficos pré e pós-operatórios e os resultados obtidos através da interpretação das imagens. No terço cervical e médio, o sistema GT produziu significativamente um menor desgaste, conduzindo a

um menor índice de transporte do canal no sentido da furca e menor estreitamento da dentina radicular. Quando utilizado o sistema GT também se contabilizou um tempo menor gasto no preparo dos canais. Não houve diferença estatística entre os grupos no terço apical quanto aos aspectos avaliados. Os autores concluíram que a metodologia de avaliação utilizada foi um método não invasivo, que permitiu a fácil mensuração do desgaste das paredes do canal radicular. Entretanto, devido à complexidade anatômica da região apical, foi dificultoso interpretar algumas imagens, o que provavelmente seria solucionado com cortes menores do que 50 μm , melhorando a resolução.

Peters et al. (2001a), utilizaram a micro-CT para comparar às mudanças na geometria dos canais radiculares de molares superiores após o preparo manual com Limas K, e o preparo automatizado com os sistemas de rotação contínua LightSpeed e Profile .04. Foram avaliadas as diferenças, em milímetros, na área de superfície e volume de cada canal, antes e após o preparo. No que se refere ao transporte do canal, os autores encontraram um alto índice de transporte no nível apical em direção ao lado externo da curvatura, com diferença estatística para o grupo preparado pelo Sistema ProFile .04 (50,0 μm), quando comparado com o transporte ocasionado pelas outras duas técnicas: LightSpeed (28,6 μm) e Limas K (10,3 μm). Os autores concluíram que uma maior influência é exercida pela geometria pré-operatória dos canais radiculares, do que pelas técnicas de preparo utilizadas.

Peters et al. (2001b) compararam em outro estudo, também através de reconstruções microtomográficas, os efeitos de quatro técnicas de preparo dos canais de molares superiores, realizados com limas de NiTi dos Sistemas LightSpeed, ProFile .04 e GT-Rotary, e limas Tipo K de NiTi com a técnica da força balanceada manual. Enquanto houve diferença estatística entre os três tipos de canais preparados (mésio-vestibular, disto-vestibular e palatino), poucas diferenças foram encontradas com respeito aos tipos de instrumentos. Em relação ao transporte do canal no terço apical não houve diferença entre as formas de preparo e nem um padrão de direção do transporte de canal.

Hubscher et al. (2003) utilizaram a micro-CT em seu estudo sobre o preparo realizado com o sistema FlexMaster, com resolução de 34 μm . Realizou-se o preparo e novas imagens dos canais foram obtidas, de modo que cada canal serviu como o seu próprio controle. Analisaram-se os preparos de molares superiores humanos extraídos, registrando o volume, a área de superfície e o diâmetro dos canais preparados. Os canais foram avaliados sob o ponto de vista da sua amplitude, amplos ou constrictos, e entre as diferentes raízes. O volume e a área aumentaram significativa e similarmente em todos os canais. O transporte apical foi medido em milímetros e variou de 0,01mm a 0,29 mm, independente do tipo de

canal. Os autores concluíram que foi possível executar preparos em canais achatados e curvos de molares superiores até os tamanhos #40 e #45, sem erros significantes de preparo e que a anatomia do canal radicular teve impacto insignificante nesse estudo.

Peters et al. (2003), com o objetivo de avaliar através da micro-CT, os efeitos da anatomia interna do canal radicular na forma final do preparo, prepararam 11 molares superiores extraídos com o sistema Protaper e avaliaram em 3D o volume, o diâmetro, o transporte do canal e a superfície preparada. Os canais foram divididos em amplos e constrictos. Os canais vestibulares foram preparados até diâmetro apical #25 e o palatino até #30. O volume e a superfície de área aumentaram em todos os canais e não foram detectados erros de procedimento após o preparo do canal. No terço cervical, preparado com brocas de Gates Glidden II e III, notaram-se as maiores alterações em relação à forma original dos canais radiculares. Estatisticamente, não houve diferença quando comparados os grupos “amplos” e “constrictos” ou entre os canais méso-vestibular, disto-vestibular e palatino. Os autores também verificaram que os canais amplos tiveram uma maior quantidade de paredes não tocadas após preparo.

Em sua revisão de literatura sobre os desafios e conceitos do preparo do sistema de canais radiculares, Peters (2004), afirmou que o preparo do canal é adversamente influenciado pela alta variação de anatomia existente e pela relativa inabilidade e impossibilidade dos clínicos em visualizar essas variações através das radiografias. Porém, métodos mais avançados como a micro-CT, baseados em reconstruções tridimensionais, tornaram-se disponíveis para a descrição da geometria do canal e possibilitaram mudanças durante os procedimentos de modelagem. Essa tecnologia permitiu descrições mais completas dos efeitos tridimensionais exercidos na anatomia do canal pelos procedimentos de preparo. Entretanto, até o presente momento, análises mais detalhadas ainda não podem ser realizadas na prática clínica, mas o autor afirma que, não distante, isso se tornará possível.

Swain e Xue (2009), em sua revisão da literatura sobre as aplicações da micro-CT na pesquisa odontológica, afirmaram que, por comparação, a radiografia convencional era limitada por prover imagens bidimensionais que representam a somatória de sobreposições ao longo do trajeto do raio-x. Enquanto os scanners de TC produzem tipicamente imagens compostas de elementos de volume = 1 mm^3 (voxels), os sistemas de micro-CT, tem uma resolução espacial muito melhor, produzindo voxels na faixa de 5-50 μm , ou um volume, aproximadamente, 1.000.000 vezes menor que os voxels da CT convencional. Mais recentemente, sistemas comerciais compactos estão disponíveis, tornando-se componentes essenciais para muitas universidades e laboratórios de pesquisa da indústria. Os autores

colocaram que diferentes partes do dente podem ser reconstruídas tridimensionalmente juntas, assim, tanto a morfologia externa quanto a interna podem ser convenientemente reconstruídas e a relação entre a macromorfologia do complexo coroa-raiz pode ser analisada. Portanto, os autores concluíram que dados de micro-CT podem ser usados como base para estudos da anatomia dos canais, treinamento pré-clínico e como modelos matemáticos da morfologia dentária.

Em outro estudo de avaliação de preparo com uso da micro-CT, Paqué et al. (2009a), avaliaram os 4 mm apicais de 60 molares superiores extraídos e preparados por 6 sistemas diferentes. Os dentes foram escaneados antes e após o preparo realizado com limas FlexMaster, GT-Rotary, Lightspeed, Profile, ProTaper Universal e instrumentos tipo K de NiTi com instrumentação manual. O preparo apical foi realizado até a lima #40 nos canais méso-vestibulares e disto-vestibulares e até a lima #45 no canal palatino, exceto para o sistema GT (#20) e Protaper (#25 no méso-vestibular e disto-vestibular e #30 nos canais palatinos, respectivamente). Os autores encontraram como resultado que todos os canais, independente do tipo, tiveram seu volume aumentado após o preparo e foram encontradas diferenças entre os sistemas utilizados. O sistema GT obteve o menor aumento de volume, enquanto que limas K e Profile mostraram o maior aumento de volume. Todos os canais foram arredondados nos quatro mm apicais. Áreas não tocadas durante a instrumentação variaram de 4% - 100% e foram maiores nos canais méso-vestibulares e palatinos. Os preparos realizados com GT deixaram significativamente maior porcentagem de áreas não tocadas em todos os tipos de canal. Por fim, os autores concluíram que a geometria apical foi afetada de forma diferente pelas seis técnicas utilizadas.

Li et al. (2011) propuseram um estudo inovador, que levou em consideração as variações da anatomia interna para a escolha da técnica de preparo utilizada. Cinco pré-molares, cada um representando um tipo de anatomia interna segundo a classificação de Weine (Tipo I, II, III e IV) e Yoshioka (Tipo V), foram preparados com a técnica manual, utilizando os instrumentos Protaper de NiTi. Imagens microtomográficas foram obtidas antes e após o preparo. Os resultados mostraram que o volume dos canais e a área de superfície aumentaram após a instrumentação, e que os canais preparados de todos os cinco tipos anatômicos estavam mais retilíneos, com transporte do canal voltado para a parte interna das curvaturas. O grupo do tipo II evidenciou o menor índice de áreas não tocadas (27.4%). Enquanto a maior porcentagem de superfície não tocada foi registrada no Tipo I (83%), que consequentemente apresentou o menor aumento de volume após o preparo. Os autores concluíram que as imagens 3D mostraram diferentes mudanças morfológicas nos cinco tipos

de canal preparados com a mesma técnica de instrumentação, e que a técnica de preparo para o sistema de canais de pré-molares deve ser selecionada individualmente, de acordo com a configuração tridimensional de cada dente.

Freire et al. (2012) compararam o preparo obtido em canais curvos realizado com os sistemas rotatórios Twisted File (TF) e EndoSequence (ES). Avaliou-se o índice de centralização do instrumento (IC) e a extensão e direção do transporte do canal a 2, 3,5 e 5mm do ápice radicular, através do método de Bramante Modificado ou da micro-CT. Os autores concluíram que os sistemas TF e ES tiveram resultados semelhantes quanto ao transporte do canal e ao IC, possibilitando a realização do preparo de canais curvos com pouco desvio. Quando comparados sob o aspecto dos métodos de avaliação dos sistemas, na micro-CT o transporte do canal foi menor do que no método de Bramante Modificado.

Narayan et al. (2012) realizaram uma avaliação comparativa das habilidades de limpeza e modelagem de três instrumentos rotatórios de NiTi, utilizando micro-CT e a microscopia eletrônica de varredura. Os instrumentos M-Two, K3 e Race foram examinados quanto à deformação ou fratura durante a instrumentação de canais curvos. Os resultados obtidos foram que nas três técnicas de instrumentação houve partes não instrumentadas em todas as secções dos canais; os terços cervicais e médios mostraram-se mais limpos quando comparados ao terço apical, independente do instrumento e técnica utilizado. O sistema M-two obteve menor quantidade de debris e melhores índices de limpeza e modelagem, com maior ampliação do canal. O sistema K3, por sua vez, apresentou melhor desempenho que as limas Race, tanto no acúmulo de debris, quanto na ampliação do canal.

Zhao et al. (2014), em um estudo que comparou o preparo de molares superiores extraídos realizado com os instrumentos Hyflex CM, Twisted Files e K3, através da micro-CT, também não encontraram diferenças estatisticamente relevantes entre as técnicas utilizadas quanto ao transporte do canal, volume de dentina removido e área não instrumentada. Nesse trabalho, as características da anatomia pré-operatória dos canais mostraram ser preponderantes em relação ao sistema utilizado, quando da avaliação do total da superfície preparada.

Em estudo que levou em consideração os aspectos anatômicos na avaliação de novos sistemas e cinemáticas para o preparo do canal, Iglecias (2014), utilizou a micro-CT como método de análise. Canais mesiais achatados de molares inferiores foram preparados com sistemas oscilatório, recíproco ou rotatório e, posteriormente, obturados com a técnica do cone único ou de ondas contínuas. Os resultados não mostraram diferença estatística significativa no volume de desgaste gerado entre os grupos testados. Para a porcentagem de

superfície não tocada, os grupos oscilatório e rotatório foram estatisticamente superiores do que o recíproco, com exceção do terço apical que foi igual para todos os grupos. A técnica de ondas contínuas de obturação mostrou menor porcentagem de espaços vazios no terço cervical do que a técnica de cone único.

A micromotomografia também foi utilizada para avaliar a presença de debris dentinários remanescentes provenientes da ação dos instrumentos durante o preparo, os pioneiros nessa análise foram Paqué et al. (2009b). Neste estudo, os autores identificaram como debris o material radiopaco presente após instrumentação rotatória ocupando espaço antes preenchido por ar no canal original. Posteriormente, foi realizado teste para confirmar que a matéria identificada se tratava de lascas de dentina, para tanto, uma análise por EDX comparou o valor de cálcio e de fósforo encontrados nos supostos debris com a quantidade presente desses elementos na dentina, confirmando que os debris depositados no canal estavam na forma de pequenas lascas de tecido dentinário.

Utilizando também a micro-CT, Robinson et al. (2013) compararam a quantidade de debris dentinários remanescentes após o preparo com sistema recíprocante cêntrico, WaveOne, ou a sequencia rotatória, Protaper, em canais mesiais de molares inferiores. Como resultado obtiveram que após o preparo com instrumento recíprocante, em média, 19,5% de debris permaneceram nos canais, o que foi estatisticamente diferente dos instrumentos rotatórios, que produziram média de 10,6% de debris. Quanto à distribuição do material, os autores concluíram que áreas de irregularidades anatômicas, ramificações e istmos foram com frequência regiões de acúmulo de debris dentinários.

Freire et al. (2015), também por meio da micro-CT, tiveram objetivo de quantificar debris dentinários após o preparo químico-cirúrgico (PQC) de canais curvos, comparando a remoção desses debris alcançada com a Irrigação Ultrassônica Passiva (IUP) ou o sistema EndoVac. Os autores avaliaram também a qualidade da obturação dos mesmos canais, mensurando o volume de material obturador e de espaços vazios. Vinte e quatro raízes mesiais de molares inferiores foram divididos aleatoriamente em 2 grupos (n=12), em função do método de irrigação final utilizado. Após o PQC, os grupos receberam complementação da irrigação final com IUP ou EndoVac e, em seguida, foram obturados pela técnica termoplástica de ondas contínuas de condensação. As análises de micro-CT evidenciaram debris remanescentes nos canais radiculares, ocupando uma porcentagem média em relação ao volume do canal de 2,71% para o grupo IUP e 4,10% para o grupo EndoVac. Os autores não encontraram diferença estatística entre os grupos quanto à remoção de debris dentinários, nem em relação ao volume de material obturador e de espaços vazios.

Quanto aos trabalhos que fizeram uso da micro-CT na avaliação do preparo realizado com associação do movimento recíprocante e uso de lima única, Kim et al. (2013) compararam os preparos obtidos em molares superiores extraídos pela lima F2 da Sequência Protaper e a lima Wave One Primary, ambas utilizadas após realização de glidepath com lima K #10 e #15 no comprimento de trabalho. Nos resultados, encontraram que não houve diferenças estatísticas entre os sistemas comparados quanto às mudanças do volume, a área de superfície e o transporte do canal. Ambos os instrumentos se mostraram capazes de realizar com segurança o preparo de molares superiores utilizando movimento recíprocante. Porém, a análise com microscopia de varredura, evidenciou o início de micro trincas em seis dos dez instrumentos F2 utilizados, enquanto que das dez limas WaveOne, apenas uma mostrou formação de micro trincas após a realização do preparo. Isso pode ser devido a liga M-wire utilizada na fabricação dos instrumentos WaveOne ou ao design da lima, que é próprio para uso sob movimento recíprocante.

Para análise do desvio apical gerado pelo uso dos instrumentos ProTaper, Race e EZ-Fill Safesider (EDS- USA), Ceyhanli et al. (2014), também utilizaram a micro-CT como ferramenta de análise. Trinta raízes mesiais de molares inferiores foram escaneadas antes e após o preparo. Para a análise dos resultados, as imagens foram sobrepostas a 4, 3, 2 e 1 mm do ápice radicular e, assim, chegou-se ao valor de desvio apical de acordo com o método proposto por Gambill et al. (1996). O sistema recíprocante Safesider gerou significativamente maior transporte do canal a 1 mm do ápice do que os outros dois sistemas NiTi e mais do que o sistema RaCe a 2 mm. Os instrumentos ProTaper causaram maior transporte do canal do que os instrumentos RaCe em 3mm do ápice radicular. Os autores concluíram que os sistemas de instrumentação de NiTi mostraram uma melhor capacidade de centralização do que o sistema recíprocante Safesider de aço inoxidável.

Peters et al. (2015) utilizaram imagens de micro-CT para testar os efeitos dos sistemas TRUShape e Vortex no preparo de molares inferiores. Os vinte dentes selecionados foram submetidos a micro-CT pré e pós-operatória. As amostras foram alocadas aleatoriamente em 2 grupos e as seguintes variáveis foram avaliadas: volume dentinário, menor espessura de parede radicular remanescente, superfície tratada do canal, transporte do canal e acúmulo de debris. Ambos os instrumentos promoveram o preparo sem erros processuais e nos resultados, encontrou-se que o grupo da lima Vortex removeu significativamente mais dentina. Enquanto o grupo TRUShape preservou mais dentina radicular em direção a furca. Quanto à área não tratada, não houve diferença significativa entre os sistemas, porém, nos dois grupos, a área tratada aumentou quando o diâmetro da lima

final aumentou de #20 para #30. Os resultados gerais de transporte do canal foram significativamente menores para TRUShape. Portanto, os autores concluíram que TRUShape forneceu maior conservação da dentina radicular, com ausência de transporte substancial do canal. No entanto, o uso de TRUShape nos canais mesiais dos molares inferiores não resultou em menor superfície do canal não preparada.

De-Deus et al. (2015a), realizaram estudo com objetivo de comparar a área não tocada em canais radiculares preparados com diferentes ampliações. Para tanto, utilizaram dois sistemas reciprocantes (Reciproc e WaveOne) e um sistema rotatório convencional (BioRaCe) na realização do preparo, analisando os resultados com base na micro-CT. Trinta raízes mesiais de molares inferiores com curvatura foram selecionadas e escaneadas em uma resolução isotrópica de 14,16 μm , pré e pós instrumentação com tamanhos 25 e 40. Dividiu-se a amostra em 3 grupos ($n=10$) de acordo com o sistema utilizado. Os autores obtiveram que o sistema de instrumentação utilizado não influenciou o percentual de superfícies não tocadas dos canais radiculares, enquanto que uma redução significativa no percentual de voxels estáticos foi encontrada após o alargamento apical do conduto. Portanto, nenhum dos sistemas foi capaz de preparar toda a superfície dos canais testados, mas o aumento do tamanho final apical resultou em melhora na capacidade de modelar dos sistemas testados.

Também utilizando a micro-CT como metodologia de avaliação, Marceliano-Alves et al. (2015) investigaram mudanças na geometria 2D e 3D dos canais mesiais de molares inferiores e a capacidade de centralização do preparo de diferentes sistemas. Sessenta e quatro canais mesiais de molares inferiores foram pareados anatomicamente e distribuídos em quatro grupos experimentais ($n = 16$), de acordo com a técnica de preparação do canal: Reciproc, WaveOne, Twisted File e sistemas HyFlex CM. Mudanças em vários parâmetros morfológicos 2D (área, perímetro, fator de forma, circularidade, menor e maior diâmetro) e 3D (volume, área de superfície, SMI), bem como o transporte do canal, foram comparados com os valores pré-operatórios. A modelagem dos canais aumentou significativamente os valores de todos os parâmetros testados nos grupos experimentais. Não foram observadas diferenças entre os grupos quanto a mudanças no volume, área de superfície, SMI, fator de forma e arredondamento do canal após a preparação. Por fim, os autores concluíram que mudanças nos parâmetros 3D não foram diferentes entre os grupos enquanto, os sistemas Twisted File e HyFlex CM conseguiram manter a anatomia original do canal com menor transporte do canal do que Reciproc e WaveOne.

Zuolo et al. (2017b), em estudo que também avaliou características relativas ao preparo de canais com micro-CT, porém, com foco na possibilidade de ocorrência de micro-

trincas dentinárias decorrentes dessa etapa, utilizaram os sistemas TRUShape e Self-Adjusting File (SAF) para modelagem dos condutos. Um sistema rotatório convencional (BioRace) e um sistema reciprocante (Reciproc) foram utilizados como técnicas de referência para comparação devido à sua eficiência de corte já conhecida. Para tanto, quarenta incisivos inferiores foram selecionados e escaneados com uma resolução de 14,25 μm , e divididos em quatro grupos experimentais ($n = 10$): TRUShape, SAF, BioRace e Reciproc. Após os procedimentos experimentais, os espécimes foram novamente escaneados, e as secções pré e pós-operatórias foram selecionadas para identificar a presença de micro-trincas dentinárias. No geral, foram observados defeitos dentinários em 28.790 imagens de seção transversal (41,11%). No TRUShape, SAF, Grupos BioRace e Reciproc, micro-trincas dentinárias foram visualizadas em 56,47% ($n = 9842$), 42,38% ($n = 7450$), 32,90% ($n = 5826$) e 32,77% ($n = 5672$) dos cortes, respectivamente. Porém, todos os defeitos dentinários observados nos conjuntos de dados pós-operatórios já estavam presentes nas imagens pré-operatórias correspondentes. Concluiu-se, então, que nenhum dos sistemas de preparação induziu a formação de novas micro-trincas dentinárias.

Com intuito de avaliar a centralização do preparo (CR), as diferenças de volume do canal e o transporte apical (AT), Zanescio et al. (2017) utilizaram molares inferiores *ex vivo* preparados com instrumentos reciprocantes (Reciproc – VDW, Munich, Germany), manuais K-File (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland) ou rotatórios (ProTaper Next - Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland), tendo a micro-CT e a subtração radiográfica digital (DSR) como ferramentas de análise. Na avaliação do transporte apical pelo método radiográfico, foi selecionada a região de 1 mm do ápice, enquanto que a análise microtomográfica foi realizada a 1, 4 e 7 milímetros do ápice radicular, bem como na totalidade do canal. Os resultados mostraram similaridade entre os protocolos utilizados, já que os valores de AT, VI e CR foram estatisticamente semelhantes em todos os grupos em 1, 4 e 7 mm do ápice. O valor de CR, por sua vez, apresentou valores estatisticamente mais baixos a 1 mm do ápice radicular, quando comparado aos outros níveis, para todos os sistemas. Ambas as metodologias de análise, DSR ou micro-CT, mostraram que AT ocorreu sempre na área externa da curvatura do canal e, como não houve diferença estatística entre os valores obtidos de AT com as duas metodologias, os autores concluíram que o método DSR foi tão eficaz quanto a imagem de micro-CT em avaliar AT a 1mm do ápice e poderia ser considerado como um método alternativo para estudo desse parâmetro específico.

A tecnologia de micro-CT tem sido amplamente utilizada para avaliar a superfície do canal radicular não preparada. Numerosos estudos revelaram que uma quantidade importante

da área de superfície do canal principal permanece sem ser tocada após o preparo, especialmente em canais ovais, independentemente do instrumento usado. Áreas não tocadas foram sugeridas como possíveis portadores de biofilmes bacterianos e remanescentes de tecido pulpar. Isto foi confirmado pelo estudo de Siqueira et al. (2017) que avaliaram as condições morfológicas das superfícies dos canais não instrumentados; usando uma correlação entre a micro-CT e a abordagem microscópica. Os autores relataram que, com exceção da porção coronal de canais com polpas vitais, a maioria das áreas não instrumentadas de dentes vitais e com polpa necrótica continham remanescentes de tecido e / ou bactérias.

Assim, conforme referenciado neste capítulo, as inovações propostas nas metodologias de avaliação possibilitaram reflexões importantes no âmbito do preparo químico cirúrgico e dos sistemas utilizados nessa etapa do tratamento endodôntico. Diante dos persistentes desafios evidenciados nos trabalhos, deve-se continuar quantificando e qualificando a modelagem do sistema de canais radiculares em busca de melhorias, levando ao desenvolvimento de novas pesquisas, como o presente estudo.

3 PROPOSIÇÃO

O objetivo desta pesquisa foi avaliar, com auxílio da micro-CT, o resultado do preparo químico cirúrgico de canais mesiais de molares inferiores realizado por dois sistemas mecanizados, o reciprocante cêntrico - Reciproc (VDW) e o rotatório excêntrico - XP-endo Shaper (FKG), quanto aos seguintes parâmetros: alterações do volume de dentina e do canal, paredes não tocadas, acúmulo de debris e desvio do canal radicular.

A hipótese de nulidade é que o movimento realizado pelos sistemas, reciprocante cêntrico ou rotatória excêntrico, seu design e características de fabricação, não influenciam no resultado do preparo de canais mesiais de molares inferiores.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 MATERIAL

24 molares extraídos – doados pelo Banco de dentes da Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo (FOUSP);

Agulha de Irrigação NaviTips (Ultradent, South Jordan, UT, USA);

Brocas Endo Z (Dentisply, Sirona. Ballaigues, Suíça);

Caneta de alta Rotação (Kavo do Brasil, Joinville/SC);

Capillary Tips (Ultradent, South Jordan, UT, USA);

Copos de isopor 50ml (Altacoppo, Carapicuíba/Sp);

Cones de Papel Absorvente R25 e 30.04 (VDW GmbH – Munique, Alemanha);

Cuba ultrassônica (Cristófoli, Paraná, Brasil);

EDTA (Fórmula & Ação, São Paulo/SP);

Espelho clínico Front Surface (SS White)

Explorador de Ponta Reta (SS White, São Paulo/SP);

Hipoclorito de Sódio (NaOCl) a 2,5% (Fórmula & Ação, São Paulo/SP);

Instrumentos rotatórios XP-Endo Shaper (FKG Dentaire, La Chaux-de-Fonds, Switzerland);

Instrumentos R25 (VDW GmbH – Munique, Alemanha);

Limas manuais K-file #8, #10, #15 (Dentisply, Sirona. Ballaigues, Suíça);

Microscópio Operatório (DFVasconcelos, Rio Janeiro/RJ);

Micrótomo de tecido duro (Extec Labcut 1010, Tokio/Japão);

Microtomógrafo de Raios x 1176 (SkyScan, Kontich/Bélgica);

Motor Elétrico VDW Silver (VDW GmbH – Munique, Alemanha);

Pontas esféricas diamantadas 1014 HL (KG Sorensen, São Paulo/SP);

Pontas diamantadas 3083 (KG Sorensen, São Paulo/SP);

Programa CTan (SkyScan, Kontich/Bélgica);

Programa CTvol (SkyScan, Kontich/Bélgica);

Programa DataViewer (SkyScan, Kontich/Bélgica)

Régua Milimetrada Endodontica (Dentisply, Sirona. Ballaigues, Suíça);

Resistência elétrica para aquecimento de água (sem marca)

Seringas plásticas 5 ml (Ultradent, South Jordan, UT, USA);

Silicone de condensação (Optosil, Heraeus-Kulzer, Alemanha);

Termomêtro culinário digital (Tramontina, RS).

4.2 MÉTODOS

O presente estudo foi realizado no laboratório do Departamento de Dentística da Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo e no Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, mediante a prévia aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo CAEE: 77624917.0.0000.0075 (Anexo A).

Todos os procedimentos foram realizados pelo mesmo operador, especialista em Endodontia com mais de cinco anos de experiência.

4.2.1 Seleção dos dentes

Foram selecionados 24 molares inferiores permanentes humanos que respeitavam os critérios de inclusão e exclusão, verificados através de exame micro-tomográfico prévio (Equipamento SkyScan 1176): ápice formado, câmara pulpar intacta, ausência de lesão de cáries, trincas, reabsorções, calcificações e tratamento endodôntico prévio. Foram selecionadas raízes mesiais com curvatura moderada, entre 25° e 35° (Schneider, 1971), com dois canais terminando em forame único (Tipo II, Vertucci, 1984). Os canais cuja patência não foi conseguida após a cirurgia de acesso foram excluídos do experimento e substituídos.

Para padronização das amostras, foi realizado o pareamento dos espécimes, após escaneamento inicial por microtomografia computadorizada, de acordo com as semelhanças anatômicas e o volume inicial do canal radicular.

Os espécimes selecionados foram limpos em cuba ultrassônica e acondicionados em potes de vidro com solução salina 0,9% até o início do experimento.

4.2.2 Preparo das amostras e Divisão dos grupos

Os dentes tiveram seu tamanho padronizado em 18 mm, através do nivelamento de suas superfícies oclusais, utilizando-se um disco de diamante acoplado a um micrômetro de tecido duro.

Realizou-se a cirurgia de acesso com pontas diamantadas esféricas 1014 HL em alta rotação até que a entrada dos canais pudesse ser visualizada. Em seguida, utilizou-se a ponta 3083 também em alta rotação, para aplainamento das paredes internas da câmara pulpar.

A exploração inicial foi feita com instrumento do tipo K #10 e o comprimento de trabalho determinado quando a extremidade deste mesmo instrumento fosse visível no forame apical, com auxílio de microscópio clínico operatório em 8 aumentos. O valor do comprimento de trabalho (CT) foi fixado subtraindo-se 1 mm dessa medida.

Os canais mesiais foram então divididos aleatoriamente em dois grupos de acordo com o sistema utilizado para o preparo, sendo:

Grupo I) Reciproc (n=12): instrumento Reciproc R25

Grupo II) XP-Shaper (n=12): instrumento XP-endo Shaper

4.2.3 Exames Microtomográficos

Os dentes foram escaneados antes (PRÉ) e após (PÓS) o preparo do canal radicular, utilizando-se o Microtomógrafo de raios-X SkyScan 1176 (Figura 4.1), localizado no laboratório de Microtomografia do Instituto de Biologia da Universidade de São Paulo.

Figura 4.1 - Microtomógrafo de raios-X SkyScan 1176

Fonte: Manual SkyScan 1176

Para garantir que os espécimes estivessem na mesma posição durante a aquisição das imagens, a face vestibular dos dentes foi marcada com esmalte de unha vermelho. Em seguida, os dentes foram posicionados sobre o suporte para amostras em isopor e levados à cama de fibra de carbono do microtomógrafo (Figura 4.2), o mais próximo possível do eixo central de rotação, evitando-se também qualquer movimento durante o escaneamento.

Os espécimes foram escaneados com 90 kV, 278 μ A, 180° de rotação, e a 0.5° passo de rotação, resultando em imagens com voxel de 17.42- μ m (Freire et al. 2015). Após a

aquisição das imagens, o programa NRecon foi utilizado para reconstrução das secções transversais. Os parâmetros utilizados para a aquisição e reconstrução estão detalhados no Anexo B e C, respectivamente.

Figura 4.2 - Posicionamento dos espécimes. A: Cama de fibra de carbono do microtomógrafo; B: Espécimes posicionados no suporte para amostra em isopor, com face vestibular marcada em vermelho

Fonte: a autora

4.2.4 Preparo Químico Cirúrgico

Para a realização do PQC, os dentes foram inseridos até a região de furca com silicona de condensação, com intuito de reter o irrigante intracanal, evitando extravasamento pelo forame apical.

O preparo dos canais radiculares de todos os grupos foi realizado pelo mesmo operador.

4.2.4.1 Grupo Reciproc R25 (REC) (n=12)

Os canais mesiais dos 12 dentes selecionados para esse grupo foram preparados utilizando o instrumento Reciproc R25 (Figura 4.3), que possui ponta 0,25 mm e conicidade 0,8 mm – 25/0.8 em movimento recíprocante, de acordo com as orientações do fabricante. Vale lembrar que essa é a conicidade nos primeiros 3 mm do instrumento. Em D16, o instrumento R25 apresenta conicidade: 1.05 mm. Os instrumentos foram adquiridos em

blisters estéreis e descartados após uso único. O acionamento do instrumento R25 foi realizado com motor elétrico VDW - Silver ajustado para “Reciproc All”, acoplado ao contra-ângulo Sirona 6:1 de acordo com as instruções do fabricante. A lima foi acoplada ao contra-ângulo que operou em movimento reciprocante, levando 3 ciclos reciprocantes para rotacionar 360° (VDW Website). A cada três movimentos com leve pressão em direção apical e máxima amplitude de 3mm, o instrumento era removido, limpo com gaze umedecida em NaOCl 2,5% e o canal irrigado com a mesma substância, utilizando o método convencional com seringa e agulha de 30G. A agulha foi posicionada o mais apicalmente possível sem prender-se às paredes radiculares; totalizando um volume de 40mL de NaOCl 2,5% em cada amostra. O protocolo foi repetido até que os instrumentos R25 alcançassem o comprimento de trabalho, através de movimentos de avanço e recuo realizados com leve pressão apical. Finalizada essa etapa, realizou-se a irrigação final de acordo com Freire et al. (2015), utilizando 5mL de EDTA (17%), que permaneceu no canal por 3 minutos, seguido de nova irrigação com NaOCl 2,5%. Em seguida os canais foram secos com auxílio de cânulas de aspiração de pequeno calibre (capillary tip – Ultradent) e cones de papel estéreis R25.

Figura 4.3 - Preparo com o sistema Reciproc

Fonte: a autora

4.2.4.2 Grupo XP-endo Shaper (XPS) (n=12)

Os canais mesiais dos 12 dentes selecionados para esse grupo foram preparados utilizando-se o instrumento XP-endo Shaper (XPS) #30/.01 em movimento rotatório contínuo excêntrico, com 800 rpm e torque 1 Ncm. O acionamento do instrumento foi realizado com motor elétrico VDW – Silver, ajustado para movimento rotatório contínuo, acoplado ao contra-ângulo Sirona 16:1 de acordo com as instruções do fabricante.

Para que a XPS realize preparo do canal radicular compatível com um instrumento 30/.04 é necessário que esteja na fase austenítica, a no mínimo 35°C, onde assume uma forma pré-determinada que lhe confere capacidade de expansão dentro do canal radicular, conforme mostra a figura 4.4, permitindo sua cinemática excêntrica.

Para tanto, o irrigante utilizado, NaOCl 2,5%, foi mantido em banho maria a 37°C (Figura 4.5) simulando a temperatura corpórea, com temperatura mantida por um aquecedor elétrico e controlada por termômetro culinário digital. Ainda para assegurar que o instrumento assumisse sua forma pré-determinada, os dentes foram preparados dentro de recipiente com água a 37°C. (Figura 4.6).

Figura 4.4 - A esquerda: XP-endo Shaper em *M-phase*, a 20°C. A direita: XP-endo Shaper em *A-phase*, a 37°C, com sua forma semi-circular pré-determinada

Fonte: a autora

Figura 4.5 - Irrigante em banho maria a 37°C

Fonte: a autora

Figura 4.6 - A esq: Preparo com XPS imerso em água a mais que 37°C. A dir: aquecedor elétrico e termômetro digital

Fonte: a autora

Seguindo as orientações do fabricante, antes da utilização do instrumento XPS, foi realizado glidepath, até que o instrumento manual tipo K #15.02 atingisse o comprimento de trabalho. A ponta do XPS era inserida no interior do canal (Figura 4.7) e, em seguida, recuava-se ligeiramente para acionar a rotação. O canal e a câmara pulpar estavam sempre preenchidos pelo irrigante NaOCl 2,5% aquecido e, através de movimentos suaves de vai e vem, progredia-se lentamente até que o instrumento atingisse o comprimento de trabalho. Quando o CT não era alcançado após 3 a 5 movimentos, o processo era interrompido, irrigava-se o canal, o glidepath era realizado novamente com instrumentos manuais e reiniciava-se o procedimento com XPS. Quando o CT era atingido, realizavam-se 10 movimentos suplementares de vai e vem longos, até o comprimento de trabalho.

A cada nova inserção do instrumento os canais eram irrigados com 5 ml de NaOCl 2,5% aquecido, utilizando-se seringa e agulha Navitip 30G, sendo o volume total de 40 ml.

Após o preparo, os canais mesiais foram irrigados com 5 ml de EDTA 17% e 5 ml de NaOCl 2,5%.

Em seguida, foram secos com auxílio de cânulas de aspiração Capillary Tip (Ultradent) e cones de papel estéreis 30.04 (VDW) estando aptos, então, para o segundo escaneamento microtomográfico.

Figura 4.7 - Preparo com XPS realizado em água a 37C° com motor VDW Silver

Fonte: a autora

4.2.5 Metodologia de Avaliação e Análise das Imagens

Após a reconstrução das imagens tomográficas dos dois escaneamentos, o programa DataViewer (Bruker microCT) foi utilizado para o registro dos conjuntos de imagens, a fim de alinhá-los geometricamente na mesma posição espacial utilizando a função 3D registration (Figura 4.8). Obteve-se como resultado um novo registro de dados das imagens pré (referência) e pós (target), agora salvas em novas pastas.

Figura 4.8 - Corregistro das imagens no programa DataViewer. A: Conjunto de imagens referência (ref) e Conjunto de imagem alvo (tar) desalinhados; B: Dois conjuntos de imagens alinhados geometricamente (diff)

Fonte: a autora

Posteriormente, o registro das imagens foi aberto no programa CTAn v.1.16.1 (Bruker micro-CT) e foram determinados o TOP (o corte mais cervical, próximo ao orifício de entrada do canal radicular) e o BOTTOM (o corte mais apical onde ainda se identificava a presença do canal). Com TOP e BOTTOM pré-determinados, selecionou-se a região de interesse da imagem (ROI), no caso desse trabalho, a raiz mesial e o novo dataset foi salvo com o novo volume de interesse (Figura. 4.9)

Figura 4.9 - Novo volume de interesse (raiz mesial) carregado no programa cTAn

Fonte: a autora

A etapa seguinte foi a binarização da imagem inicial, ou seja, sua transformação em uma imagem branca e preta através de ajustes dos valores de histograma, de modo que a imagem binarizada fosse fiel à original quanto ao volume de dentina e espaço do canal. Essa etapa é necessária para reconhecimento de cada estrutura a ser avaliada em um histograma de densidade, processo conhecido como binarização ou segmentação. O resultado foi uma imagem binária composta por pixels pretos representando os espaços vazios, ou brancos, identificando a estrutura de interesse (Figura 4.10).

Figura 4.10 - Binarização do objeto (dentina) através de histograma de densidade, a direita

Fonte: a autora

Utilizando a opção *custom processing* criaram-se listas de tarefas, *task lists* (Figura 4.11), para executar funções matemáticas com objetivo de processar de maneira personalizada as imagens do canal radicular, da dentina, dos debris dentinários e superfície não tocada, resultando, por fim, na análise volumétrica, do canal total e por terços, e no modelo 3D das

estruturas estudadas. Assim, foram criadas listas padronizadas para segmentar as imagens de acordo com objeto estudado (Anexo C e D).

Figura 4.11- *Task list* para segmentação da dentina e do canal radicular

Fonte: a autora

Tanto a formação de debris dentinários, como a identificação de áreas não tocadas do sistema de canais radiculares foram considerados. A presença de material com densidade similar à dentina nas imagens pós-preparo, em regiões previamente ocupadas por ar no espaço do canal pré-operatório representaram os debris dentinários (Figura 4.12), os quais puderam ser quantificados pela intersecção entre as imagens antes e depois do preparo do canal, de acordo com o proposto por Freire et al. (2015).

Figura 4.12 - Binarização dos debris dentinários remanescentes após preparo de acordo com Freire et al. (2015). A: Canais mesiais após preparo; B: Imagem binarizada do canal pré-preparo; C: Sobreposição de A e B; D: Intersecção de A e B = debris dentinários binarizados, determinados pela presença de material com densidade semelhante a da dentina nas imagens pós-preparo, em regiões que anteriormente estavam ocupadas por ar no espaço do canal pré-operatório (seta em azul em A)

Fonte: a autora

A porcentagem de debris dentinários produzidos após o preparo foi calculada utilizando a seguinte fórmula: $\frac{\text{volume de debris POS}}{\text{volume do canal pós sem debris}} \times 100$

volume do canal pós sem debris

O volume da região estudada foi mensurado individualmente para cada terço do canal radicular: cervical, médio e apical e esses valores somados representavam o volume total da estrutura. A mudança do volume do canal radicular foi calculada subtraindo-se os valores dos canais preparados daqueles dos canais antes do preparo.

A porcentagem de aumento do volume (% Δ) foi obtida através da fórmula que utilizou os dados antes (A) e após (D) o preparo dos canais:

$$\% \Delta = (A * 100 / D) - 100$$

A área de superfície não tratada também foi analisada por terços (dividindo-se o comprimento do canal em mm do TOP até o BOTTOM por três, obtendo-se o comprimento de cada terço), e a soma desses valores resultou na superfície total não tratada.

A análise quantitativa das superfícies não preparadas foi feita através da sobreposição das imagens das secções transversais do canal radicular antes e após o preparo do mesmo, como mostra a figura 4.13. O cálculo da superfície não preparadas foi realizado pela subtração do número total de voxels da superfície pelo número de voxels estáticos da superfície preparada.

Figura 4.13 - Sequência para identificação da superfície não tratada, onde: A - Imagem original raiz mesial pré-preparo; B - Imagem binarizada da raiz mesial pré-preparo. C - Imagem binária do canal pré-preparo; D - Imagem original raiz mesial pós preparo; E - Imagem binarizada da raiz mesial pós preparo; F - Imagem binária do canal pós preparo; G - Sobreposição da imagem binária do canal pré (azul) e pós (vermelho), onde aparece em branco a região não tocada durante preparo (setas amarelas); H - Subtração dos canais pré e pós preparo, restando a área não tratada (setas amarelas)

Fonte: a autora

Utilizando o programa CTAn, obteve-se o valor da superfície inicial da parede radicular em mm² (SI) e o valor da superfície não tratada (S). A porcentagem de superfície não tratada em relação a superfície inicial foi calculada de acordo com a fórmula:

$$\% S = (S * 100 / SI) - 100$$

Também foi analisado o transporte do canal radicular no terço apical após a instrumentação, sendo esse definido como o desvio do eixo central do conduto. Para essa avaliação o programa CTAn mensurou o centro de gravidade do canal radicular em cada secção transversal obtidas pela micro-CT, apresentando os valores para x, y e z (planos sagital, coronal e transversal) conforme figura 4.14. Por este método, o desvio é avaliado com a obtenção da distância, em mm, entre o centro de gravidade em cada corte das imagens pré (x1, y1 e z1) e pós-operatórias (x2, y2 e z2). Essa distância de acordo com Ventura (2017), através da fórmula: $D^2 = (x1-x2)^2 + (y1-y2)^2 + (z1-z2)^2$

Figura 4.14 - Valores para x, y e z em cada secção do terço apical

```
File name,Z position,Number of objects,Total ROI area,Object area,Percent object area,Total ROI perimeter,Object perimeter,Object perimeter
,Pos.Z,Obj.N,T.Ar,Obj.Ar,Obj.Ar/T.Ar,T.Pm,Obj.Pm,Obj.Pm/Obj.Ar,Av.Obj.Ar,Av.Obj.ECda,SCv.I,Eu.N,Po.N(c1),Po.Ar(c1),Po.Pm(c1),Po(c1),Po.Ar(o
,mm,,mm^2,mm^2,%,mm,mm,1/mm,mm^2,mm,1/mm,,mm^2,mm,%,mm^2,mm^2,%,mm,mm,mm^4,mm^4,mm,mm,mm,mm^4,mm^4,mm^4,mm^4,mm^4,mm,mm,1/mm,,mm,
16pos_rec_tar_voi_mesial_pos_voi_centroide sup0483.bmp,8.41449,,,,,,,,,,,,,,,,,1.37094,1.08494,,,,,,,,,,,,,,,,,
16pos_rec_tar_voi_mesial_pos_voi_centroide sup0482.bmp,8.39707,,,,,,,,,,,,,,,,,1.39916,1.05830,,,,,,,,,,,,,,,,,
16pos_rec_tar_voi_mesial_pos_voi_centroide sup0481.bmp,8.37964,,,,,,,,,,,,,,,,,1.40625,1.05192,,,,,,,,,,,,,,,,,
16pos_rec_tar_voi_mesial_pos_voi_centroide sup0480.bmp,8.36222,,,,,,,,,,,,,,,,,1.40256,1.04820,,,,,,,,,,,,,,,,,
16pos_rec_tar_voi_mesial_pos_voi_centroide sup0479.bmp,8.34480,,,,,,,,,,,,,,,,,1.40210,1.04670,,,,,,,,,,,,,,,,,
16pos_rec_tar_voi_mesial_pos_voi_centroide sup0478.bmp,8.32738,,,,,,,,,,,,,,,,,1.39386,1.03575,,,,,,,,,,,,,,,,,
16pos_rec_tar_voi_mesial_pos_voi_centroide sup0477.bmp,8.30996,,,,,,,,,,,,,,,,,1.39303,1.03370,,,,,,,,,,,,,,,,,
16pos_rec_tar_voi_mesial_pos_voi_centroide sup0476.bmp,8.29254,,,,,,,,,,,,,,,,,1.38813,1.03111,,,,,,,,,,,,,,,,,
16pos_rec_tar_voi_mesial_pos_voi_centroide sup0475.bmp,8.27512,,,,,,,,,,,,,,,,,1.38153,1.02927,,,,,,,,,,,,,,,,,
16pos_rec_tar_voi_mesial_pos_voi_centroide sup0474.bmp,8.25770,,,,,,,,,,,,,,,,,1.37919,1.02818,,,,,,,,,,,,,,,,,
16pos_rec_tar_voi_mesial_pos_voi_centroide sup0473.bmp,8.24027,,,,,,,,,,,,,,,,,1.37429,1.02623,,,,,,,,,,,,,,,,,
16pos_rec_tar_voi_mesial_pos_voi_centroide sup0472.bmp,8.22285,,,,,,,,,,,,,,,,,1.37427,1.02471,,,,,,,,,,,,,,,,,
16pos_rec_tar_voi_mesial_pos_voi_centroide sup0471.bmp,8.20543,,,,,,,,,,,,,,,,,1.37054,1.02264,,,,,,,,,,,,,,,,,
16pos_rec_tar_voi_mesial_pos_voi_centroide sup0470.bmp,8.18801,,,,,,,,,,,,,,,,,1.36553,1.02010,,,,,,,,,,,,,,,,,
16pos_rec_tar_voi_mesial_pos_voi_centroide sup0469.bmp,8.17059,,,,,,,,,,,,,,,,,1.36414,1.01882,,,,,,,,,,,,,,,,,
```

Fonte: a autora

Foram realizados gráficos 3D com o software online Graph Maker Ploty para qualificar o transporte através de obtenção de uma linha conectando os centros de gravidade em cada secção ao longo eixo da raiz. A seguir as linhas pré e pós-operatórias de cada canal (mésio-vestibular e mésio-lingual) foram sobrepostas mostrando o transporte no gráfico (Figura 4.15).

Figura 4.15 - Gráfico do desvio apical - Amostra 16, grupo XPS. As linhas verde escura e verde clara representam o canal méso-vestibular pré e pós preparo, respectivamente. As linhas laranja e azul representam o longo eixo do canal pré e pós-operatório, respectivamente

Fonte: a autora

4.2.6 Análise estatística

Os dados coletados foram tabulados para a realização da análise estatística dos resultados. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software GraphPad Prism 7 (GraphPad Software Inc., La Jolla, EUA) e os resultados considerados significativos quando $p < 0,05$.

A análise de aderência foi realizada por meio do teste de Kolmogorov-Smirnov com intervalo de significância de 5% ($\alpha=0,05$). Para os volumes iniciais e finais de dentina, volume e percentual volumétrico de dentina removida após o preparo químico-cirúrgico, volume inicial e final do canal e volume e percentual volumétrico do aumento do canal radicular, observou-se distribuição normal e homogeneidade das variâncias, sendo utilizado o Teste t de student para analisar as hipóteses experimentais. Para os demais dados observou-se distribuições não-normais ou heterogeneidade das variâncias entre os grupos analisados, optando-se pela realização de teste não-paramétrico numérico (Mann-Whitney). Todas as análises foram realizadas com nível de significância de 5%.

5 RESULTADOS

Os resultados encontrados foram divididos de acordo com o parâmetro avaliado.

5.1 Volume de dentina

As médias para os volumes iniciais e finais de dentina e valores, em mm³ e percentuais, médios de dentina removida estão expressos na tabela 5.1. Estes valores foram calculados para o canal como um todo, assim como para cada terço da raiz – cervical, médio e apical. Não houve diferença significativa entre os volumes iniciais de dentina, o que confirma o pareamento anatômico realizado para seleção das amostras. Quanto ao volume de dentina final e removido, também não houve diferença estatística entre os grupos ($p>0,05$).

Tabela 5.1 - Volumes iniciais e finais de dentina, volume e percentual volumétrico de dentina removida após preparo do canal radicular com os Sistemas Testados (médias e desvios-padrão)

	Região	XP-endo SHAPER	RECIPROC
Volume de dentina inicial (mm³)	Total	167,763 ± 45,265	170,179 ± 34,983
	Cervical	87,907 ± 21,760	85,810 ± 16,827
	Médio	56,954 ± 15,901	56,684 ± 12,055
	Apical	22,412 ± 9,418	28,184 ± 10,124
Volume de dentina final (mm³)	Total	162,722 ± 44,884	164,126 ± 34,800
	Cervical	85,175 ± 21,177	82,447 ± 16,302
	Médio	55,810 ± 15,887	54,711 ± 12,337
	Apical	21,477 ± 9,567	27,352 ± 10,174
Volume de dentina removida (mm³)	Total	5,041 ± 2,260	6,052 ± 1,982
	Cervical	2,732 ± 1,322	3,362 ± 0,954
	Médio	1,144 ± 0,768	1,973 ± 0,843
	Apical	0,934 ± 1,052	0,832 ± 0,569
Volume de dentina removida (%)	Total	3,154 ± 1,594	3,678 ± 1,323
	Cervical	3,094 ± 1,251	3,945 ± 1,005
	Médio	2,139 ± 1,521	3,744 ± 2,012
	Apical	4,999 ± 6,161	3,294 ± 2,292

- Teste t de Student

Fonte: a autora

5.2 Volume do canal

As médias para os volumes iniciais e finais do canal e valores percentuais médios do aumento do volume do canal para cada grupo experimental estão expressos na tabela 5.2. Na comparação entre os grupos não houve diferença significativa entre os sistemas XP-endo Shaper e Reciproc nos terços cervical, médio e apical e na totalidade do canal ($p>0,05$).

Tabela 5.2 - Volumes iniciais e finais do canal radicular, volume e percentual volumétrico do aumento do canal radicular após preparo com os Sistemas Testados (médias e desvios-padrão)

	Região		
		XP-endo Shaper	Reciproc
Volume Inicial do canal (mm³)	Total	6,515 ± 2,698	5,944 ± 1,641
	Cervical	3,376 ± 1,175	3,146 ± 0,810
	Médio	2,479 ± 1,209	1,949 ± 0,658
	Apical	0,915 ± 0,345	0,877 ± 0,476
Volume Final do canal (mm³)	Total	10,614 ± 2,478	11,950 ± 2,889
	Cervical	5,906 ± 1,343	6,582 ± 1,624
	Médio	3,873 ± 1,168	3,754 ± 0,821
	Apical	1,277 ± 0,595	1,642 ± 0,603
Aumento do volume do canal (mm³)	Total	4,098 ± 2,034	5,833 ± 2,230
	Cervical	2,529 ± 1,264	3,435 ± 1,037
	Médio	1,142 ± 0,599	1,805 ± 0,566
	Apical	0,361 ± 0,149	0,745 ± 0,441
Aumento do volume do canal (%)	Total	82,27 ± 41,33	104,23 ± 44,22
	Cervical	90,11 ± 37,95	112,89 ± 39,49
	Médio	87,08 ± 32,53	108,58 ± 42,58
	Apical	76,68 ± 20,69	108,91 ± 46,55

- Teste t de Student

Fonte: a autora

5.3 Área de superfície do canal

As medianas das áreas iniciais e finais e valores percentuais médios do aumento da área de superfície do canal para cada grupo experimental estão expressos na tabela 5.3. Na comparação entre os grupos, não houve diferença estatisticamente relevante entre os valores de superfície inicial, o que confirma o pareamento anatômico realizado na seleção das amostras. A porcentagem do aumento da área de superfície do canal também não apresentou diferença significativa entre os grupos nos terços cervical, médio e apical e na totalidade do canal ($p>0,05$).

Tabela 5.3 - Mediana da Área da superfície iniciais e finais do canal radicular (em mm) e percentual volumétrico (%) do aumento do canal radicular após preparo com os Sistemas Testados (médias e desvios-padrão)

	Região	XP-endo Shaper	Reciproc
Área da superfície inicial (mm)	Total	57,48 ± 17,100	59,39 ± 13,446
	Cervical	27,67 ± 5,702	30,06 ± 6,830
	Médio	23,54 ± 8,233	22,18 ± 5,158
	Apical	8,492 ± 5,367	9,785 ± 4,117
Área da superfície final (mm²)	Total	65,45 ± 16,723	74,34 ± 12,774
	Cervical	34,09 ± 6,894	36,57 ± 6,408
	Médio	26,83 ± 7,887	26,86 ± 4,610
	Apical	9,914 ± 5,623	13,03 ± 5,521
Aumento da área da superfície do canal (%)	Total	6,372 ± 13,38	23,03 ± 14,100
	Cervical	10,84 ± 15,60	23,61 ± 25,28
	Médio	7,711 ± 17,19	27,21 ± 16,39
	Apical	9,123 ± 5,50	26,62 ± 5,33

- Mann-Whitney

Fonte: a autora

5.4 Superfície não tocada

Os resultados do teste estatístico de Mann-Whitney aplicado para a comparação entre os sistemas mostraram que houve diferença significativa no percentual de superfícies não preparadas entre os grupos quando considerado a totalidade do canal (XPS $32,65\% \pm 14,17\%$ e Reciproc $50,71\% \pm 22,34\%$) e na comparação dos terços cervical e médio, onde o sistema XP-endo Shaper mostrou deixar menos superfícies não preparadas do que o sistema Reciproc ($p < 0,05$). No terço apical, não se observou diferença significativa entre os grupos testados ($p > 0,05$), como mostra a tabela 5.4.

Tabela 5.4 - Mediana do Percentual volumétrico (%) de paredes não tocadas após preparo com os Sistemas Testados (medianas e desvios-padrão)

Região		XP-endo Shaper	Reciproc
Paredes não tocadas (%)	Total	$32,65 \pm 14,17^a$	$50,71 \pm 22,34^b$
	Cervical	$23,29 \pm 9,28^a$	$44,50 \pm 26,72^b$
	Médio	$26,73 \pm 15,14^a$	$45,35 \pm 24,59^b$
	Apical	$34,48 \pm 17,20$	$53,51 \pm 24,15$

- Mann-Whitney - Diferentes letras sobrescritas na mesma linha indicam diferença estatística entre os grupos ($p < 0,05$)

Fonte: a autora

5.5 Desvio apical

As medianas do transporte do canal apical (em mm) gerados pelos sistemas testados estão expressos na tabela 5.5. A análise foi realizada para cada canal da raiz mesial e os valores de desvio obtidos não demonstraram diferença estatisticamente significativa entre os grupos quando analisado o terço apical ($p>0,05$).

Tabela 5.5 - Mediana do Transporte (em mm), Desvio Padrão e Intervalo dos canais mesiais de molares inferiores após o preparo com os Sistemas Testados.

	XP-endo Shaper		Reciproc	
	Mesio-Vestibular	Mesio-Lingual	Mesio-Vestibular	Mesio-Lingual
Desvio Apical (mm)	0,06495 ± 0,2818 (0,0281 – 0,9108)	0,0724 ± 0,306 (0,0227 – 1,009)	0,1136 ± 0,04238 (0,0421 – 0,1795)	0,1177 ± 0,116 (0,0403 – 0,4822)

- Mann-Whitney

Fonte: a autora

5.6 Volume de debris após o preparo

As medianas e os desvios-padrão do volume de debris dentinários após o preparo químico-cirúrgico, bem como a porcentagem dos debris em relação ao volume do canal, estão apresentados na tabela 5.6. O sistema XP-endo Shaper deixou significativamente menor volume de debris no canal como um todo e, na análise por terços, também apresentou diferença estatística nos terços médio e apical, quando comparado ao volume de debris remanescentes do grupo Reciproc, que apresentou maior valor no canal total e nos terços médio e apical ($p<0,05$).

Tabela 5.6 - Mediana do Volume de debris (mm³) após preparo com os Sistemas Testados (médias e desvios-padrão) e Percentual Volumétrico (%)

	Região	XP-endo SHAPER	Reciproc
Volume (mm³)	Total	0,1611 ± 0,182^a	0,5248 ± 0,455^b
	Cervical	0,09773 ± 0,080	0,1709 ± 0,205
	Médio	0,05965 ± 0,079^a	0,2545 ± 0,234^b
	Apical	0,03406 ± 0,053^a	0,1031 ± 0,118^b
Volume (%)	Total	1,796 ± 1,55^a	4,908 ± 3,88^b
	Cervical	1,868 ± 1,50	2,653 ± 3,16
	Médio	1,66 ± 1,93^a	6,265 ± 5,58^b
	Apical	2,765 ± 2,90^a	6,31 ± 6,64^b

- Mann-Whitney - Diferentes letras sobrescritas na mesma linha indicam diferença estatística entre os grupos (p<0,05).

Fonte: a autora

Nas figuras 5.1 e 5.2 estão dispostos alguns modelos reconstruídos representativos dos canais mesiais do grupo do sistema REC antes do preparo (cor verde) e após o preparo (cor vermelha) e, depois, a sobreposição destes modelos, ilustrando qualitativamente, as superfícies preparadas e não preparadas dos canais radiculares pelo instrumento. Encontram-se ainda ilustrados os modelos tridimensionais representativos dos debris remanescentes (preto), bem como sua sobreposição ao canal pós preparo (vermelho). Da mesma forma, as figuras 5.3 e 5.4 demonstram modelos reconstruídos de espécime do grupo do sistema XPS.

A figura 5.5 mostra acúmulo de debris (preto) no canal pós-operatório (vermelho) correlacionados às secções transversais correspondentes do grupo XPS e REC, respectivamente. Outros modelos estão dispostos nos apêndices J e K.

Figura 5.1- Grupo Reciproc: A – Sistema de canais antes do preparo (verde); B – Sistema de canais após o preparo (vermelho); C, D, E, e F – Canal radicular final (vermelho) sobreposto à anatomia inicial do canal radicular (verde) em diferentes angulações; G – Acúmulo de debris (preto) sobre o canal cirúrgico; H e I – Debris produzidos após o preparo (preto), sobrepostos à anatomia final do canal radicular (vermelho) em diferentes visões

Figura 5.2 - Grupo Reciproc: A – Sistema de canais antes do preparo (verde); B – Sistema de canais após o preparo (vermelho); C, D, E e F – Canal radicular final (vermelho) sobreposto à anatomia inicial do canal radicular (verde) em diferentes angulações; G – Acúmulo de debris (preto) sobre o canal cirúrgico; H e I – Debris produzidos após o preparo (preto), sobrepostos à anatomia final do canal radicular (vermelho claro) em diferentes visões

Fonte: a autora

Figura 5.3 - Grupo XP-endo Shaper: A – Sistema de canais antes do preparo (verde); B – Sistema de canais após o preparo (vermelho); C, D, E e F – Canal radicular final (vermelho) sobreposto à anatomia inicial do canal radicular (verde) em diferentes angulações; H – Acúmulo de debris (preto) sobre o canal cirúrgico; I e J – Debris produzidos após o preparo (preto), sobrepostos à anatomia final do canal radicular (vermelho claro) em diferentes visões

Fonte: a autora

Figura 5.4 - Grupo XP-endo Shaper: A – Sistema de canais antes do preparo (verde); B – Sistema de canais após o preparo (vermelho); C, D, E e F – Canal radicular final (vermelho) sobreposto à anatomia inicial do canal radicular (verde) em diferentes angulações; H – Acúmulo de debris (preto) sobre o canal cirúrgico; I e J – Debris produzidos após o preparo (preto), sobrepostos à anatomia final do canal radicular (vermelho claro) em diferentes visões

Fonte: a autora

Figura 5.5 - A: Acúmulo de debris após preparo grupo XP-endo Shaper. As linhas indicam as secções transversais correspondentes (B, C, D e E); F: Acúmulo de debris após preparo, grupo Recirpoc. As linhas indicam as secções transversais correspondentes (G, H, I e J)

Fonte: a autora

6. DISCUSSÃO

O sucesso do tratamento endodôntico é correlacionado a múltiplos fatores, sendo o preparo do canal radicular uma etapa de expressiva importância, pois a modelagem dada irá auxiliar na limpeza e desinfecção do sistema de canais, e na realização das etapas subsequentes do tratamento, como a adequada irrigação e aspiração e a obturação tridimensional dos canais radiculares.

Por este motivo, nos últimos anos, inovações técnicas vêm sendo implementadas visando otimizar a limpeza e a modelagem do sistema de canais de forma tridimensional, sempre considerando a anatomia inicial no planejamento de cada caso. Assim, espera-se minimizar a ocorrência de falhas no tratamento, como o desvio do conduto, acúmulo de debris, fragilização da estrutura dentinária e presença de áreas não tocadas, as quais favorecem o estabelecimento de biofilme bacteriano remanescente, podendo levar ao insucesso do tratamento endodôntico (Nieme et al., 2016).

O presente estudo se propôs a avaliar o preparo de canal obtido com um novo instrumento, o sistema XP-endo Shaper, comparando-o com o sistema reciprocante, Reciproc, bastante estudado na literatura, considerando os seguintes parâmetros: alterações no volume de dentina e do canal, paredes não tocadas, acúmulo de debris e desvio do canal radicular.

Em acordo com Peters (2004), os resultados do preparo de canais podem ser fortemente afetados por sua grande variabilidade anatômica, enquanto Li et al. (2011) afirmaram ser necessário um adequado conhecimento da anatomia do sistema de canais e suas frequentes variações na busca do sucesso na terapia endodôntica. Reconhecendo tal importância, Peters et al. (2001a); Peters et al. (2001b); Rodig et al. (2002); Peters (2004); Paqué et al. (2009b); Li et al. (2011); Zhao et al. (2014); Busquim et al. (2015); Coelho et al. (2016) e Azim et al. (2017) também concordam que a anatomia pré-operatória pode influenciar no resultado do preparo e que a seleção da técnica de instrumentação adequada para anatomia tem significativo efeito no resultado do preparo e efetividade da limpeza.

Isto posto, neste trabalho foi atribuída atenção especial à seleção de dentes em relação a padronização da anatomia interna. Em concordância com outros autores (Siqueira et al., 2013; De-Deus et al., 2015a), o pareamento das amostras após escaneamento inicial por TC e a confirmação da ausência de diferença estatisticamente significativa no que tange o volume inicial do canal, protegeram os resultados com relação a possíveis dissonâncias na seleção das amostras.

A randomização dos espécimes, dividindo-se em dois grupos, teve intenção de, frente às diferenças de anatomia interna que os dentes naturalmente apresentam, não gerar um viés na seleção dos grupos avaliados, separando as amostras ao acaso, impedindo, assim, interferências e erros na interpretação e execução da etapa laboratorial (Lacerda et al., 2017).

Optou-se pela realização deste experimento em canais mesiais de molares inferiores extraídos cuja anatomia apresentasse dois canais terminando em forame único (Tipo II, Vertucci, 1984), dificultando sobremaneira a desinfecção e a limpeza em regiões de istmos, altamente presentes nesse tipo de configuração. Ainda pode-se destacar o desafio da manutenção do forame em sua posição original quando da ocorrência de união de dois condutos e da presença frequente de curvaturas nas raízes mesiais de molares inferiores (Mannocci et al., 2005; Villas-Boas et al., 2011). Esse modelo experimental teve o intuito de possibilitar o desempenho dos instrumentos mais próximo da realidade clínica.

Está bem estabelecido na literatura que a negligência aos parâmetros de qualidade do preparo pode ocasionar a existência de áreas não tocadas após a modelagem que, por sua vez, podem abrigar microorganismos, comprometendo o resultado do tratamento endodôntico (Peters, 2004; Paqué; Peters 2011). Quando da presença de bactérias no canal radicular, as mesmas encontram-se também no interior dos túbulos dentinários e, por isso, é desejável que se remova a camada interna de dentina infectada através da instrumentação, obtendo conformação final de formato cônico e afunilado em direção ao ápice, respeitando e englobando toda a anatomia original do canal (Schilder, 1974). A dificuldade de obtenção desse resultado está evidente nos diversos estudos na literatura que identificaram grande porcentagem de superfícies não preparadas, independente da técnica de instrumentação utilizada (Peters et al., 2000; Paqué et al., 2009b; Rhodes et al., 2011; De-Deus et al., 2015a; Busquim et al., 2015; Coelho et al., 2016; Zuolo et al., 2017b; Azim et al., 2017).

Os dois grupos pesquisados no presente estudo deixaram superfícies do conduto sem tocar após a modelagem, inferindo que nenhum dos instrumentos pode preparar o sistema de canais de maneira completa. No entanto, o grupo XPS preparou uma maior área da superfície interna do canal radicular, com diferença estatística em relação ao grupo Reciproc, quando analisado o canal em sua totalidade e nos terços cervical e médio. Busquim et al. (2015) também encontraram diferenças significativas na quantidade de paredes não tocadas em estudo que comparou o mesmo instrumento recíprocante utilizado na presente pesquisa com o sistema BioRace (FKG). Os autores concluíram no trabalho que, embora o sistema Reciproc tenha expressado um maior aumento de volume do canal, o Biorace deixou menor área de paredes não tocadas nos terços médio e cervical. Em contrapartida, Zuolo et al. (2017b), em

estudo que também avaliou preparo realizado com diferentes sistemas, obtiveram que a porcentagem de áreas não tocadas foi significativamente maior para BioRace (32,38%), enquanto TRUShape (19,20%), Reciproc (18,95%) e SAF (16,08%) apresentaram os menores percentuais.

Até o presente momento, poucos estudos avaliaram a qualidade do preparo realizado com o sistema XP-endo Shaper. Para Azim et al. (2017), a XPS mostrou poder de expansão além do tamanho de seu núcleo para se adaptar à anatomia do espaço do canal radicular; preparando e tocando mais paredes em canais ovais, comparado ao sistema Vortex Blue. Assim como no presente estudo, as diferenças nos resultados provavelmente ocorreram em decorrência das inovações do design e liga do instrumento XPS. Segundo o fabricante, em temperaturas iguais ou superiores a 35°C, a liga MaxWire muda da fase martensítica para austenítica, e o instrumento assume forma semi-circular permitindo sua projeção contra as paredes quando em rotação no interior do canal, realizando movimento rotatório excêntrico (FKG Dentine, 2017, website). Dessa forma, o XPS aumenta sua superfície de contato e, possivelmente, por essa razão tocou mais paredes, alcançando regiões de acesso dificultado.

Outra possível reflexão quanto ao resultado encontrado no valor de paredes não tocadas é a diferença do diâmetro final de preparo dos dois sistemas testados. Enquanto a XPS apresenta ponta #30, o sistema Reciproc possui diâmetro final correspondente a lima #25, ainda que no corpo do instrumento, a lima Reciproc apresente maior conicidade. No entanto, para o terço apical, não houve diferença estatística da superfície não tocada, o que vai contra a hipótese de que a discrepância de calibre justificaria os valores obtidos. Outros estudos encontraram resultados distintos, como Paqué et al. (2009b) e De-Deus et al. (2015a), que concluíram que um término de preparo com maior diâmetro levou a uma menor porcentagem de superfície não tocada.

Ainda nesse sentido, apesar da diferença de paredes tocadas pelos dois sistemas, o presente estudo não encontrou discrepâncias significativas entre os grupos na redução do volume de dentina ou aumento do canal. Esse achado vai de encontro a outros trabalhos que corroboram com a afirmação de que não necessariamente os sistemas que geram maior desgaste de dentina, tocam maior área de superfície do sistema de canais (Çapar et al., 2014; Busquim et al., 2015; Peters et al., 2015; Coelho et al., 2016). No trabalho de Coelho et al., (2016), os autores não conseguiram estabelecer uma relação entre a área não tocada e o aumento de volume e superfície do canal, já que o instrumento WaveOne produziu maior aumento do volume do canal, mas, no entanto, este fato não afetou o percentual de áreas não tocadas após preparo.

Com relação às alterações de volume de dentina e do canal radicular, muitos estudos avaliaram esses parâmetros com diferentes sistemas de instrumentação (Paqué et al., 2010; Paqué; Peters, 2011; Rhodes et al., 2011; Iglecias, 2014). Na presente pesquisa não foram encontradas diferenças significativas entre os resultados apresentados pelos sistemas Reciproc e XP-endo Shaper. Da mesma forma, muitos estudos indicaram que todos os sistemas estudados atuaram de maneira similar na geometria do canal, obtendo resultados semelhantes para a quantidade de dentina excisada e aumento do volume do canal radicular para todos os protocolos de preparo (Peters et al., 2001b; Alves et al., 2012; Zhao et al., 2013; Kim et al., 2013 e Marceliano-Alves et al., 2015).

Muitos estudos indicaram que o preparo apical aumentado reduz os níveis microbianos, mas a instrumentação do canal radicular com tamanhos apicais crescentes também pode levar a erros processuais, como o transporte do canal radicular, zips e perfurações (Ceyhanli et al., 2014). De acordo com Peters (2004), o desvio do canal anatômico pode ser considerado aceitável até 0,15 mm, sem implicações negativas nas etapas subsequentes do tratamento. No que se refere ao transporte apical, ambos os sistemas se equivaleram, apresentando desvios mínimos em relação aos centros de gravidade ($\leq 0,1$ mm). Optou-se neste estudo pela avaliação somente do terço apical devido a sua conhecida complexidade anatômica e dificuldade de acesso a essa porção, podendo assim abrigar um nível crítico de microorganismos que estarão em contato com os tecidos periapicais. Assim também o fizeram Gluskin et al. (2001) e Ceyhanli et al. (2014).

Outros estudos também avaliaram na literatura o transporte do canal cirúrgico com relação ao canal anatômico e diferentes resultados foram encontrados. Alguns, em conformação com o visto em nosso estudo, não obtiveram diferenças entre os sistemas testados, como Freire et al. (2012), Junaid et al. (2014), Çapar et al. (2014), Arias et al. (2017) e Zanesco et al. (2017); enquanto outros tiveram diferenças estatísticas nos resultados: Gambill et al. (1996), Peters et al. (2001a), Gluskin et al. (2001), Ceyhanli et al. (2014) e Marceliano-Alves et al. (2015). Ceyhanli et al. (2014), compararam em molares inferiores a capacidade de centralização dos sistemas ProTaper, Race e EZ-Fill Safesider. Para análise dos resultados foram sobrepostas as imagens iniciais e pós-operatórias a 1, 2, 3 e 4 milímetros do ápice e realizados cálculos para o transporte de acordo com o método anteriormente proposto por Gambill et al. (1996). Com a metodologia foi observado que os sistemas de instrumentação fabricados em níquel-titânio mostraram uma melhor capacidade de centralização do que o sistema Safesider, fabricado em aço inoxidável, provavelmente devido à estrutura flexível da liga de NiTi.

Os baixos índices de transporte encontrados no presente estudo, provavelmente correlacionam-se ao fato de que os instrumentos testados são bastante flexíveis, uma vez que são fabricados a partir de ligas especiais de NiTi, termicamente tratadas para melhorar suas propriedades mecânicas. A liga M-Wire, da qual é fabricada a lima Reciproc, teve suas melhorias em relação à flexibilidade e resistência a fadiga cíclica atestadas em estudos como o de Larsen et al. (2009) e Ye e Gao, (2012). Já a nova liga MaxWire foi testada laboratorialmente nos trabalhos de Silva et al. (2018) e Elnaghy e Elsaka (2017b), sendo que, no primeiro, os autores encontraram que o XPS apresentou maior número de ciclos completos até a fratura em relação ao sistema TRUShape. Em contrapartida, no segundo estudo, os autores concluíram que as melhorias do processo de fabricação do XPS não aumentaram a resistência ao stress por torção desses instrumentos quando comparados aos sistemas TRUShape, ProFile Vortex e FlexMaster.

Uma variedade de métodos já foi utilizada em estudos baseados em TC ou micro-CT para mensurar o desvio do canal, como proposto por Gambill et al. (1996). Porém, uma vez que essas avaliações fornecem valores parciais, a partir da interpretação de cortes específicos em 2D, incluindo a direção do transporte, é difícil comparar diretamente com o resultado do presente estudo, já que nesse, assim como em Peters et al. (2015) e Ventura (2017), considerou-se aqui o aspecto tridimensional do sistema de canais, fazendo uma avaliação mais completa do transporte gerado pelo canal cirúrgico.

Diferentes pesquisas já evidenciaram que partículas de dentina deslocadas por meio da ação de sistemas endodônticos podem ficar impactadas em regiões de irregularidades anatômicas do sistema de canais, dificultando o acesso dos irrigantes e dos instrumentos a essas áreas (Paqué et al., 2009; Robinson et al., 2013; De-Deus et al., 2014; Freire et al., 2015; Zuolo et al., 2017b). No presente estudo, o sistema XPS removeu mais debris do que o sistema Reciproc, com diferenças estatísticas no canal em sua totalidade e nos terços médio e apical, diferentemente do encontrado por Azim et al. (2017), onde os autores não obtiveram diferenças estatísticas no volume de debris remanescentes gerados pelo preparo com XPS e Vortex Blue.

Acredita-se que os resultados positivos nesse sentido estão relacionados ao design do instrumento que, por ter conicidade reduzida, seis arestas cortantes em sua secção transversal e assumir forma semi-circular na temperatura corpórea, possibilita espaço para o fluxo de irrigante e arraste dos debris dentinários, juntamente com a cinemática de uso do sistema que envolve movimentos de grande amplitude com rotação em alta velocidade, gerando importante agitação da solução irrigadora. Lembrando ainda que a XP-endo Shaper segue os

princípios de forma do pioneiro XP-endo Finisher, primeiro instrumento desenvolvido pela FKG com a liga MaxWire e que tem como principal função a complementação da irrigação final do canal radicular, otimizando a ação dos irrigantes na remoção de debris e remanescentes pulpaes, conforme mostrou estudo de Leoni et al. (2017).

Por ter sido lançado há mais tempo e ser amplamente utilizado na atualidade, o sistema Reciproc já foi bastante avaliado, obtendo diferentes resultados com relação a remoção de debris dentinários (Burklein et al., 2012; Narayan et al., 2012; Freire et al., 2015; De-Deus et al., 2015b; Espir et al., 2017; Zuolo et al., 2017b). Alguns trabalhos, em concordância com as diferenças encontradas no nosso estudo, evidenciaram maior volume de debris após utilização de sistema reciprocante de lima única. Como Espir et al. (2017), que na comparação do sistema rotatório Mtwo com Reciproc, encontraram valores significativamente maiores para os debris remanescentes após uso do sistema reciprocante. Assim também foi no estudo de Robinson et al. (2013), onde o sistema reciprocante utilizado, WaveOne, deixou significativamente mais debris dentinários do que o sistema de múltiplos instrumentos, Protaper Universal. Em contrapartida, outras abordagens distoaram dos resultados obtidos nessa pesquisa, já que alguns trabalhos não mostraram diferenças relevantes entre o volume de debris que permaneceram após preparo com Reciproc em comparação a outros sistemas. Foi assim no estudo de De-Deus et al. (2015b), que confrontou a ação dos instrumentos WaveOne e Reciproc com o sistema de múltiplas limas, BioRace, e no trabalho de Zuolo et al. (2017b), que avaliou os sistemas Reciproc, TRUShape, BioRace e SAF, também sem encontrar diferenças estatisticamente relevantes na aferição desse parâmetro.

Os achados discrepantes entre os estudos podem ser creditados às diferenças metodológicas. Esse trabalho utilizou raízes mesiais de molares inferiores por ter uma configuração anatômica que favorece a presença de istmos (Mannocci et al., 2005), facilitando a impactação de debris por sua morfologia irregular, enquanto os trabalhos citados utilizaram canais distais ovais. Vale ainda lembrar que a presente pesquisa teve como método de avaliação escolhido, a micro-CT, que nos permitiu avaliar tridimensionalmente a morfologia do canal radicular anatômico e os parâmetros decorrentes do preparo químico cirúrgico, sem a necessidade de manipulação dos espécimes, apenas mensurando as regiões de interesse.

Assim, a micro-CT apresentou-se nesse estudo como metodologia não invasiva de análise, que possibilitou avaliações qualitativas e quantitativas, permitindo comparações 3D de diferentes momentos do experimento em um mesmo espécime, já que os dados puderam ser armazenados e trabalhados gerando imagens de qualquer área de interesse do dente para

futuras análises correlativas (Peters et al., 2001a). Essa ferramenta vem sendo ainda considerada importante base para estudos da anatomia dos canais, como meio de aprendizado e treinamento em endodontia (Swain; Xue, 2009).

Diversas metodologias para avaliar os efeitos e resultados da instrumentação endodôntica foram utilizados ao longo dos anos, tais como: a injeção de silicone (Davis et al., 1972), que apresentava como limitação a necessidade de descalcificação dos dentes para a remoção do molde, levando a perda da amostra; blocos de resina simulados (Weine et al., 1975; Goldberg et al., 2012) que, apesar de terem validade científica, exigem cautela ao extrapolar os resultados obtidos nesse modelo de estudo para os dentes naturais, já que os canais simulados são circulares e sempre patentes, além desses apresentarem microdureza distinta da dentina; a análise histológica (Walton, 1976), que apresenta como desvantagem o fato de não permitir a comparação do canal anatômico com o cirúrgico, pois se faz necessário o preparo das lâminas para a sua visualização, possibilitando apenas análises qualitativas pontuais; dispositivos de secção seriada como a mufla-molde (Bramante et al., 1987), que surgiram como metodologia que possibilitava a comparação da morfologia do canal pré e pós-instrumentação, mas, no entanto, exigia a secção dos espécimes, procedimento que poderia alterar a superfície analisada e que levava a perda de substância nos fragmentos seccionados, comprometendo a acurácia do método; e a plataforma radiográfica (Sydney et al., 1991) que apresenta a limitação de prover imagens bidimensionais que representam a somatória de sobreposições ao longo do trajeto do raio-x. Isto posto, foi encorajada a evolução de metodologias que analisassem a estrutura tridimensional do sistema de canais radiculares.

O desenvolvimento da tomografia computadorizada possibilitou a visualização de imagens tridimensionais do canal e, assim, pesquisadores iniciaram a sua utilização como metodologia de avaliação em estudos endodônticos (Tachibana; Matsumoto, 1990; Nielsen et al., 1995; Gambill et al., 1996). No entanto, Peters et al. (2001a), afirmaram que frequentemente os autores concluíam que a resolução da TC convencional havia sido insuficiente para detectar mudanças sutis na anatomia do canal após o preparo. Como visto em Gluskin et al. (2001), onde os autores colocaram que, devido a complexidade anatômica da região apical, foi difícil interpretar algumas imagens para análise do desvio do canal, o que provavelmente poderia ser solucionado com secções de corte menores e consequente maior resolução.

Rhodes et al. (1999), compararam através da micro-CT e imagens vídeo-digitalizadas, o volume interno da raiz com a superfície externa. Eles obtiveram que havia uma satisfatória correlação entre as medidas das imagens da micro-CT e as digitalizadas,

indicando que essa ferramenta se mostrou acurada e não invasiva para os estudos relativos aos efeitos do preparo no sistema de canais.

Dessa forma, essa metodologia possibilitou novas interpretações e permitiu que os pesquisadores tivessem acesso a dados até então não conhecidos. Assim foi com as mudanças do volume do canal e dentina (Peters et al., 2001a), especificações da anatomia interna do canal radicular (Mannocci et al., 2005), volume e região de superfície não tocada após o preparo (Peters, 2001a; Metzger et al., 2010), volume de debris dentinários remanescentes (Paqué et al., 2009a), além da possibilidade de análises correlativas com outras metodologias (Alves et al., 2012; Siqueira et al., 2013; Lacerda et al., 2017).

Diante do exposto, progressos tecnológicos levaram ao desenvolvimento de microtomógrafos que, juntamente aos avanços dos softwares, possibilitaram melhor resolução de imagem, favorecendo mensurações mais precisas e diminuindo o tempo de escaneamento das amostras. Assim, cada vez mais pesquisas endodônticas elencaram a micro-CT como ferramenta de análise (Rhodes et al., 1999; Peters et al., 2001a; Peters et al., 2001b; Hubscher et al., 2003; Peters et al., 2003; Swain; Xue, 2009; Paqué et al., 2009b; Li et al., 2001; Freire et al., 2012; Narayan et al., 2012; Zhao et al., 2014; Kim et al., 2013; Ceyhanli et al., 2014; Iglecias, 2014; Peters et al., 2015; De-Deus et al., 2015b; Zuolo et al., 2017b; Zanesco et al., 2017; Siqueira et al., 2017).

De início, a resolução dos microtomógrafos era mais baixa, próxima de 127 μ m, sendo maior a espessura de corte obtido da imagem. Com os avanços tecnológicos, esta espessura pode ser reduzida e Peters et al. (2000) consideraram uma resolução entre 34 e 68 μ m aceitável para a obtenção de imagem de alta qualidade. Estudos mais recentes estão sendo conduzidos com resolução de 17.42- μ m (Iglecias, 2014; Freire et al., 2015; Busquim et al., 2015; Ventura, 2017), o que visa reduzir os artefatos que prejudicam a visualização, permitindo melhor detalhamento da imagem. Em função disto, o presente trabalho utilizou a mesma resolução de 17,42 μ m, possibilitando assim que os dados obtidos dos espécimes fossem analisados com alta precisão e confiabilidade.

A sobreposição exata das imagens pré e pós preparo garantida pelos softwares ofereceu uma ferramenta não invasiva para o acesso tridimensional em análises quantitativas e qualitativas dos preparos endodônticos (Liu et al., 2016). Contudo, esse método não possibilita avaliação de tecidos não mineralizados, afinal, baseia-se na emissão de raios-x. Seria desejável a capacidade de mensuração concomitante de tecidos não mineralizados, especialmente para o estudo do magma dentinário, assim a metodologia detectaria também a matéria orgânica presente.

Assim sendo, encontra-se na literatura propostas de associação de metodologias de análise, visando uma avaliação mais completa dos parâmetros estudados (Alves et al., 2012). Foi o realizado por Siqueira et al. (2013) que utilizaram as imagens de micro-CT para as superfícies não tocadas, visando correlaciona-las à redução microbiológica. Porém, o estudo não teve êxito em estabelecer uma conexão significativa entre os achados, já que, ainda que todas as amostras que indicaram presença bacteriana após o preparo apresentassem também áreas não tocadas, houve também espécimes com considerável superfície não tocada que testaram negativo para a presença bacteriana após os procedimentos de modelagem do canal.

Lacerda et al. (2015) também propuseram correlacionar ferramentas de análise, mas dessa vez a micro-CT foi utilizada juntamente com métodos histológicos que visavam obter dados do tecido pulpar remanescente após a utilização de três distintos sistemas de preparo. Os autores esperavam que ao correlacionar os achados histológicos ao percentual de paredes não tocadas, os elementos que apresentassem maior área trabalhada, fossem exibir menor quantidade de remanescente pulpar. Contudo, ainda que todas as raízes que apresentavam remanescente pulpar tinham paredes não tocadas, observou-se também espécimes com alto índice de superfície não tocada e ausência de remanescente pulpar. Assim, o estudo também não pode estabelecer uma interdependência entre os achados microtomográficos e histológicos.

Numerosas metodologias foram utilizadas para avaliar a capacidade de procedimentos quimio-cirúrgicos para desinfetar, modelar e limpar os canais radiculares. Todas apresentando vantagens e deficiências. No que tange a micro-CT, pode-se citar a dependência de utilização de softwares de difícil aprendizado e manipulação (Gao et al., 2009) que favorecem erros processuais que podem interferir nas mensurações finais (De Deus et al., 2014). Vale mencionar ainda o alto custo, dado o valor do microtomógrafo e das licenças dos programas de computador necessários, além de ser um processo dispendioso, exigindo uma longa curva de aprendizado para sua compreensão. Em função do exposto, grande parte dos estudos com micro-CT são realizados com amostras menores, fato este aceito na comunidade científica pelo fato do método apresentar elevada acurácia.

O presente trabalho também apresenta limitações inerentes à execução de estudos *in vitro*. Ainda que esforços tenham sido feitos para aproximar as condições laboratoriais às clínicas e que a escolha de metodologia de análise precisa forneça credibilidade aos resultados, seus achados devem ser extrapolados com cautela para a prática clínica.

Os resultados obtidos mostraram-se promissores para a melhoria da etapa do preparo químico cirúrgico de canais mesiais de molares inferiores, mas estudos futuros ainda devem

ser encontrados para embasar esses achados, dada a pouca literatura sobre o novo instrumento XP-endo Shaper e o movimento rotatório excêntrico. Como visto, os sistemas e técnicas vêm em constante avanço e sua utilização com sustentação em trabalhos científicos que confirmem essas propriedades é de fundamental importância.

7 CONCLUSÕES

- A hipótese de nulidade foi negada, já que a cinemática utilizada no sistema automatizado, bem como o design e características de fabricação do instrumento, pode interferir no volume de debris remanescentes e na área de superfície não tocada, quando analisados esses parâmetros de qualidade do preparo.

Com base nos resultados obtidos neste estudo, a análise de canais mesiais de molares inferiores por meio da micro-CT, permitiu-nos concluir que:

- Em relação ao aumento de volume do canal, desgaste da dentina e desvio apical, os sistemas testados comportaram-se similarmente na execução do preparo de canais mesiais de molares inferiores, tendo comportamento satisfatório, sem ocorrência de desvios significativos do canal anatômico, perfurações, degraus ou desgaste excessivo da dentina.;

- O sistema XP-endo Shaper por realizar cinemática rotatória excêntrica, mostrou-se superior ao sistema Reciproc, que realiza cinemática recíprocante cêntrica, quanto ao percentual de superfície dentinária de todo canal e nos terços cervical e médio; e no menor volume de debris dentinários remanescentes na totalidade do canal e nos terços médio e apical;

REFERÊNCIAS¹

Alapati SB, Brantley WA, Iijima M, et al. Metallurgical characterization of a new nickel-titanium wire for rotary endodontic instruments. *J Endod*. 2009 Nov;35(11):1589–93. doi: 10.1016/j.joen.2009.08.004.

Alves FRF, Rôças IN, Almeida BM, et al. Quantitative molecular and culture analyses of bacterial elimination in oval-shaped root canals by a single-file instrumentation technique. *Int Endod J*. 2012 Sep;45(9):871–7. doi: 10.1111/j.1365-2591.2012.02045.x.

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.

Azim AA, Piasecki L, da Silva Neto UX, Cruz ATG, Azim KA. XP Shaper, A Novel Adaptive Core Rotary Instrument: Micro-computed Tomographic Analysis of Its Shaping Abilities. *J Endod*. 2017 Sep;43(9):1532–1538. doi: 10.1016/j.joen.2017.04.022.

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

Burklein S, Hinschitzka K, Dammaschke T, et al. Shaping ability and cleaning effectiveness of two singlefile systems in severely curved root canals of extracted teeth: reciproc and WaveOne versus Mtwo and ProTaper. *Int Endod J*. 2012 May;45(5):449–61. doi: 10.1111/j.1365-2591.2011.01996.x.

Busquim S, Cunha RS, Freire L, et al. A micro-computed tomography evaluation of long-oval canal preparation using reciprocating or Rotary systems. *Int Endod J*. 2015 Oct;48(10):1001–6. doi: 10.1111/iej.12398.

Çapar ID, Ertas H, Ok E, et al. Comparative study of different novel nickel-titanium rotary systems for root canal preparation in severely curved root canals. *J Endod*. 2014 Jun;40(6):852–6. doi: 10.1016/j.joen.2013.10.010.

Ceyhanli KT, Erdilek N, Tatar I, et al. Comparative micro-computed tomography evaluation of apical root canal transportation with the use of ProTaper, RaCe and Safesider systems in human teeth. *Aust Endod J*. 2014 Apr;40(1):12–6. doi: 10.1111/aej.12014.

¹De acordo com estilo Vancouver.

Coelho BS, Amaral ROJF, Leonardi DP, et al. Performance of three single instrument systems in the preparation of long oval canals. *Braz Dent J.* 2016 Mar-Apr;27(2):217-22. doi: 10.1590/0103-6440201302449.

Davis SR, Brayton SM, Goldman M. The morphology of the prepared root canal: a study utilizing injectable silicone. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1972 Oct;3(4)4:642-8.

De-Deus G, Belladonna FG, Silva EJNL, et al. Micro-CT evaluation of non-instrumented canal areas with different enlargements performed by NiTi systems. *Braz Dent J.* 2015 Nov-Dec;26(6):624-9. doi: 10.1590/0103-6440201300116.

De-Deus G, Marins J, Silva EJ, Souza E, Belladonna FG, Reis C, et al. Accumulated hard tissue debris produced during reciprocating and rotary nickel-titanium canal preparation. *J Endod.* 2015a May; 41:676-81.

De-Deus G, Silva EJ, Vieira VT, et al. Blue thermomechanical treatment optimizes fatigue resistance and flexibility of the reciproc files. *J Endod.* 2017 Mar;43(3):462-466. doi: 10.1016/j.joen.2016.10.039.

De-Deus G, Neves A, Silva EJ et al. Apically extruded dentin debris by reciprocating single-file and multi-file rotary system. *Clin Oral Investig.* 2015b, Mar; 19(2):357-61. doi: 10.1007/s00784-014-1267-5, 2014.

De-Deus G, Marins J, Neves A, et al. Assessing accumulated hard-tissue debris using micro-computed tomography and free software for image processing and analysis. *J Endod.* 2014 Feb;40(2):271-6. doi: 10.1016/j.joen.2013.07.025.

Elliott JC, Dover SD. Three-dimensional distribution of mineral in bone at a resolution of 15 micron determined by x-ray microtomography. *Metab Bone Dis Relat Res.* 1984;5(5):219-21.

Elnaghy AM, Elsaka SE. Torsional resistance of XP-endo Shaper at body temperature compared with several nickel-titanium rotary instruments. *Int Endod J.* 2017a Jul 12. doi: 10.1111/iej.12815. [Epub ahead of print]

Elnaghy A, Elsaka S. Cyclic fatigue resistance of XP-endo Shaper compared with different nickel-titanium alloy instruments. *Clin Oral Investig.* 2017b Oct 13. doi: 10.1007/s00784-017-2245-5.

Espir CG, Nascimento-Mendes CA, Guerreiro-Tanomaru JM, et al. Counterclockwise or

clockwise reciprocating motion for oval root canal preparation: a micro-CT analysis. *Int Endod J*. 2017 Apr 4. doi: 10.1111/iej.12776. [Epub ahead of print]

FKG Dentaire (2017) The XP-endo shaper brochure. Available at:
http://www.fkg.ch/sites/default/files/201612_fkg_XPS_brochure_v3_en_web.pdf

Freire LG, Iglecias EF, Cunha RS, et al. 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;41:1660–66.

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, Plotino G, Grande NM, et al. Mechanical properties of nickel-titanium rotary instruments produced with a new manufacturing technique. *Int Endod J*. 2001, Apr;44(4):337–41. doi: 10.1111/j.1365-2591.2010.01835.x.

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

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

Gavini G, Caldeira CL, Akisue E, et al. Resistance to flexural fatigue of Reciproc R25 files under continuous rotation and reciprocating movement. *J Endod*. 2012;38:684-7.

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

Goldberg M, Sandrine D, Pierre M. Centering Ability and Influence of Experience When Using WaveOne Single-File Technique in Simulated Canals. *International Journal of Dentistry*, 2012:206321, Oct 2012.

Hubscher W, Barbakow F, Peters OA. Root-canal preparation with FlexMaster: canal shapes analysed by micro-computed tomography. *Int Endod J*. 2003 Nov;36(11):740-7.
 Hulsmann M, Peters OA, Dummer P. Mechanical preparation of root canals: shaping goals, techniques and means. *Endod Topics*. 2005, Mar;10(1):30-76. doi: 10.1111/j.1601-1546.2005.00152.x.

Iglecias, EF. Avaliação qualitativa e quantitativa da instrumentação e obturação de canais radiculares achatados utilizando-se microtomografia computadorizada [tese]. São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Odontologia; 2014.

Ingle, John I., e Levine, M.: The Need for Uniformity of Endodontic Instruments, Equipment, and Filling Materials em Grossman, L. I. (editor): Transactions of the Second International Conference on Endodontics, Philadelphia, 1958, University of Pennsylvania, pp. 125-126, 123-143.

Junaid A, Freire LG, da Silveira Bueno CE, Mello I, Cunha RS. Influence of single-file endodontics on apical transportation in curved root canals: an ex vivo micro-computed tomographic study. *J Endod*. 2014, May;40(5):717-20. doi: 10.1016/j.joen.2013.09.021.

Kim HC, Kwak SD, Cheung GSP, et al. Cyclic fatigue and torsional resistance of two new nickel-titanium instruments used in reciprocation motion: Reciproc versus WaveOne. *J Endod*. 2012 Apr;38(4):541-4.

Kim HC, Hwang YJ, Jung DW, et al. Micro-computed tomography and scanning electron microscopy comparisons of two nickel-titanium rotary root canal instruments used with reciprocating motion. *Scanning*. 2013 Mar-Apr;35(2):112-8. doi: 10.1002/sca.21039.

Lacerda MFLS, Marceliano-Alves MF, Pérez AR, et al. Cleaning and Shaping Oval Canals with 3 Instrumentation Systems: A Correlative Micro-computed Tomographic and Histologic Study. *J Endod*. 2017 Nov;43(11):1878-1884. doi: 10.1016/j.joen.2017.06.032.

Larsen CM, Watanabe I, Glickman GN, et al. Cyclic fatigue analysis of a new generation of nickel titanium rotary instruments. *J Endod*. 2009, Mar;35(3):401-3. doi:10.1016/j.joen.2008.12.010.

Leoni GB, Versiani MA, Silva-Sousa YT, et al. Ex vivo evaluation of four final irrigation protocols on the removal of hard-tissue debris from the mesial root canal system of mandibular first molars. *Int Endod J*, 2017; 50:398–406.

Li K-Z, Gao Y; Zhang R, et al. The effect of a manual instrumentation technique on five types of premolar root canal geometry assessed by microcomputed tomography and three-dimensional reconstruction. *BMC Med Imaging*. 2011, Jun;11:14. Doi: 10.1186/1471-2342-11-14.

Liu Z, Liu J, Gu L, et al. The shaping and cleaning abilities of self-adjusting files in the preparation of canals with isthmuses after glidepath enlargement with ISO or Protaper Universal NiTi files. *J Dent Sci*, 2016;11: 83-9.

Mannocci F, Peru M, Sherriff M, Cook R, Pitt Ford TR. The isthmuses of the mesial root of mandibular molars: a micro-computed tomographic study. *Int Endod J*. 2005;38:558-63.

Marceliano-Alves MF, Sousa-Neto MD, Fidel SR, et al. Shaping ability of single-file reciprocating and heat-treated multifile rotary systems: a micro-CT study. *Int Endod J*. 2015;48:1129-36.

Metzger Z, Zary R, Cohen R, et al. The quality of root canal preparation and root canal obturation in canals treated with rotary versus selfadjusting files: a three-dimensional micro-computed tomographic study. *J Endod*. 2010;36:1569-73.

Narayan GS, Venkatesan SM, Karumaran CS, et al. A comparative evaluation on the cleaning and shaping ability of three nickel titanium rotary instruments using computerized tomography - An ex vivo study. *Contemp Clin Dent*. 2012 Sep;3(Suppl 2):S151-5. doi: 10.4103/0976-237X.101070.

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

Niemi TK, Marchesan MA, Lloyd A, et al. Effect of instrument design and access outlines on the removal of root canal obturation materials in oval-shaped canals. *J Endod*. 2016;42:1550-4.

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 Apr;36(4):703-7. doi: 10.1016/j.joen.2009.12.020.

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;44:148–53.

Paqué F, Ganahl D, Peters OA. Effects of root canal preparation on apical geometry assessed by micro-computed tomography. *J Endod*. 2009a;35(7):1056-9. doi: 10.1016/j.joen.2009.04.020.

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

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.

Peters OA, Arias A, Paqué F.A Micro-computed Tomographic Assessment of Root Canal Preparation with a Novel Instrument, TRUShape, in Mesial Roots of Mandibular Molars. *J Endod.* 2015 Sep;41(9):1545-50. doi: 10.1016/j.joen.2015.06.007.

Peters OA, Peters C I, Schonenberg K, et al. Protaper rotary root canal preparation: effects of canal anatomy on final shape analyzed by micro CT. *Int Endod J.* 2003;36(2):92-86.

Peters OA. Current challenges and concepts in the preparation of root canal systems: a review. *J Endod.* 2004, Aug;30(8):559-67.

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

Peters OA, Laib A, Rügsegger P, et al. Three-dimensional analysis of root canal geometry by high-resolution computed tomography. *J Dent Res.* 2000, Jun;79(6):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;34:221-30.

Quesada GAT, Costa NP.; Oliveira HW, Oliveira MG. Entendendo a tomografia computadorizada (TC). *Rev Odonto Ciênc.* 2001, set-dez;16(34):275-82.

Robinson JP, Lumley PJ, Cooper PR, et al. 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.

Rodig T1, Hülsmann M, Mühge M, et al. Quality of preparation of oval distal root canals in mandibular molars using nickel-titanium instruments. *Int Endod J.* 2002 Nov;35(11):919-28.

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

Rhodes SC, Hülsmann M, McNeal SF, et al. Comparison of root canal preparation using reciprocating Safesiders stainless steel and Vortex nickel-titanium instruments. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2011 May;111(5):659-67. doi: 10.1016/j.tripleo.2010.11.021.

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

Schneider SW. A comparison of canal preparations in straight and curved root canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1971;2:273-5.

Silva EJNL, Vieira VTL, Belladonna FG, et al. Cyclic and Torsional Fatigue Resistance of XP-endo Shaper and TRUShape Instruments. *J Endod*. 2018 Jan;44(1):168-172. doi: 10.1016/j.joen.2017.08.033.

Siqueira JF Jr, Alves FR, Versiani MA, et al. Correlative bacteriologic and micro-computed tomographic analysis of mandibular molar mesial canals prepared by self-adjusting file, reciproc, and twisted file systems. *J Endod*. 2013, Aug;39(8):1044-50. doi: 10.1016/j.joen.2013.04.034.

Siqueira JF Jr, Perez AR, Marceliano-Alves MF, et al. What happens to unprepared root canal walls: a correlative analysis using micro-computed tomography and histology/scanning electron microscopy. *Int Endod J*. 2017, Feb14. doi: 10.1111/iej.12753.

Skelton-Macedo MC, Cardoso RJA, Bombana AC. Sistema de corte transversal simplificado para estudo da morfologia do canal radicular e técnicas de preparo. *Endod Clin Pract Educ Res*. 1999; 1(2). Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/263350789>>. [citado]: 20 set. 2017.

Swain MV, Xue J. State of the art of Micro-CT applications in dental research. *Int J Oral Sci*. 2009 Dec;1(4):177-88. doi: 10.4248/IJOS09031.

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

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

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

VDW Website (2018). The Reciproc instrumets brochure. Available at: <https://www.vdw-dental.com/fileadmin/Dokumente/Sortiment/Aufbereitung/Reziproke-Aufbereitung/RECIPROC/VDW-Dental-RECIPROC-product-brochure-EN.pdf>

Ventura, BN. Avaliação microtomográfica da modelagem de canais radiculares curvos preparados com sistemas automatizados [dissertação] São Paulo: Universidade de São Paulo; 2017.

Vertucci FJ. Root canal anatomy of the human permanent teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. 1984;58:589-599.

Villas-Bôas M. H., Bernardineli N., Cavenago B. C. Micro-computed tomography study of the internal anatomy of mesial root canals of mandibular molars. *J Endod.* 2011; 37:1682–86.

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

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

Weine FS, Kelly RF, Lio PJ. The effect of preparation procedures on original canal shape and on apical foramen shape. *J Endod.* 1975;3:255-63.

Yared G. Canal preparation using only one Ni-Ti rotary instrument: preliminary observations. *Int Endod J.* 2008, Apr;41(4):339–44. doi: 10.1111/j.1365-2591.2007.01351.x.

Ye J, Gao Y. Metallurgical characterization of M-Wire nickel-titanium shape memory alloy used for endodontic rotary instruments during low-cycle fatigue. *J Endod.* 2012, Jan;38(1):105-7. doi: 10.1016/j.joen.2011.09.028.

Zanescio C, S6 MV, Schmidt S, et al. Apical transportation, centering ratio, and volume increase after manual, rotary, and reciprocating instrumentation in curved root canals: analysis by micro-computed tomographic and digital subtraction radiography. *J Endod.* 2017;43:486-90.

Zhao D, Shen Y, Peng B. Root canal preparation of mandibular molars with 3 nickel-titanium Rotary instruments: a micro-computed tomographic study. *J Endod.* 2014 Nov;40:1860-4.

Zuolo ML, Zaia AA, Belladonna FG, et al. Micro-CT assessment of the shaping ability of fourroot canal instrumentation systems in oval-shaped canals. *Int Endod J.* 2017a; Jul 1 [Epub ahead of print]

Zuolo ML, De-Deus G, Belladonna FG, et al. Micro-computed Tomography Assessment of Dentinal Micro-cracks after Root Canal Preparation with TRUShape and Self-adjusting File Systems. *J Endod.* 2017b;43:619-622.

APÊNDICE A – Valores originais para o grupo XPS do volume de dentina pré e pós preparo, bem como o volume de dentina removida nos terços cervical, médio e apical, e em toda a extensão do canal

Grupo XP-Shaper	Terços	Dentina (mm ³)		Vol Dentina removida
		Antes	Após	
1	total	200,01526	194,07197	5,94329
	cervical	97,55204	93,64967	3,90237
	médio	68,21147	67,02596	1,18551
	apical	32,48727	32,10989	0,37738
2	total	247,16669	238,99789	8,16880
	cervical	120,27727	115,55404	4,72323
	médio	82,81937	80,93145	1,88792
	apical	37,27537	36,34082	0,93455
3	total	160,51123	155,44727	5,06396
	cervical	83,09291	80,19725	2,89566
	médio	52,38973	51,97915	0,41058
	apical	23,58996	23,26823	0,32173
4	total	217,38923	215,32065	2,06858
	cervical	109,73463	108,53960	1,19503
	médio	78,35636	78,29530	0,06106
	apical	33,67077	32,65898	1,01179
5	total	106,82420	100,06415	6,76005
	cervical	50,86603	49,18029	1,68574
	médio	38,21028	37,27462	0,93566
	apical	17,74457	13,60591	4,13866
6	total	194,62187	188,64944	5,97243
	cervical	91,17076	87,46186	3,70890
	médio	71,21631	69,68117	1,53514
	apical	32,23182	31,50324	0,72858
7	total	164,13233	158,85197	5,28036
	cervical	90,88860	88,44855	2,44005
	médio	53,68357	51,97735	1,70622
	apical	19,47907	18,63160	0,84747
8	total	83,19669	81,45562	1,74107
	cervical	44,66971	43,90116	0,76855
	médio	29,82691	29,26764	0,55927
	apical	8,64560	8,28403	0,36157
9	total	180,28609	178,15020	2,13589
	cervical	105,29234	103,45715	1,83519
	médio	55,91905	55,67783	0,24122
	apical	19,08696	19,01430	0,07266

Continua

Conclusão

10	total	157,41810	150,49708	6,92102
	cervical	86,78716	82,84774	3,93942
	médio	54,96955	52,91438	2,05517
	apical	15,64313	14,73231	0,91082
11	total	139,85109	132,39730	7,45379
	cervical	86,07854	81,95982	4,11872
	médio	42,94213	40,54252	2,39961
	apical	10,78085	9,89239	0,88846
12	total	161,75410	158,76216	2,99194
	cervical	88,47780	86,90411	1,57369
	médio	54,90933	54,15265	0,75668
	apical	18,31571	17,69342	0,62229

APÊNDICE B – Valores originais para o grupo REC do volume de dentina pré e pós preparo, bem como o volume de dentina removida nos terços cervical, médio e apical, e em toda a extensão do canal

Grupo Reciproc	Terços	Dentina (mm ³)		Dentina removida
		Antes	Após	
1	total	175,11944	167,07966	8,03978
	cervical	79,90471	76,12611	3,77860
	médio	58,13799	55,73513	1,79116
	apical	37,00958	35,21842	1,79116
2	total	129,28602	124,57893	4,70709
	cervical	70,79471	67,99776	2,79695
	médio	44,11000	42,70572	1,40428
	apical	14,80062	14,27811	0,52251
3	total	100,21616	95,3232	4,89296
	cervical	50,51877	48,43268	2,08609
	médio	33,60734	31,09178	2,51556
	apical	16,56877	16,25662	0,31215
4	total	174,16699	171,20886	2,95813
	cervical	75,11514	73,21292	1,90222
	medio	60,74527	59,90631	0,83896
	apical	38,30658	38,08963	0,21695
5	total	207,88113	204,13340	3,74773
	cervical	90,59439	87,83896	2,75543
	médio	72,70792	71,94467	0,76325
	apical	44,57882	44,34977	0,22905
6	total	153,56854	149,75586	3,81268
	cervical	82,12499	79,73900	2,38599
	médio	48,67505	47,62925	1,04580
	apical	23,29296	22,90163	0,39133
7	total	211,30742	204,50248	6,80494
	cervical	106,28453	102,11551	4,16902
	médio	71,81115	69,98890	1,82225
	apical	33,84603	33,01560	0,83043
8	total	218,66853	212,21530	6,45323
	cervical	108,17816	104,40168	3,77648
	médio	70,93588	69,04316	1,89272
	apical	40,16475	39,36454	0,80021
9	total	144,12753	135,51642	8,61111
	cervical	76,27369	71,37793	4,89576
	medio	46,49060	43,89165	2,59895

Continua

Conclusão

	apical	21,80468	20,66423	1,14045
10	total	163,34598	156,43242	6,91356
	cervical	93,17212	89,66422	3,50790
	médio	53,75712	50,35830	3,39882
	apical	18,23404	16,92684	1,30720
11	total	189,26177	182,36499	6,89678
	cervical	104,60245	100,35531	4,24714
	médio	61,48956	59,44283	2,04673
	apical	23,72022	23,09392	0,62630
12	total	175,19861	166,41074	8,78787
	cervical	92,16268	88,10942	4,05326
	médio	57,74246	54,79430	2,94816
	apical	25,89147	24,07008	1,82139

APENDICE C - Valores originais para o grupo XPS do volume do canal pré e pós preparo, bem como o aumento do canal em mm³ e percentual nos terços cervical, médio e apical, e em toda a extensão do canal

Grupo XPS	Terços	Volume canal (mm ³)		Aumento volume canal	Aumento % volume canal
		Antes	Após	Após	Após
1	total	8,00922	13,50425	5,49503	69%
	cervical	3,65900	7,61255	3,95355	108%
	médio	3,11404	4,22674	1,11270	36%
	apical	1,67620	2,04	0,36345	22%
2	total	6,31688	14,24044	7,92356	125%
	cervical	3,96092	8,58178	4,62086	117%
	médio	3,50349	5,52873	2,02524	58%
	apical	1,06039	2,04087	0,98048	92%
3	total	3,76348	8,48827	4,72479	126%
	cervical	2,17238	5,34245	3,17007	146%
	médio	1,33324	2,32877	0,99553	75%
	apical	0,56615	0,81655	0,25040	44%
4	total	10,82214	12,87318	2,05104	19%
	cervical	4,22561	5,59153	1,36592	13%
	medio	4,58595	5,03828	0,45233	10%
	apical	2,01257	2,24257	0,23000	11%
5	total	8,68154	10,33665	1,65511	19%
	cervical	4,15088	5,11629	0,96541	23%
	médio	3,20229	3,69927	0,49698	16%
	apical	1,32734	1,52005	0,19271	15%
6	total	3,76694	9,06329	5,29635	141%
	cervical	1,97292	4,78150	2,80858	142%
	médio	1,25984	3,06837	1,80853	144%
	apical	0,53362	1,20700	0,67338	126%
7	total	10,62717	14,76715	4,13998	39%
	cervical	5,74395	7,89506	2,15111	37%
	médio	3,91586	5,34915	1,43329	37%
	apical	1,02201	1,54268	0,52067	51%
8	total	7,63783	9,02072	1,38289	18%
	cervical	3,85029	4,53313	0,68284	18%
	médio	2,78845	3,32780	0,53935	19%
	apical	0,99835	1,15891	0,16056	16%
9	total	5,71432	8,38752	2,67320	47%
	cervical	3,22659	5,14102	1,91443	59%
	medio	1,77386	2,34611	0,57225	32%

Continua

Conclusão

	apical	0,72074	0,89986	0,17912	25%
10	total	2,95581	8,62149	5,66568	192%
	cervical	1,57744	5,20071	3,62327	230%
	médio	1,17270	2,85942	1,68672	144%
	apical	0,20509	0,56069	0,35560	173%
11	total	3,70706	9,39021	5,68315	153%
	cervical	2,42507	5,91484	3,48977	144%
	médio	0,92643	2,81089	1,88446	203%
	apical	0,39171	0,66387	0,27216	69%
12	total	6,18855	8,67570	2,48715	40%
	cervical	3,55461	5,16239	1,60778	45%
	médio	2,17580	2,87995	0,70415	32%
	apical	0,46908	0,63285	0,16377	35%

APENDICE D – Valores originais para o grupo REC do volume do canal pré e pós preparo, bem como o aumento do canal em mm³ e percentual nos terços cervical, médio e apical, e em toda a extensão do canal

Grupo XPS	Terços	Volume Canal (mm ³)		Aumento volume canal	Aumento volume canal %
		Antes	Após	Após	Após
1	total	3,815	8,900	5,08472	133%
	cervical	2,098	5,024	2,92558	139%
	médio	1,120	2,780	1,66001	148%
	apical	0,597	1,096	0,49903	84%
2	total	6,337	10,67951	4,34252	69%
	cervical	3,532	6,22356	2,69205	76%
	médio	2,242	3,51784	1,27557	57%
	apical	0,582	0,97169	0,39013	67%
3	total	3,04372	6,84316	3,79944	125%
	cervical	1,84434	3,50278	1,65844	90%
	médio	0,81859	2,05958	1,24099	152%
	apical	0,39257	1,31101	0,91844	234%
4	total	6,612	9,21000	2,59778	39%
	cervical	3,023	5,179	2,15668	71%
	medio	2,755	3,054	0,29881	11%
	apical	0,834	0,976	0,14228	17%
5	total	6,612	11,53700	4,92478	74%
	cervical	3,022	6,124	3,10183	103%
	médio	2,613	3,738	1,12445	43%
	apical	1,179	1,675	0,49596	42%
6	total	6,473	11,451	2,90895	45%
	cervical	3,398	6,307	2,90895	86%
	médio	2,418	3,994	1,57589	65%
	apical	0,680	1,189	0,50849	75%
7	total	7,761	15,522	7,76068	100%
	cervical	4,048	8,849	4,80138	119%
	médio	2,510	4,633	2,12278	85%
	apical	1,223	2,079	0,85617	70%
8	total	9,029	16,321	7,29212	81%
	cervical	4,279	8,426	4,14664	97%
	médio	2,602	4,990	2,38843	92%
	apical	2,170	2,947	0,77733	36%
9	total	4,392	11,828	7,43616	169%
	cervical	1,955	6,252	4,29711	220%
	medio	1,608	3,765	2,15686	134%
	apical	0,846	1,850	1,00331	119%

Continua

Conclusão

10	total	5,647	15,267	9,62010	170%
	cervical	3,808	8,451	4,64298	122%
	médio	1,322	4,473	3,15121	238%
	apical	0,529	2,388	1,85863	351%
11	total	5,853	13,951	8,09779	138%
	cervical	3,633	8,190	4,55693	125%
	médio	1,591	4,164	2,57317	162%
	apical	0,642	1,637	0,99496	155%
12	total	5,758	11,899	6,14137	107%
	cervical	3,121	6,455	3,33348	107%
	médio	1,795	3,890	2,09495	117%
	apical	0,859	1,597	0,49596	58%

APENDICE E - Valores originais para o grupo XPS da área de superfície do canal pré e pós preparo, bem como a superfície não tocada em área e percentual nos terços cervical, médio e apical, e em toda a extensão do canal

Grupo XPS	Terços	Área Superfície (mm2)		Superfície não tocada (mm2)	Superfície não tocada (%)
		Antes	Após	Após	Após
1	total	82,80573	88,76910	27,04523	33%
	cervical	37,59363	41,19902	10,67138	28%
	médio	30,76051	33,53323	11,17290	36%
	apical	17,40934	18,99222	5,99682	34%
2	total	92,45382	103,74513	10,09370	11%
	cervical	41,27292	51,93540	6,09073	15%
	médio	38,59900	41,53009	4,25240	11%
	apical	19,07608	22,11783	4,12150	22%
3	total	46,47197	54,33824	15,16919	33%
	cervical	27,31172	31,67306	12,10469	26%
	médio	14,76992	16,87469	4,78713	32%
	apical	7,50218	8,18570	3,13724	42%
4	total	80,08163	84,20332	46,38108	58%
	cervical	32,78177	36,46058	16,44609	21%
	medio	33,07011	34,22909	18,44816	56%
	apical	17,27561	18,18331	11,66857	68%
5	total	65,59348	68,12735	36,37805	55%
	cervical	27,67691	28,84152	13,41842	20%
	médio	26,49199	28,56598	13,02233	49%
	apical	15,77305	15,88907	10,04920	64%
6	total	57,60816	71,70941	23,95237	42%
	cervical	28,88231	35,37821	12,95349	45%
	médio	23,25472	29,79582	9,33314	40%
	apical	6,64047	9,75301	1,74459	26%
7	total	73,72465	77,52186	18,99424	26%
	cervical	34,77238	38,74946	10,24174	14%
	médio	31,64717	33,86410	6,11887	19%
	apical	9,48206	11,25989	2,64255	28%
8	total	57,34243	59,82852	18,23324	32%
	cervical	27,66852	29,27397	9,88167	36%
	médio	23,83494	25,09067	5,01646	21%
	apical	9,65556	10,07595	3,33325	35%
9	total	47,90803	50,37983	16,14424	34%
	cervical	26,54801	28,70786	8,31218	31%

Continua

Conclusão

	medio	16,32711	16,94726	7,09324	43%
	apical	7,00421	7,64410	0,73008	10%
10	total	41,01322	59,06371	6,87956	17%
	cervical	20,88370	32,80227	3,63983	17%
	médio	16,87696	22,37498	1,84676	11%
	apical	4,45708	6,51456	1,45206	33%
11	total	46,84450	62,77942	9,48751	20%
	cervical	26,94953	36,83438	4,66591	17%
	médio	14,11251	22,77803	2,66480	19%
	apical	5,54096	6,04732	2,15479	19%
12	total	46,81532	49,41039	18,51496	40%
	cervical	25,84173	27,81103	8,63749	26%
	médio	17,15732	18,37602	6,73667	19%
	apical	5,70513	6,01566	3,28173	58%

APÊNDICE F - Valores originais para o grupo XPS da área de superfície do canal pré e pós preparo, bem como a superfície não tocada em área e percentual nos terços cervical, médio e apical, e em toda a extensão do canal

Grupo XPS	Terços	Área Superfície (mm2)		Superfície não tocada (mm2)	Superfície não tocada (%)
		Antes	Após	Após	Após
1	total	52,778	67,291	23,68021	45%
	cervical	24,597	31,064	10,53895	43%
	médio	15,847	22,662	6,24659	39%
	apical	12,335	13,565	6,89467	56%
2	total	58,77282	65,48900	52,72505	90%
	cervical	31,42004	36,26687	29,01984	92%
	médio	22,98909	24,87277	21,58166	94%
	apical	6,63638	8,37313	2,12355	32%
3	total	33,26183	42,68316	22,01624	66%
	cervical	16,47101	20,75114	13,77510	84%
	médio	10,22938	14,09600	3,97864	39%
	apical	8,03043	11,46913	4,26250	53%
4	total	60,00800	67,736	50,93285	85%
	cervical	29,009	33,189	21,55774	74%
	medio	22,685	23,981	21,83553	96%
	apical	8,315	10,566	7,53958	91%
5	total	74,912	80,731	43,05550	57%
	cervical	32,202	36,097	13,6825	42%
	médio	27,959	29,712	21,4176	77%
	apical	14,750	14,923	7,9554	54%
6	total	54,21	64,98603	29,48	54%
	cervical	28,15	33,29368	13,01	46%
	médio	21,67	26,68249	14,58	67%
	apical	7,29	9,99235	2,24	31%
7	total	83,34	88,46442	39,21	47%
	cervical	42,11	45,42268	16,36	39%
	médio	28,00	29,77204	14,23	51%
	apical	15,76	18,16252	9,31	59%
8	total	72,67	91,82487	39,55	54%
	cervical	31,11	42,01960	14,41	46%
	médio	23,68	31,44671	9,45	40%
	apical	20,54	23,73484	15,83	77%
9	total	48,99	72,05633	9,07	19%
	cervical	18,37	36,87777	1,34	7%

Continua

Conclusão

	medio	20,59	27,03117	7,09	34%
	apical	9,17	13,05868	0,85	9%
10	total	51,56	76,77472	8,07	16%
	cervical	26,20	39,85173	3,37	13%
	médio	16,63	25,64559	3,01	18%
	apical	10,21	65,51714	1,83	18%
11	total	60,73	76,62446	25,77	42%
	cervical	32,53	41,40348	15,02	46%
	médio	20,54	27,55622	7,73	38%
	apical	9,36	12,89764	3,09	33%
12	total	68,12	76,88824	27,29	40%
	cervical	32,39	39,26843	5,66	17%
	médio	25,51	29,74297	13,86	54%
	apical	12,45	13,01045	8,22	66%

APÊNDICE G - Valores originais para o grupo XPS do volume de debris dentinários após preparo nos terços cervical, médio e apical, e em toda a extensão do canal

XP-endo Shaper	Terços	Debris (mm3) pós preparo
1	total	0,27381
	cervical	0,15653
	médio	0,08673
	apical	0,03500
2	total	0,12529
	cervical	0,05894
	médio	0,03241
	apical	0,05406
3	total	0,31276
	cervical	0,28278
	médio	0,08356
	apical	0,02805
4	total	0,59893
	cervical	0,23184
	medio	0,20594
	apical	0,16140
5	total	0,60779
	cervical	0,17064
	médio	0,27345
	apical	0,16332
6	total	0,34966
	cervical	0,19384
	médio	0,13825
	apical	0,01743
7	total	0,14327
	cervical	0,06779
	médio	0,04210
	apical	0,03318
8	total	0,14678
	cervical	0,10503
	médio	0,01791
	apical	0,02373
9	total	0,13719
	cervical	0,06940

Continua

Conclusão

	médio	0,06711
	apical	0,00371
10	total	0,06628
	cervical	0,03201
	médio	0,01707
	apical	0,01704
11	total	0,14113
	cervical	0,04558
	médio	0,03833
	apical	0,05719
12	total	0,17549
	cervical	0,09042
	médio	0,05219
	apical	0,03493

APÊNDICE H - Valores originais para o grupo Reciproc do volume de debris dentinários após preparo nos terços cervical, médio e apical, e em toda a extensão do canal

Reciproc	Terços	Debris (mm3) pós preparo
1	total	0,44573
	cervical	0,20537
	médio	0,13217
	apical	0,10819
2	total	1,54116
	cervical	0,83419
	médio	0,68538
	apical	0,02159
3	total	0,50267
	cervical	0,26687
	médio	0,13987
	apical	0,09593
4	total	1,39402
	cervical	0,34134
	medio	0,78301
	apical	0,26967
5	total	1,00377
	cervical	0,17785
	médio	0,47424
	apical	0,35168
6	total	0,418
	cervical	0,150
	médio	0,235
	apical	0,034
7	total	1,171
	cervical	0,330
	médio	0,518
	apical	0,329
8	total	0,401
	cervical	0,151
	médio	0,120
	apical	0,131
9	total	0,238
	cervical	0,118
	médio	0,215
	apical	0,013

Continua

Conclusão

10	total	0,187
	cervical	0,077
	médio	0,066
	apical	0,045
11	total	0,547
	cervical	0,080
	médio	0,274
	apical	0,194
12	total	0,632
	cervical	0,164
	médio	0,372
	apical	0,098

APÊNDICE I - Valores originais para o grupo XP-endo para o desvio apical

Dentes Pri XP-Shaper	Terço	Desvio canal MV (mm ³)	Desvio canal ML (mm ³)
1	apical	0,02840	0,03160
2	apical	0,04880	0,06560
3	apical	0,04850	0,04850
4	apical	0,02810	0,03800
5	apical	0,03210	0,07920
6	apical	0,09450	0,09530
7	apical	0,33170	0,23090
8	apical	0,05410	1,00910
9	apical	0,60464	0,02270
10	apical	0,91084	0,63400
11	apical	0,12160	0,08230
12	apical	0,07580	0,06050

APÊNDICE J - Valores originais para o grupo Reciproc para o desvio apical

Dentes Pri XP-Shaper	Terço	Desvio canal MV (mm ³)	Desvio canal ML (mm ³)
1	apical	0,06800	0,06330
2	apical	0,04210	0,04030
3	apical	0,17950	0,48220
4	apical	0,12230	0,11300
5	apical	0,17040	0,13790
6	apical	0,11360	0,10570
7	apical	0,11360	0,15861
8	apical	0,10240	0,05830
9	apical	0,07170	0,08630
10	apical	0,13010	0,14890
11	apical	0,11210	0,12240
12	apical	0,16690	0,17370

APÊNDICE K – Modelos 3D representativos dos canais mesiais do grupo do sistema XPS antes do preparo (verde) e após o preparo (vermelha) e, depois, a sobreposição destes modelos, ilustrando qualitativamente, as superfícies preparadas e não preparadas dos canais radiculares pelo instrumento. Encontram-se ainda ilustrados os modelos tridimensionais representativos dos debris remanescentes (preto), bem como sua sobreposição ao canal após preparo (vermelho)

APÊNDICE L – Modelos 3D representativos dos canais mesiais do grupo do sistema REC antes do preparo (verde) e após o preparo (vermelha) e, depois, a sobreposição destes modelos, ilustrando qualitativamente, as superfícies preparadas e não preparadas dos canais radiculares pelo instrumento. Encontram-se ainda ilustrados os modelos tridimensionais representativos dos debris remanescentes (preto), bem como sua sobreposição ao canal após preparo (vermelho)

ANEXO A – Parecer de Comitê e Ética em Pesquisa

FACULDADE DE
ODONTOLOGIA USP - SÃO
PAULO

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Avaliação Microtomográfica da efetividade do instrumento XP Finisher-R e de duas técnicas complementares da irrigação final do sistema de canais preparados com XP Shaper, quanto à remoção de materiais obturadores em reintervenções endodônticas.

Pesquisador: PRISCILLA OLIVEIRA FONSECA FERNANDES

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 77624917.0.0000.0075

Instituição Proponente: Universidade de São Paulo - Faculdade de Odontologia

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 2.340.495

Apresentação do Projeto:

Avaliar o volume de material obturador remanescente após a utilização do instrumento XP-Endo Finisher R, em retratamentos endodônticos de canais mesiais de molares inferiores.

- Avaliar, nos mesmos canais, o volume de material obturador remanescente após o reparo químico-cirúrgico e irrigação final com o sistema sônico Eddy e a Irrigação Ultrassônica Passiva.

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Primário:

"Primeira etapa da pesquisa: Avaliar os resultados do preparo do canal radicular realizado com instrumento XP-ShaperNa Segunda etapa: Avaliar a eficácia do instrumento XP-Endo Finisher Retreatment, e de dois métodos de irrigação final (sistema sônico Eddy e PUI), na remoção de materiais obturadores remanescentes, em retratamentos endodônticos de molares inferiores, através de imagens obtidas por micro-CT.

Objetivo Secundário:

- Avaliar o volume de material obturador remanescente após a utilização do instrumento XP-Endo Finisher R, em retratamentos endodônticos de canais mesiais de molares inferiores.- Avaliar, nos mesmos canais, o volume de material obturador remanescente após o reparo químico cirúrgico

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 USP - SÃO
PAULO

Continuação do Parecer: 2.340.405

e Irrigação final com o sistema sônico Eddy e a Irrigação Ultrassônica Passiva.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos:

Os riscos são mínimos pois os dentes serão doados do Biobanco da FOUSP.

Benefícios:

"Auxílio no desenvolvimento de novas técnicas de preparo do canal radicular, visando otimizar os resultados desse procedimento, o que também poderá refletir positivamente aos pacientes."

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

A pesquisa está bem delineada. Contém proposta e objetivos claros.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Todos os documentos exigidos pela Resolução CNS 466/12 foram anexados corretamente (Projeto Detalhado, Folha de Rosto e Autorização do Biobanco).

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 foram observados óbices éticos.

Considerações Finais a critério do CEP:

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_988088.pdf	25/09/2017 23:01:24		Acelto
Folha de Rosto	folhaderosto2.pdf	25/09/2017 23:00:37	PRISCILLA OLIVEIRA FONSECA	Acelto
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	ProjetoPriscilla.docx	12/09/2017 00:17:18	PRISCILLA OLIVEIRA FONSECA	Acelto

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: cepto@usp.br

FACULDADE DE
ODONTOLOGIA USP - SÃO
PAULO

Continuação do Parecer: 2.340.405

Declaração de Manuseio Material Biológico / Biorepositório / Biobanco	AutorizacaoBiobanco.pdf	05/09/2017 19:14:20	PRISCILLA OLIVEIRA FONSECA FERNANDES	Acelto
---	-------------------------	------------------------	---	--------

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

SAO PAULO, 20 de Outubro de 2017

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: capto@usp.br

ANEXO B – Parâmetros para aquisição das projeções dos espécimes

[Acquisition]

Data directory=D:\GENÉTICA\PRISCILLA\PRE_10

Filename Prefix=PRE_10

Filename Index Length=4

Number of Files= 395

Source Voltage (kV)= 63

Source Current (uA)= 310

Number of Rows= 1336

Number of Columns= 2000

Image crop origin X= 0

Image crop origin Y=0

Camera binning=2x2

Image Rotation=-0.3630

Gantry direction=CC

Number of connected scans=1

Image Pixel Size (um)= 17.42

Object to Source (mm)=119.890

Camera to Source (mm)=170.180

System Matrix Calibration=NO

Vertical Object Position (mm)=60.481

Optical Axis (line)= 670

Filter=Cu + Al

Image Format=TIFF

Data Offset (bytes)= 264

Horizontal overlap (pixel)=64

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)= 410

Rotation Step (deg)=0.500

Frame Averaging=ON (3)

Use 360 Rotation=NO

Geometrical Correction=ON

Camera Offset=OFF

Scanning Start Angle=0.000

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=28.12 °C

Study Date and Time=Feb 14, 2017 13:28:12

Scan duration=00:16:25

ANEXO C – Parâmetros para reconstrução dos espécimes

[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=PRE_10~00

Dataset Directory=D:\GENÉTICA\PRISCILLA\PRE_10

Output Directory=D:\GENÉTICA\PRISCILLA\PRE_10\PRE_10_Rec

Time and Date=Feb 15, 2017 10:53:41

First Section=161

Last Section=1239

Reconstruction duration per slice (seconds)=0.263207

Total reconstruction time (1079 slices) in seconds=284.000000

Postalignment=1.50

Section to Section Step=1

Sections Count=1079

Result File Type=BMP

Result File Header Length (bytes)=1134

Result Image Width (pixels)=2000

Result Image Height (pixels)=2000

Pixel Size (um)=17.42100

Reconstruction Angular Range (deg)=197.50

Use 180+=OFF

Angular Step (deg)=0.5000

Smoothing=2

Smoothing kernel=2 (Gaussian)

Ring Artifact Correction=3

Draw Scales=OFF

Object Bigger than FOV=OFF

Reconstruction from ROI=OFF

Filter cutoff relative to Nyquist frequency=100

Filter type=0

Filter type meaning(1)=0: Hamming (Ramp in case of optical scanner); 1: Hann; 2: Ramp; 3: Almost Ramp;

Filter type meaning(2)=11: Cosine; 12: Shepp-Logan; [100,200]: Generalized Hamming, $\alpha=(iFilter-100)/100$

Undersampling factor=1

Threshold for defect pixel mask (%)=0

Beam Hardening Correction (%)=30

CS Static Rotation (deg)=0.00

Minimum for CS to Image Conversion=0.000000

Maximum for CS to Image Conversion=0.044900

HU Calibration=OFF

BMP LUT=0

Cone-beam Angle Horiz.(deg)=16.535358

Cone-beam Angle Vert.(deg)=11.088192

[File name convention]

Filename Index Length=4

Filename Prefix=PRE_10_rec

ANEXO D – Lista de tarefas utilizada para seguitentar a superfície não tocada e os debris dentinários

ANEXO E – Lista de tarefas para seguitentar os valores para x, y e z para o cálculo do desvio apical