HERMANO CAMELO PAIVA

**Avaliação microtomográfica dos desgastes não controlados de dentina e da
remoção de *debris* dentinários em canais com diferentes curvaturas após
irrigação ultrassônica ativada**

São Paulo

2018

HERMANO CAMELO PAIVA

Avaliação microtomográfica dos desgastes não controlados de dentina e da remoção de *debris* dentinários em canais com diferentes curvaturas após irrigação ultrassônica ativada

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

2018

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

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

Paiva, Hermano Camelo.

Avaliação microtomográfica dos desgastes não controlados de dentina e da remoção de *debris* dentinários em canais com diferentes curvaturas após irrigação ultrassônica ativada / Hermano Camelo Paiva ; orientador Giulio Gavini. -- São Paulo, 2018.

103 p. : tab., fig., graf. ; 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. Microtomografia computadorizada. 2. Ativação ultrassônica. 3. Debris Dentinários. I. Gavini, Giulio. II. Título.

Paiva HC. Avaliação microtomográfica dos desgastes não controlados de dentina e da remoção de *debris* dentinários em canais com diferentes curvaturas após irrigação ultrassônica ativada. Dissertação apresentada à Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências.

Aprovado em: 14/03/2019

Banca Examinadora

Prof. Dr. Celso Luis Caldeira

Instituição: Universidade de São Paulo

Julgamento: Aprovado

Prof. Dr. Eduardo Akisue

Instituição: Universidade Santa Cecília

Julgamento: Aprovado

Profa. Dra. Elaine Faga Iglecias

Instituição: Universidade Paulista

Julgamento: Aprovado

Dedico este trabalho à uma das minhas mães, Luiza Helena Camelo Paiva, sei que ajuda a guiar meus passos e está muito feliz me vendo lá de cima. Te amo!

AGRADECIMENTOS

À Deus, por todas as obras que fez na minha vida e por estar sempre presente em todos os momentos, sustentando a mim e à minha família.

Aos meus pais, Chagas e Ivone e aos demais familiares que sempre me incentivaram de todas as maneiras para que seguisse meus sonhos e objetivos, e que mesmo de longe sempre estiveram na torcida, fazendo-se presentes.

À Sabrina Saldanha, que me acompanhou em toda a trajetória neste período do mestrado, nos bons e maus momentos, sempre me apoiando, aconselhando e dando forças para seguir em frente.

À dona Maria José de Brito, que me acolheu não como hóspede, mas como filho durante esse último ano do mestrado, e à toda a família Brito, não tenho palavras para agradecer. A minha mais profunda gratidão.

À Luiza Paz, conterrânea que junto comigo perseverou na ideia de fazer o mestrado longe da terrinha e desde o início, ainda na especialização, sempre foi uma amiga que ajudou muito a superar os meus medos.

Ao querido amigo e professor George Candeiro, quem mais me incentivou a iniciar na docência e na pesquisa, pelos ensinamentos, pelas oportunidades e por acreditar em mim muitas vezes até mais do que eu mesmo. Sou muito grato a Deus por ter colocado você no meu caminho.

Ao meu orientador, Giulio Gavini, a quem tenho muito respeito e admiração pelo professor e orientador que é, e por tudo que me ensinou durante todo o período do mestrado. Sempre se mostrou muito solícito e nos momentos certos sempre esteve presente. Muito obrigado professor, para mim foi uma honra ter sido seu orientado.

À querida Elaine Faga Iglecias, que esteve mais próxima a mim no desenvolvimento deste trabalho, sempre paciente e disposta a ensinar, e mesmo nos momentos de dificuldade me transmitia tranquilidade para seguir, muito obrigado por tudo, você foi fundamental para que ele pudesse ser realizado.

À Laila Gonzales Freire, por toda a disponibilidade e ajuda que deu para que esse trabalho pudesse ser realizado.

À amiga Andréa Ávila, que pude conhecer mais recentemente durante esse período em São Paulo. Muito obrigado pela sua amizade, pela confiança em mim depositada e por todas as oportunidades.

À Priscilla Fernandes, Breno Nappi e Basílio Rodrigues por toda a ajuda que deram para na aquisição e análise das imagens, vocês foram fundamentais para a realização deste trabalho.

À amiga Cláudia Bosio, pela convivência e companhia nos bandejões da vida. Por todos os conselhos que me deu. Para mim você foi como uma irmã mais velha. Muito obrigado!

À Juliana Couto, pela amizade verdadeira, pelo carisma, sempre alegre e com suas brincadeiras no dia-a-dia durante as disciplinas e clínicas, que ajudaram a esquecer um pouco as dificuldades enfrentadas. Muito obrigado minha amiga!

Aos demais amigos da pós-graduação: Juan Ordóñez, Ezequias Rodrigues, Amanda Willers, Lucas Cortopasi, Olívia Aires, Giovanni Liberatti, Amanda Cavalcanti, Vanessa Moredo, Caroline Carvalho, Caroline Rodrigues, Carolina Pardo, Laís Pizzato, Leticia Sakae, Rennan Santos, Karin Landmayer, Juliana Rodrigues, Sandra Cunha, Diana Pereira, Carlos Shimokawa, Savio Bezerra, Yael Engel, Ítallo Vianna, Leonardo Lima, Juliana Costa, Samuel Paiva, Iandara Scardini, Giovanna Sarra, Bruna Gontijo, Stephannie Zamalloa, Fernanda Rodrigues, Erika Araújo, Caio Colombini, Eduardo Akisue, Gustavo Rubino, Aline Gouvêa, André Craveiro, Carlos Nogales, Alexandre Carvalho, Fernanda Bruno, Felipe Potgornik, Fabricio Coelho, Lais Prado, Thais Nejm, Janet Romero, Laura Nardello, Lorena Leite e Roberto Romero. É difícil compreender como uma turma tão grande, com pessoas dos mais diversos lugares do Brasil e América Latina, consegue se relacionar tão bem uns com os outros como nós. Vocês foram uma verdadeira família para mim, jamais esquecerei a amizade de vocês.

Aos demais professores Ericka Pinheiro, Carla Sipert, Manuel Machado, Celso Caldeira, Igor Prokopowitsch, Maine Skelton, Laila Freire, Lage-Marques e Marcelo dos Santos por todos os ensinamentos passados, críticas construtivas e cobranças

durante o período em que pude conviver e que tiveram grande contribuição na minha formação, muito obrigado.

À secretaria do departamento de dentística, em especial à Selma e Sr. Aldo pela amizade, por sempre serem prestativos e ajudarem com os problemas burocráticos, documentações e prazos.

A todos os alunos de graduação que eu pude conviver, por todos os sorrisos a cada manhã de clínica, pelas brincadeiras e descontrações e por terem me dado a oportunidade de contribuir com o seu processo de aprendizagem e ao mesmo tempo me ajudarem a entender e ter um pouco de experiência na docência.

À Capes pela concessão da bolsa, sem a qual não seria possível eu fazer essa pós-graduação.

“Seja você quem for, seja qual for a posição social que você tenha na vida, a mais alta ou a mais baixa, tenha sempre como meta muita força, muita determinação e sempre faça tudo com muito amor e com muita fé em Deus, que um dia você chega lá. De alguma maneira você chega lá.”

(Ayrton Senna)

RESUMO

Paiva HC. Avaliação microtomográfica dos desgastes não controlados de dentina e da remoção de *debris* dentinários em canais com diferentes curvaturas após irrigação ultrassônica ativada [dissertação]. São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Odontologia; 2018. Versão Corrigida.

A ativação ultrassônica é um dos métodos mais utilizados para aumentar a eficiência mecânica e química dos irrigantes. No entanto, além de possivelmente causar desgastes indesejáveis na parede do canal, questiona-se a eficiência mecânica da irrigação ultrassônica ativada em canais com curvatura acentuada. O presente estudo teve como objetivo avaliar, por meio da microtomografia computadorizada (micro-CT) a influência do grau de curvatura dos canais radiculares nos desgastes dentinários não controlados produzidos pelo uso da Irrigação Ultrassônica Ativada (UAI), no percentual de *debris* dentinários remanescentes após UAI e o transporte do canal. Foram selecionados canais mesiais de 24 molares inferiores permanentes humanos, sendo 12 dentes com curvatura média de 25,5° (Curvatura Moderada) e 12 dentes com curvatura média de 50,9° (Curvatura Acentuada). Após escaneamento pré-operatório com um Microtomógrafo de raios-X, os canais foram preparados com os instrumentos Mtwo. Os dentes foram divididos em 2 grupos: Grupo CM (n=12) e Grupo CA (n=12). Ambos os grupos receberam irrigação ultrassônica ativada e em seguida foram escaneados novamente. Foram quantificados o volume e a profundidade máxima dos desgastes não controlados das paredes dos canais radiculares, o percentual de *debris* dentinários remanescentes e o transporte do canal. Foi realizada análise estatística, utilizando o software GraphPad Prism 7, com nível de significância de $p < 0,05$. Os resultados mostraram que os grupos, apresentaram resultados semelhantes quanto ao volume de desgaste não controlado, porém o grupo CA apresentou desgastes mais acentuados no terço apical e um maior percentual de *debris* remanescente nos terços médio, apical e no total do canal radicular, além de promover desvio do canal no terço apical. Este estudo concluiu que curvaturas acentuadas interferem na profundidade do desgaste, na manutenção dos *debris* e no transporte do canal.

Palavras-chave: Microtomografia computadorizada. Ativação Ultrassônica. *Debris* Dentinários.

ABSTRACT

Paiva HC. Microtomography evaluation of the uncontrolled removal of dentin and removal of hard tissue *debris* during activated ultrasonic irrigation in root canals with different curvatures [dissertation]. São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Odontologia; 2018. Versão Corrigida.

Ultrasonic activation is one of the most widely used supplementary irrigation methods. However, besides Ultrasonic Activated Irrigation (UAI) possibly causes uncontrolled removal of dentin in the root canal walls, it is unknown the efficiency of the ultrasonic irrigation in root canals with severe curvatures. The aim of the present study was evaluate using microcomputed tomography, the influence of the degrees of curvature in the percentage of remaining hard tissue *debris*, uncontrolled removal of dentin during UAI and root canal transportation. Twenty-four mesial roots of mandibular molars, 12 teeth with a mean curvature of 25.5° (Moderate Curvature) and 12 teeth with a mean curvature of 50.9° (Accentuated Curvature) were selected. After the pre-operative scanning with an X-ray microcomputed tomography, the specimens were prepared to size 35.04. The teeth were divided into two groups: Group CM (n = 12) and Group CA (n = 12). Both groups received ultrasonic irrigation and were scanned again. The maximum deep of the defects, volume of the uncontrolled removal of dentin, the percentage of remaining hard tissue *debris* and the root canal transportation were quantified. A statistical analysis was performed using GraphPad Prism 7 software, use Mann-Whitney test with a significance level of $p < 0.05$. The results showed that the groups CM and CA had similar results in volume of uncontrolled removal of dentin, but the CA group show maximum deep defects more severe in the apical third, more percentage of hard tissue *debris* remaining in the middle, apical and total thirds of the canal root canal and a higher transport of the canal in the apical third. This study concluded that severe curves interfered in the maximum depth defects, in the maintenance of the *debris* and the transport of the canal.

Keywords: Microcomputed Tomography. Ultrasonic activation. Hard Tissue *Debris*.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 4.1 Seleção dos dentes. Grupo Curvatura Moderada (A); Grupo Curvatura acentuada (B); Determinação do ângulo de curvatura dos canais radiculares utilizando o software Image J (C)	44
Quadro 4.1 Parâmetros utilizados para obtenção das imagens Microtomográficas	46
Figura 4.2 Microtomógrafo de raios-x SkyScan 1172 (A); Espécime posicionado para a realização do escaneamento microtomográfico (B).....	47
Figura 4.3 Envolvimento das raízes em silicona de condensação, simulando um sistema fechado.....	48
Figura 4.4 Preparo químico-cirúrgico dos canais mesiais	48
Figura 4.5 Ilustração do protocolo utilizado durante o uso da Irrigação Ultrassônica Ativada (A); Utilização da Irrigação Ultrassônica Ativada na direção vestibulo-lingual (B).....	49
Figura 4.6 Reconstrução dos cortes através das projeções em 2D no software NRecon.....	50
Quadro 4.2 Parâmetros utilizados na reconstrução das imagens no software NRecon.....	50
Figura 4.7 Alinhamento e registro das imagens Pré e Pós no software Dataviewer	51
Figura 4.8 Seleção de uma nova região de interesse (ROI) (A); Novo dataset separando apenas a raiz mesial (B); Imagem binarizada e seu respectivo histograma de densidade (C e D)	52
Figura 4.9 <i>Taks List</i>	52

- Figura 4.10 Corte transversal mostrando o canal pós preparo (A); Sobreposição do canal antes do preparo e após o preparo (B); Área em branco mostrando onde antes havia espaço vazio, agora ocupado por material de densidade semelhante à dentina (C); *Debri* dentinário evidenciado pelas setas amarelas (D) 53
- Figura 4.11 Corte transversal mostrando o canal pós preparo (A); Imagem binarizada do canal após o preparo (B); Corte transversal mostrando o canal pós UAI (C); Imagem binarizada do canal após UAI (D); Sobreposição das imagens Pós Preparo e Pós UAI (E e F); *Debri* remanescente após UAI (G) 53
- Figura 4.12 Corte transversal mostrando o canal antes do preparo (A); Corte transversal mostrando o canal após o preparo (B); Corte transversal mostrando o canal após o uso da UAI (C); Imagem binarizada do canal antes do preparo (D); Imagem binarizada do canal após o preparo (E); Imagem binarizada do canal após o uso da UAI (F); Sobreposição entre as imagens binarizadas pós UAI, antes do preparo e após o preparo (G, H e I); Imagem binarizada do desgaste ocasionado pelo inserto ultrassônico durante a ativação da solução irrigadora (J) 54
- Figura 4.13 Mensuração da profundidade máxima do desgaste realizado no *software* CTan, através da ferramenta “*Measure*” 55
- Figura 4.14 Arquivo txt mostrando os números dos centroides de cada secção transversal do canal 56
- Figura 4.15 Gráfico 3D representando o centroide dos canais radiculares. Alinha azul representa o centroide do canal após o Preparo Químico-Cirúrgico e a linha vermelha representa o canal após UAI. Grupo curvatura moderada (A); Grupo curvatura acentuada (B) 56
- Figura 5.1 Gráfico Box Plot representativo do volume de desgaste promovido pela irrigação ultrassônica 60
- Figura 5.2 Gráficos representativos da profundidade de desgaste promovido pelo inserto ultrassônico 61

Figura 5.3 Gráfico Box Plot representativo do percentual de <i>debris</i> remanescente após UAI	60
Figura 5.4 Gráfico Box Plot representativo do desvio do canal após UAI	61
Figura 5.5 Reconstruções 3D dos canais radiculares pós UAI, evidenciando em vermelho os desgastes não-controlados promovidos pelo inserto ultrassônico (Grupo CM)	62
Figura 5.6 Reconstruções 3D dos canais radiculares pós UAI, evidenciando em vermelho os desgastes não-controlados promovidos pelo inserto ultrassônico (Grupo CA)	62
Figura 5.7 Reconstruções 3D dos canais radiculares e suas respectivas secções transversais, indicadas pelas linhas horizontais, evidenciando o desgaste ocasionado pelo inserto ultrassônico (setas vermelhas). Pós preparo químico-cirúrgico (A1 e B1) e pós UAI (A2 e B2). Grupo CA (B); Grupo CM (A)	63
Figura 5.8 Reconstruções 3D dos canais radiculares e do <i>debris</i> (representado em preto) pós preparo químico-cirúrgico (A1 e B1) e pós UAI (A2 e B2). Grupo CA (A); Grupo CM (B)	64

LISTA DE TABELAS

Tabela 5.1 Volume de desgaste promovido pelo inserto ultrassônico (Medianas e Desvios-padrões)	59
Tabela 5.2 Profundidade máxima de desgaste promovido pelo inserto ultrassônico (Medianas e Desvios-padrões)	61
Tabela 5.3 Percentual de <i>debris</i> remanescente no canal radicular após a Irrigação Ultrassônica Passiva (Mediana e desvio-padrões).....	62
Tabela 5.4 Transporte do canal radicular após a Irrigação Ultrassônica Ativada (Mediana e desvio-padrões)	63

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CA	curvatura acentuada
CAAE	Certificado de Apresentação para Apreciação Ética
CM	curvatura moderada
CRT	comprimento real de trabalho
EDTA	ácido etileno diamino tetracético
FOUSP	Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo
mA	microampère
ml	mililitro
Micro-CT	microtomografia computadorizada
kVp	quilovolt (tensão)
µm	micrômetro
Mm	milímetro
NaOCl	hipoclorito de sódio
PQC	preparo químico-cirúrgico
ROI	região de interesse
TIFF	tagged image file format
UAI	irrigação ultrassônica ativada

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	27
2	REVISÃO DE LITERATURA	29
2.1	O ULTRASSOM NA ENDODONTIA E O SEU USO COMO MÉTODO AUXILIAR NA ATIVAÇÃO DAS SOLUÇÕES IRRIGADORAS	29
2.1.1	Desgastes dentinários causados pela UAI	36
2.2	O USO DA MICROTOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA.....	37
3	PROPOSIÇÃO	41
4	MATERIAL E MÉTODOS	43
4.1	MATERIAL	43
4.2	SELEÇÃO DA AMOSTRA.....	44
4.3	PREPARO DAS AMOSTRAS E DIVISÃO DOS GRUPOS	45
4.4	MICROTOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA	45
4.5	PREPARO QUÍMICO-CIRÚRGICO.....	47
4.6	IRRIGAÇÃO FINAL (IRRIGAÇÃO ULTRASSÔNICA ATIVADA). 48	
4.7	RECONSTRUÇÃO DAS IMAGENS	50
4.8	ANÁLISE DOS DADOS.....	51
4.9	ANÁLISE ESTATÍSTICA	57
5	RESULTADOS	59
5.1	VOLUME DE DESGASTE DE DENTINA	59
5.2	PROFUNDIDADE MÁXIMA DO DESGASTE	60
5.3	PERCENTUAL DE <i>DEBRI</i> REMANESCENTE.....	62
5.4	DESVIO	63
6	DISCUSSÃO	67
7	CONCLUSÕES	73
	REFERÊNCIAS.....	75
	APÊNDICES.....	81
	ANEXO.....	101

1 INTRODUÇÃO

O sucesso do tratamento endodôntico depende da eliminação dos microrganismos presentes no canal radicular e da manutenção da sua sanificação. Modelar, limpar, descontaminar e obturar adequadamente o complexo sistema de canais radiculares constitui muitas vezes um desafio, especialmente no terço apical.

O preparo químico-cirúrgico representa uma etapa fundamental para alcançar estes objetivos. No entanto, estudos mostram que tanto os instrumentos mecanizados, quanto as substâncias químicas auxiliares possuem limitações nas regiões anatômicas de difícil acesso. Áreas das paredes dos canais que não são tocadas mecanicamente pelos instrumentos, e *debris* dentinários acumulando-se em regiões de istmos, ramificações e canais acessórios podem influenciar negativamente o tratamento, caso microorganismos remanescentes continuem a desenvolver-se em áreas não preenchidas pelo material obturador.

A efetividade da irrigação pode ser potencializada através de técnicas de agitação que melhoram o alcance das soluções irrigadoras, promovendo melhor limpeza e antisepsia do canal radicular. A ativação ultrassônica é o método mais utilizado para aumentar a eficiência mecânica e química dos irrigantes. Tem sido descrita como passiva, pois espera-se que o inserto ultrassônico oscile livremente, sem contato com as paredes do canal. No entanto, pesquisas mostram que a irrigação ultrassônica ativada (UAI) pode levar à desgastes não controlados de dentina radicular, mesmo com o uso de insertos lisos e sem corte.

Autores afirmam que o toque da ponta de ultrassom com as paredes do canal não impede completamente a oscilação do instrumento e alguns fatores podem interferir na ocorrência e intensidade de desgastes não-controlados, como o tipo de inserto ultrassônico, o tempo de ativação, a posição do inserto no interior do canal.

No entanto, além de possivelmente causar deformações no canal e danos à estrutura radicular, questiona-se a eficiência mecânica da irrigação ultrassônica em canais com curvatura acentuada. Portanto parece ser válido investigar também se existe influência da anatomia (diferentes curvaturas) nos desgastes e na eficiência mecânica da irrigação ultrassônica ativada.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 O USO DO ULTRASSOM NA ENDODONTIA

A busca por dispositivos e equipamentos que auxiliem no preparo e na limpeza do sistema de canais radiculares sempre foi uma busca constante na endodontia. Um dos equipamentos mais utilizados e que vem ganhando cada vez mais força é o ultrassom, sendo muito útil em diversas etapas, como auxílio na limpeza dos canais, remoção de instrumentos fraturados, localização de canais, remoção de pinos intrarradiculares e cirurgia parendodôntica, entre outros.

Richman et al. (1957) foram os primeiros autores a relatarem o uso do ultrassom aplicados à terapia endodôntica, para a limpeza e modelagem do sistema de canais radiculares.

Porém, embora quando introduzido na endodontia tenha ocorrido uma popularização do ultrassom para o uso no preparo químico-cirúrgico, com trabalhos mostrando superioridade nos preparos, remoção maior e mais rápida de dentina, maior capacidade de redução bacteriana e limpeza do canal radicular, estudos posteriores mostraram que o uso dessa tecnologia para o preparo dos canais apresentavam graves problemas, Walmsley et al. (1991) também relataram que o uso do ultrassom para o preparo dos canais produziam desgastes severos ao longo de todo o canal. Schulz-Bongert et al. (1995) compararam o preparo com ultrassom em canais com curvaturas de 30 graus ou mais e observaram severas retificações do canal e perfurações. A partir de então o ultrassom caiu em desuso na endodontia, devido aos problemas ocasionados pelo seu uso.

Embora contraindicado para o preparo dos canais radiculares, estudos que envolviam o ultrassom na terapia endodôntica continuaram a ser realizados, sendo então observadas outras características e benefícios deste equipamento. Ahmad et al. (1993) realizaram um estudo em pequenos canais usando um estereomicroscópio e observaram que os dispositivos ultrassônicos podiam gerar transmissão acústica, que era capaz de movimentar a solução irrigadora presente, desde que fosse evitado o contato firme do dispositivo com a parede do canal.

Encontravam-se, então, outras utilidades para o uso deste dispositivo, principalmente como um equipamento auxiliar nas diversas etapas do tratamento endodôntico. A ativação ultrassônica de irrigantes, sem instrumentação simultânea do canal radicular, foi descrito pela primeira vez por Weller et al. (1980), e Nishiyama et al. (1989) mostraram uma nova técnica de clareamento para dentes desvitalizados através do uso do ultrassom para limpar os túbulos dentinários com uma solução de hipoclorito de sódio a 1%.

Sabe-se que o preparo químico-cirúrgico do canal radicular, que tem como principais objetivos a modelagem, a limpeza e a descontaminação, possui limitações. Estudos mostram que principalmente nas regiões de complexidade anatômica (istmos, reentrâncias, canais acessórios, canais laterais, etc.) existe uma dificuldade da solução irrigadora chegar e realizar a sua função. Áreas das paredes dos canais que não são tocadas mecanicamente pelos instrumentos (Peters et al., 2000; Busquim et al., 2015), e *debris* dentinários acumulando-se em regiões de istmos, ramificações e canais acessórios (Paqué et al., 2011; Freire et al., 2012) podem influenciar negativamente o tratamento, caso microorganismos remanescentes continuem a desenvolver-se em áreas não preenchidas pelo material obturador.

Desde 1982, com o estudo realizado por Abou-Rass e Piccinino (1982), sabemos que a agitação da solução irrigadora, mesmo que com um instrumento manual, no interior do sistema de canais radiculares facilita a chegada da solução irrigadora, sendo benéfica para a limpeza e descontaminação dos canais. Diversos outros estudos mostram que tanto os instrumentos mecanizados, quanto as substâncias químicas auxiliares possuem limitações nas regiões anatômicas de difícil acesso, sendo o ultrassom um dispositivo eficaz na remoção de smear layer e *debrí*.

Lee et al. (2004), compararam a eficácia da irrigação convencional com seringa e irrigação ultrassônica na remoção de *debris* em canais simulados e observaram que a irrigação ultrassônica foi mais eficaz do que a irrigação convencional na remoção de *debris* em irregularidades artificiais criadas nos canais radiculares simulados.

van der Sluis et al. (2005), compararam a eficácia da irrigação ultrassônica com um fio liso e uma lima convencional de K, na remoção de *debris* em sulcos artificiais confeccionados em canais simulados em blocos de resina. Os resultados mostraram que os *debris* foram completamente removidos dos sulcos em 87,5% dos espécimes

não havendo diferença significativa entre os grupos. Os autores concluíram que o uso de um fio liso com a irrigação ultrassônica é tão eficaz quanto uma lima k manual tamanho #15 na remoção de *debris*.

van der Sluis et al. (2007), realizaram uma revisão de literatura onde ressaltaram a importância da irrigação ultrassônica passiva como complemento importante para limpeza do sistema de canais radiculares. Os autores falaram também sobre protocolos de utilização, tipos de pontas e soluções irrigadoras mais eficientes, entre outros assuntos.

Com o passar dos anos novos dispositivos ultrassônicos surgiram na intenção de aumentar a eficiência e efetividade da limpeza dos canais radiculares. Um destes dispositivos, onde a ativação ultrassônica se dá de forma contínua ao fluxo de irrigantes, chama-se Irrigação Ultrassônica Contínua (CUI). Estudos também mostraram a eficácia e superioridade desses dispositivos para a limpeza dos canais radiculares. van der Sluis et al. (2009) estudaram o efeito do tempo de irrigação na remoção de *debris* pela irrigação ultrassônica passiva comparando dois métodos de irrigação. Observaram que mais *debris* de dentina foram removidos quando o irrigante foi ativado por ultrassom e menos *debris* de dentina foram removidos quando os canais radiculares foram irrigados com um fluxo contínuo de irrigante por um minuto e meio. Esses autores concluíram que a eficiência da irrigação ultrassônica com fluxo contínuo é dependente do tempo, sendo um minuto e meio menos eficiente que 3 minutos.

Com o intuito de investigar se a direção de vibração da lima acionada por ultrassom influenciava na remoção de *debris*, Jiang et al. (2010) realizaram um estudo onde encontraram que havia uma maior redução de *debris* quando a lima oscilava em direção ao sulco e concluíram que a oscilação do ultrassom com a lima ou o inserto no mesmo sentido do sulco é mais eficaz em remover os *debris* de dentina do que a oscilação perpendicular à ranhura, e justificaram esse achado pelo fato de que havia um jato de alta velocidade a partir da ponta da lima ponta em uma única direção após a oscilação e um influxo relativamente lento na direção perpendicular.

Klyn et al. (2010), compararam a eficácia de remoção de *debris* entre os sistemas EndoActivator, lima manual, irrigação ultra-sônica e irrigação com NaOCl a 6% apenas em molares inferiores humanos após instrumentação mecanizada. Os resultados mostraram que não houve diferença estatisticamente significativa na limpeza

do canal ou istmo entre os 4 grupos, mas houve diferença na limpeza do canal entre os níveis de 1 mm, 3 mm e 5 mm para todos os grupos.

Rödig et al. (2010), também compararam a eficácia da irrigação com as seringas RinsEndo (Duer Dental, Bietigheim, Alemanha) e irrigação ultrassônica passiva (PUI) na remoção de *debris* de irregularidades simuladas na raiz canais com diferentes tamanhos apicais. Os resultados mostraram que a irrigação ultrassônica passiva dos removeu significativamente o *debri* das irregularidades do canal artificial que o RinsEndo e irrigação convencional com seringa independentemente do diâmetro do canal radicular. Os autores concluíram que a irrigação ultrassônica é mais efetiva que a irrigação com seringa ou RinsEndo na remoção detritos de extensões artificiais em canais radiculares retos.

Jiang et al. (2011), avaliaram o efeito da intensidade ultrassônica durante a PUI para remover *debris*. Os resultados mostraram que em maior intensidade o canal apresentava uma limpeza significativamente melhor do que em menor intensidade. Os autores observaram que a amplitude de vibração do inserto aumentava conforme o aumentava a intensidade, levando a uma maior velocidade de irrigante ao redor do inserto. Os autores então concluíram que uma maior intensidade resulta em uma maior amplitude de oscilação do inserto e consequente aprimoramento na limpeza e eficácia da remoção de *debris*.

Paqué et al. (2011) investigaram, através da microtomografia, o impacto dos procedimentos de irrigação sequencial (hipoclorido de sódio 1%, EDTA a 17% e posteriormente ativação ultrassônica em sequência) sobre os *debris* em canais mesiais de molares inferiores após a instrumentação. Os resultados mostraram que a instrumentação dos canais radiculares em conjunto com irrigação com NaOCl a 1% deixaram $6,9 \pm 4,2\%$ vol. do volume total do sistema de canais preenchidos com *debris*, sendo este valor significativamente reduzido para $4,9 \pm 3,6\%$ em volume após irrigação com EDTA e após a PUI subsequente resultou em uma redução adicional para $3,7 \pm 2,8\%$ em volume. Os autores concluíram neste estudo que a irrigação sequencial promoveu uma redução de *debris*, apesar de quase metade dos *debris* que foram acumulados durante a instrumentação permanecerem no canal.

Amato et al. (2011) compararam a eficácia de um dispositivo de irrigação hidrodinâmica (RinsEndo), Irrigação ultrassônica e irrigação convencional com seringa

na remoção de *debris* em canais radiculares retos e curvos. Os autores observaram que as técnicas de irrigação hidrodinâmica e ultrassônica foram significativamente mais eficientes em comparação com a irrigação convencional com seringas, tanto nos canais radiculares retos como nos curvos. Observaram também que a irrigação ultrassônica demonstrou uma maior eficiência nos canais radiculares retos, enquanto a irrigação hidrodinâmica foi mais eficiente nos canais curvos.

Curtis e Sedgley (2012) compararam um dispositivo de irrigação ultrassônica contínua (VPro StreamClean System) com irrigação por agulha convencional quando usado na irrigação final para desbridar a região apical do canal radicular utilizando um microscópio e observaram que a irrigação final com irrigação ultrassônica contínua, comparada com a irrigação convencional com agulha, resultou em menos *debris* presentes nos canais radiculares a 1 e 3 mm do comprimento de trabalho.

Verhaagen et al. (2012) realizaram um importante estudo onde observaram as características de oscilação de insertos ultrassônicos e validaram o método de modelo numérico. Os autores puderam ver que a análise numérica das características de oscilação de um inserto cônico mostra um padrão de onda com um aumento na amplitude e diminuição em comprimento de onda em direção à ponta do inserto e concluíram que o modelo numérico de oscilação de insertos ultrassônicos tem potencial para prever o padrão de oscilação e probabilidade de fratura de vários tipos de inserto e a vibração acústica que eles induzem durante a irrigação ultrassônica passiva.

Merino et al. (2013) avaliaram através de radiografias e penetração de contraste, a capacidade da penetração de irrigantes até o comprimento de trabalho usando dois sistemas de ativação diferentes (sônico e ultrassônico) em canais curvos instrumentados com conicidade 0,04 e 0,08. Os resultados mostraram que apenas os grupos com taper 0.04 demonstraram diferenças significativas, nas quais a ativação ultrassônica foi superior a atingir o comprimento de trabalho do que a sônica. Os autores concluíram que a variação de conicidade do canal não afeta a capacidade da ativação ultrassônica em alcançar o comprimento de trabalho em canais curvos enquanto a irrigação sônica obteve resultados inferiores com preparos com conicidade de 0.04.

Mancini et al. (2013) avaliaram a eficácia de diferentes métodos (Endoactivator, Endovac e PUI) de irrigação na remoção da smear layer a 1, 3, 5 e 8 mm do ápice dos canais radiculares. Os autores observaram que nenhum dos sistemas de ativação

removeu completamente a camada de smear das paredes dos canais radiculares, no entanto, o EndoActivator e EndoVac apresentaram os melhores resultados a 3, 5 e 8 mm e 1, 3, 5 e 8 mm do ápice, respectivamente.

Liang et al. (2013) realizaram um importante estudo clínico para comparar o resultado do tratamento de canal radicular com e sem ativação ultrassônica adicional do irrigante. Os autores concluíram que os tratamentos do canal radicular com e sem ativação ultrassônica adicional do irrigante contribuíram igualmente para o reparo dos tecidos periapicais.

Vivan et al. (2016) avaliaram a influência de diferentes protocolos de irrigação ultrassônica passiva sobre a remoção de *debris* em sulcos artificialmente criados nas regiões dos terços cervical, médio e apical da raiz em incisivos bovinos extraídos. Os autores compararam 4 grupos: Irrigação convencional, com agulha de calibre # 30 sem agitação da solução de irrigadora; Grupo PUI-s, na qual foi utilizada irrigação ultrassônica passiva com a ponta do inserção mantida estática no terço apical; Grupo PUI-t, na qual foi utilizada a irrigação ultrassônica por 20s em cada terço; Grupo PUI-d, na qual foi utilizada a irrigação ultrassônica passiva movendo dinamicamente o inserto em toda a extensão do canal radicular. Os autores mostraram que havia uma melhor limpeza em todos os grupos onde a solução irrigadora foi agitada aparelho ultrassônico em relação no grupo controle e concluíram que os métodos dinâmicos e estáticos de agitação da solução irrigadora proporcionaram limpeza eficaz e que o grupo PUI-d forneceu os sulcos mais completamente limpos, sugerindo que o seu uso é o mais adequado em casos de dentes com anatomia de canal complexo.

Castelo-Baz et al. (2016) comparam os efeitos de duas técnicas de irrigação ultrassônica na penetração do hipoclorito de sódio no canal principal e canais laterais simulados de raízes curvas em dentes extraídos, irrigação por pressão positiva, irrigação ultrassônica passiva e irrigação ultrassônica contínua (CUI). Os resultados mostraram que a CUI teve penetração irrigante significativamente maior nos canais laterais e o terço apical dos canais principais. O grupo PPI mostrou significativamente menor penetração de hipoclorito de sódio nos canais principal e lateral, em comparação com os grupos CUI e PUI. Houve uma maior penetração da solução irrigadora observada no grupo PUI em relação ao grupo PPI. Os autores concluíram que o uso de

CUI na irrigação final aumenta significativamente a penetração da solução irrigante nos canais laterais e terço apical em canais curvos.

Nakamura et al. (2018) compararam através de ensaio clínico randomizado a eficácia da ativação ultrassônica com a irrigação convencional na remoção de bactérias e endotoxina de canais radiculares. Os resultados mostraram que houve uma redução significativa na carga bacteriana das amostras em ambos os grupos, porém a análise intergrupos revelou uma diferença significativa entre os métodos de irrigação em relação às contagens bacterianas nas amostras. Os autores concluíram que a ativação ultrassônica foi mais eficaz do que a irrigação convencional em reduzir o número de bactérias, mas não os níveis de endotoxina em canais radiculares de dentes com periodontite apical.

Virdee et al. (2018) realizaram uma importante revisão sistemática e meta-análise com o objetivo de estabelecer se as técnicas de ativação das soluções irrigadoras resultam em maior remoção de smear layer e *debris* do que a irrigação convencional com agulha. De 252 citações, 16 estudos foram identificados. As meta-análises demonstraram melhorias significativas nos terços coronal, médio e apical para remoção de smear layer e *debris*. Os autores concluíram que a ativação das soluções irrigadoras melhorou a limpeza intracanal na maior parte do canal e recomendaram o seu uso em todo preparo do canal radicular. Observaram ainda que os dados atuais são muito heterogêneos para comparar e identificar a superioridade de uma técnica individualmente, destacando a necessidade de padronizar protocolos experimentais.

Todos os estudos apresentados até aqui mostram que a efetividade da irrigação pode ser potencializada através de técnicas de agitação que melhoram o alcance das soluções irrigadoras, promovendo melhor limpeza e antissepsia do canal radicular. Vimos que a ativação ultrassônica é um dos métodos mais utilizados para aumentar a eficiência mecânica e química dos irrigantes.

Embora tenha sido descrita como passiva, pois espera-se que o inserto ultrassônico oscile livremente, sem contato com as paredes do canal, pesquisas mostram que a irrigação ultrassônica ativada (UAI) pode levar à desgastes não controlados de dentina radicular, mesmo com o uso de pontas ultrassônicas lisas e sem corte.

2.1.1 Desgastes dentinários causados pela uai

Embora a ativação da solução irrigadora promova uma potencialização da limpeza do canal radicular, removendo *smear layer*, *debri* e diminuindo a carga de microorganismos (Nakamura et al. 2018), pesquisas recentes mostram que a UAI pode levar à desgastes não controlados de dentina radicular, mesmo com o uso de pontas ultrassônicas lisas e sem corte.

Boutsioukis et al. (2013) investigaram em um modelo de canal radicular simulado o contato entre o inserto e a parede do canal radicular durante a ativação ultrassônica da solução irrigadora e avaliaram o efeito do tamanho do canal radicular, profundidade de inserção do inserto, potência ultrassônica, alargamento do canal radicular e nível e treinamento do operador. Concluíram que o contato entre o inserto e a parede ocorreu em todos os casos durante 20% do tempo de ativação, existindo então, considerável contato entre o inserto ultrassônico e a parede do canal durante a ativação da solução irrigadora e sugeriram a mudança do termo "Irrigação Ultrassônica Passiva" para "Irrigação ultrassonicamente ativada".

Boutsioukis e Tzimpoulas (2016) avaliaram in vitro, por meio da microtomografia computadorizada, o desgaste não-controlado de dentina durante o uso do ultrassom na ativação da solução irrigadora em canais radiculares por dois insertos diferentes (lima k #15 e irrigsafe #20). Os autores identificaram defeitos com profundidade de 0,09 mm e 0,07 mm e concluíram que a irrigação ultrassônica passiva pode resultar na remoção descontrolada da dentina em canais retos e na potência recomendada pelo fabricante.

Retsas et al. (2016) examinaram o efeito do tipo de instrumento e tempo de ativação no desgaste não-controlado de dentina durante o uso in vitro do ultrassom na ativação de irrigante em canais radiculares curvos preparados. Desgastes com uma profundidade máxima de 0,18 mm foram identificados. Tanto o tipo de inserto e tempo de ativação afetaram a remoção da dentina. Concluíram que todos os 3 tipos de inserto podem resultar no desgaste não-controlado de dentina e um tempo de ativação mais longo pode aumentar esse efeito.

Simezo et al. (2017) avaliaram os efeitos erosivos da irrigação ultrassônica passiva versus irrigação com ativação recíproca na superfície dentinária do canal

radicular em 3 níveis predeterminados utilizando microscópio eletrônico de varredura e concluíram que as técnicas finais de irrigação testadas foram equivalentes em relação ao grau de erosão causado à dentina.

2.2 O USO DA MICROTOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA

Diversas metodologias já foram utilizadas ao longo do tempo para estudos na endodontia, mas a maioria dessas metodologias empregadas não existia a possibilidade de emprego do mesmo espécime em diferentes etapas do tratamento. Com o advento da microtomografia computadorizada houve uma melhoria significativa das análises dos procedimentos realizados no sistema de canais radiculares, principalmente pelo fato de haver a possibilidade de uso do mesmo espécime em diferentes etapas (pareamento), e a possibilidade de armazenamento de imagens para futuras comparações. Diversos estudos mostraram as vantagens do uso da microtomografia computadorizada de raios-x na pesquisa em endodontia.

Nielsen et al. (1995) avaliaram a importância da microtomografia computadorizada para uso em pesquisa em endodontia. Vários recursos do Micro CT foram observados para o avanço na pesquisa, tais como: a habilidade de mostrar com precisão as anatomias externo e internas do dente sem a sua destruição; a possibilidade de mostrar mudanças ao longo do tempo em áreas de superfície e volumes de tecidos; a capacidade de avaliar mudanças de área e volume após instrumentação ou obturação; e a capacidade de avaliação do transporte do canal após instrumentação ou instrumentação e obturação.

Peters et al. (2000) em um importante estudo, validaram o uso da microtomografia computadorizada como metodologia confiável a ser utilizada na pesquisa em endodontia. Eles avaliaram o potencial e a precisão da micro CT detalhando a geometria do canal radicular e concluíram que as variáveis e índices apresentados poderiam servir de base para análises da anatomia do canal radicular em endodontia.

Bergmans et al. (2001) apresentaram uma metodologia para avaliação quantitativa da instrumentação de canais radiculares utilizando a micro CT. Os autores

utilizaram um sistema de coordenadas locais, em cortes transversais em cinco níveis diferentes dos canais estudados, para avaliar a capacidade de transporte e centralização e obtiveram representações 3D precisas e detalhadas. Os autores puderam concluir que a metodologia apresentada foi eficaz em avaliar superfície, paredes tocadas e centralização do preparo.

Por ser uma análise não-destrutiva, a microtomografia permite estudar a anatomia dental de maneira mais confiável, diferentemente das metodologias anteriormente empregadas e descritas na literatura. Uma grande vantagem da micro CT é a possibilidade de reconstruções e visualizações de modelos 3D em diferentes angulações (Verma; Love, 2011).

Swain e Xue (2009) realizaram uma importante revisão de literatura, onde destacaram os recentes avanços na microtomografia computadorizada de raios-x aplicada em pesquisa. Os autores resumiram as aplicações da micro-CT na medição da espessura do esmalte, morfologia do canal radicular, avaliação da preparação do canal radicular, estrutura esquelética craniofacial, modelagem de elementos finitos, engenharia de tecido dentário, densidade mineral de tecidos duros dentais e sobre implantes dentários, detalhando os estudos em cada uma destas apontando as vantagens da Micro-CT como método em pesquisa.

Villas-Bôas et al. (2011) realizaram um estudo através da micro-ct no qual tiveram como objetivos determinar o diâmetro mesiodistal e vestibulo-lingual, o volume apical e a presença de istmos ao nível apical dos canais radiculares mesiais dos molares inferiores. Os autores observaram que a presença de istmos foi mais prevalente de 3 a 4mm do ápice radicular. E concluíram que os canais mesiais de molares inferiores não apresentam padrão consistente, visto que existiram uma alta variabilidade de diâmetros apicais e a presença de istmos no terço apical não era incomum, mesmo no nível apical de 1 mm.

Freire et al. (2012) compararam os métodos de secções transversais e micro-ct na avaliação do transporte apical em canais curvos após instrumentação rotatória em 30 molares inferiores avaliados a 2,0, 3,5 e 5,0 mm do ápice anatômico. O método da micro-CT foi superior ao método da secção transversal, especialmente devido à sua capacidade de preservar espécimes e fornecer resultados mais próximos às situações clínicas.

De-Deus et al. (2014) realizaram um estudo onde apresentaram um novo método usado para identificar, medir e mapear tridimensionalmente o acúmulo de *debris* dentro do canal radicular após preparo químico-cirúrgico usando software livre para imagem. O preparo do canal sem irrigação resultou em 34,6% de seu volume preenchido com *debris*, enquanto o uso de água bidestilada ou NaOCl seguido de EDTA mostrou uma redução no percentual de volume de detritos para 16% e 11,3%, respectivamente. Quanto mais próxima a distância da área do istmo, maior a quantidade de detritos acumulados, independentemente do protocolo de irrigação utilizado. Os autores concluíram que através do método avaliado, foi possível calcular o volume de *debris* de tecido duro nos istmos e no espaço do canal radicular.

Freire et al. (2015) compararam a eficácia da irrigação ultrassônica passiva e o sistema EndoVac na remoção de *debris* e sua influência a qualidade do preenchimento do canal radicular com o auxílio de micro-ct. Os resultados mostraram que os *debris* acumulados dentro dos canais radiculares, ocuparam uma média de 3,4% do volume do canal. A Irrigação com PUI e o sistema EndoVac reduziram o volume de *debris* em 55,55% e 53,65%, respectivamente. Os autores concluíram que ambos os sistemas foram igualmente eficientes na remoção de *debris* e na qualidade do preenchimento dos canais, não havendo diferença entre os métodos de irrigação utilizados

Silva et al. (2018) compararam através de microtomografia quatro protocolos de irrigação final: Irrigação ultrassônica passiva (PUI), EndoVac, Self-Adjusting File (SAF) e EasyClean, na remoção de *debris* de canais mesiais de molares inferiores. Foi observado que todos os grupos apresentaram uma diminuição no volume de *debris* após o uso dos protocolos finais de irrigação, e não foram observadas diferenças significativas na remoção de *debris* entre os protocolos finais de irrigação. Os autores concluíram que todos os protocolos finais de irrigação mostraram a mesma eficácia na remoção de *debris*, apesar de nenhum deles conseguir eliminá-los completamente.

3 PROPOSIÇÃO

O presente estudo avaliou, por meio da microtomografia computadorizada, a influência do grau de curvatura dos canais radiculares nos desgastes não controlados de dentina como consequência da vibração ultrassônica, no percentual de *debris* dentinários remanescentes e no transporte do canal após irrigação ultrassônica ativada.

Hipótese nula: A hipótese de nulidade testada é que o grau de curvatura do canal radicular não interfere na eficiência da irrigação ultrassônica ativada em canais mesiais de molares inferiores; não havendo diferença na quantidade de *debris* dentinários, bem como nos desgastes não controlados e no desvio do canal.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo (FOUSP) mediante prévia aprovação do Comitê de ética em pesquisa da Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo CAAE: 01117718.2.0000.0075 (Anexo A).

4.1 MATERIAL

- 24 Molares Inferiores extraídos, doados pelo Banco de Dentes Humanos da Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo (FOUSP);
- Agulha de irrigação Navitips (Ultradent, South Jordan, UT, USA);
- Brocas Endo Z (Dentsply Sirona. Ballaigues, Suíça);
- Caneta de alta rotação (Kavo do Brasil, Joivile/SC);
- Capillary tips (Ultradent, South Jordan, UT, USA);
- Cones de papel absorvente 35.04 (VDW GmbH – Munique, Alemanha);
- Ácido Etileno Diamino Tetracético – EDTA (Fórmula & Ação, São Paulo/SP);
- Explorador de ponta reta (SS White, São Paulo/SP);
- Hipoclorito de Sódio (NaOCl) a 2,5% (Fórmula & Ação, São Paulo/SP);
- Instrumentos rotatórios Mtwo kits 701 e 702 (VDW GmbH – Munique, Alemanha);
- Instrumentos rotatórios Easy Prodesign S (Easy, Belo Horizonte, Brasil);
- Inserto Ultrassônico E1 (Helse Ultrassônic, Santa Rosa de Viterbo/SP);
- Limas manuais #8, #10, #15 (Dentsply Sirona. Ballaigues, Suíça);
- Microscópio Operatório (DF Vasconcelos, Rio de Janeiro/RJ);
- Micróto mo de tecido duro (Ext ec Labcut 1010, Tokyo/Japão);
- Microtomógrafo de Raios-x Skyscan 1172 (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 endodôntica (Dentsply Sirona. Ballaigues, Suíça);
- Seringas plásticas para irrigação (Ultradent, South Jordan, UT, USA);
- Silicona de Condensação (Optosil, Heraus-Kulzer, Alemanha);
- Ultrassom EMS Piezon Master PM100 (Eletro Medical Systems, Nyon/Suíça);

4.2 SELEÇÃO DA AMOSTRA

Para esse estudo foram selecionados 24 primeiros e segundos molares inferiores cedidos pelo Banco de Dentes Permanentes Humanos da FOUSP.

Todos os dentes foram radiografados utilizando-se um sensor digital de radiografia (Microimagem) e aparelho de raio-X Dabi Atlante com 60 kVp, 10mA e 0,4 segundos de exposição, para visualização e medição do grau de curvatura da raiz mesial.

Os dentes selecionados seguiram os critérios de inclusão e exclusão verificados através das tomadas radiográficas nos sentidos vestibulo-lingual e mésio-distal e através de exame de tomografia computadorizada de feixe cônico no aparelho Gendex CB500 (Imaging Science). Os dentes selecionados para o estudo apresentaram grau de curvatura entre 17° e 33° , com média de $25,5^\circ$ (considerados dentes com curvatura moderada) e entre 40° e 70° , com média de $50,9^\circ$ (considerados dentes com curvatura acentuada) de acordo com Schneider (1971) como mostra a figura 4.1. Os dentes, para que fossem selecionados, ainda deveriam ter câmara pulpar intacta, raízes mesiais com rizogênese completa. Foram excluídos os dentes com calcificações pulpares, reabsorções, tratamento endodôntico prévio e fraturas radiculares.

Figura 4.1- Seleção dos dentes. Grupo Curvatura Moderada (A); Grupo Curvatura acentuada (B) Determinação do ângulo de curvatura dos canais radiculares utilizando o software Image J (C)

Fonte: O Autor

4.3 PREPARO DAS AMOSTRAS E DIVISÃO DOS GRUPOS

Os dentes foram limpos com ultrassom e mantidos hidratados até o início do experimento.

O tamanho dos dentes foi padronizado em 17mm, através do nivelamento das superfícies oclusais, usando um disco de diamante acoplado a um micrótomo de tecido duro.

Foi realizado o acesso coronário com brocas esféricas diamantadas 1014 e 3081 (KG Sorensen, São Paulo, SP Brasil) utilizadas em alta rotação para a trepanação e remoção do teto da câmara pulpar.

Os canais radiculares foram então explorados com limas manuais tipo K #10 (Dentsply/Maillefer, Ballaigues, Suíça) até que a ponta do instrumento fosse visualizada no forame apical, a partir dessa medida foi subtraído 1mm para então estabelecer o CRT (comprimento real de trabalho).

Os 24 dentes foram divididos em 2 grupos de acordo com o grau de curvatura: CM - Grupo com curvatura moderada e CA - Grupo com curvatura acentuada.

4.4 MICROTOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA

Para a aquisição das imagens microtomográficas, foi utilizado o aparelho Skyscan 1172, localizado no Laboratório de Microtomografia do Departamento de Dentística da Universidade Federal da Paraíba conforme os parâmetros utilizados descritos no quadro 4.1.

Quadro 4.1 - Parâmetros utilizados para obtenção das imagens Microtomográficas

SkyScan	Parâmetros
Tamanho do Pixel da Câmera	12.40µm
Potência da Fonte de Raio-x	80kV
Corrente	310µA
Passo de rotação	0.500
Filtro	Cu + Al
Frame Averaging	3
Rotação do Raio-x	360°
Tempo de Escaneamento	16 minutos
Tipo de arquivo	TIFF

Cada espécime foi submetido a três escaneamentos em três etapas distintas: Pré-operatório, pós preparo químico-cirúrgico e pós Irrigação Ultrassônica Ativada (UAI).

Os dentes foram colocados em um suporte específico para a amostra, nos quais eram presos com cera para promover um distanciamento do suporte e assim não haver interferência na formação da imagem, visto que o suporte era de metal, conforme mostra a figura 4.2.

As imagens geradas foram arquivadas no formato TIFF e salvas em HD externo, tendo um total de 700 imagens 2D para cada espécime.

Figura 4.2 - Microtomógrafo de raios-x SkyScan 1172 (A); Espécime posicionado para a realização do escaneamento microtomográfico (B)

Fonte: O Autor

4.5 PREPARO QUÍMICO-CIRÚRGICO

Para a realização do Preparo Químico-Cirúrgico (PQC), os dentes tiveram as suas raízes encobertas por uma silicona de condensação para simular os tecidos periodontais, evitar o extravasamento de solução irrigadora pelo forame apical, simulando um sistema fechado, como mostram as figuras 4.3 e 4.4.

No grupo CA e no grupo CM os canais mesiais foram pré-alargados com uma lima manual tipo K #15. Em seguida o instrumento 30/.10 (Easy, Belo Horizonte, Brasil) foi utilizado para a realização do preparo do terço cervical e a sequência básica com os instrumentos 10/.04, 15/.05, 20/.06 e 25/.06 e a sequência complementar com os instrumentos 30/.05 e 35/.04 do sistema Mtwo foram utilizados para o preparo dos terços médio e apical.

Em ambos os grupos, a cada inserção dos instrumentos os canais foram irrigados a 2mm no comprimento de trabalho com 5 ml de NaOCl 2,5% utilizando-se seringa e agulha Navitip 30G (Ultradent, South Jordan, UT, EUA), sendo o volume de solução irrigadora 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 os canais foram secos com auxílio de cânulas de aspiração Capillary Tip (Ultradent) e cones de papel estéreis 35.04. Os dentes foram então submetidos a um novo escaneamento microtomográfico.

Figura 4.3 - Envolvimento das raízes em silicona de condensação, simulando um sistema fechado

Fonte: O Autor

Figura 4.4 Preparo químico-cirúrgico dos canais mesiais

Fonte: O Autor

4.6 IRRIGAÇÃO FINAL (IRRIGAÇÃO ULTRASSÔNICA ATIVADA)

Após o preparo químico-cirúrgico e escaneamento microtomográfico, os dentes tiveram novamente suas raízes envoltas por uma silicona de condensação e então foi realizada a irrigação final utilizando a UAI.

Em ambos os grupos foi realizada a UAI nos canais mesiais, utilizando o inserto ultrassônico Irrisonic (Helse Dental, Santa Rosa de Viterbo, Brasil) acoplado ao aparelho de ultrassom Piezon Master PM200 - EMS na potência mínima (Satelec Acteongroup, França). Como ilustra a figura 4.5, cada um dos canais mesiais foi submetido a três ativações de 20 segundos, variando-se a solução irrigadora:

1ª. Ativação: 2ml de NaOCl 2,5% ativado por 20 segundos;

2ª. Ativação: 2 ml de EDTA ativado por 20 segundos;

3ª. Ativação: 2ml de NaOCl 2,5% ativado por 20 segundos.

O inserto ultrassônico foi pré-curvado de maneira individualizada para cada canal radicular e utilizado em movimentos de avanço e recuo com amplitude de 1mm, sendo a ponta do inserto chegando até 2 mm do comprimento de trabalho, de maneira que o instrumento pudesse trabalhar livremente no canal. Após as três ativações, cada canal foi irrigado com 5 ml de NaOCl 2,5% e então foi realizado o terceiro escaneamento microtomográfico.

Figura 4.5 - Ilustração do protocolo utilizado durante o uso da Irrigação Ultrassônica Ativada (A); Utilização da Irrigação Ultrassônica Ativada na direção vestibulo-lingual e inserto pré-curvado (B)

4.7 RECONSTRUÇÃO DAS IMAGENS

A reconstrução das imagens das projeções 2D (figura 4.6) em diferentes ângulos foi realizada através do software NRecon 1.6.10.4 por meio de um algoritmo de reconstrução de feixe cônico de Feldkamp modificado processado num cluster de computadores, utilizando os parâmetros descritos no quadro 4.2.

Figura 4.6 - Reconstrução dos cortes através das projeções em 2D no software NRecon

Fonte: O Autor

Quadro 4.2 - Parâmetros utilizados na reconstrução das imagens no software NRecon

NRecon 1.6.10.4	Parâmetros
Tamanho do Pixel da Imagem	17.42 μ m
Tipo de arquivo	BMP
Smoothing	3
Ring Correction	8
Beam Hardening	31%
Raio de Reconstrução	197.50°

4.8 ANÁLISE DOS DADOS

Os programas CTan versão 1.16.4.1 e CTvol versão 2.3.2.0 foram utilizados para a análise quantitativa e qualitativa.

Primeiramente o programa Data Viewer, através da ferramenta “3D Registration”, foi utilizado para o alinhamento das imagens antes (*reference*), após (*target*) o preparo do canal radicular e após uso da Irrigação Ultrassônica Ativada, garantindo assim uma análise confiável, uma vez realizada a sobreposição precisa das imagens (figura 4.7).

Figura 4.7 - Alinhamento e registro das imagens Pré e Pós no software Dataviewer

Fonte: O Autor

Após o registro as imagens foram abertas no programa CTan, onde foram determinados os limites cervicais: no início da entrada dos canais mesiais; e apical: o último corte onde aparece tecido dentário - dos espécimes nas quais foram realizadas as análises, respectivamente “Top” e “Bottom”. O ROI (*Region of Interest*) foi determinado através da ferramenta “*interpolated*”, selecionando apenas a raiz mesial e excluindo-se a raiz distal. Para cada espécime foi salvo o seu respectivo ROI, onde posteriormente as imagens foram abertas em um novo dataset somente com a raiz mesial (figura 4.8).

Figura 4.8 - Seleção de uma nova região de interesse (ROI) (A); Novo dataset separando apenas a raiz mesial (B); Imagem binarizada e seu respectivo histograma de densidade (C e D)

Fonte: O Autor

Em seguida a ferramenta *Custom processing* foi utilizada para a realização de um conjunto de operações matemáticas através de uma *task list*, conforme mostra a figura 4.9 e o apêndice J.

Figura 4.9 - Taks List

Fonte: O Autor

Dessa forma, foram utilizadas listas específicas padronizadas para a análise volumétrica segmentada da dentina, do canal, dos *debris* e do desgaste promovido pelo inserto ultrassônico, sendo criados modelos 3D e arquivos *txt* com os dados numéricos das análises.

Quando observado nas imagens pós preparo do canal a presença de material com densidade similar à dentina onde nas imagens antes do preparo do canal havia um espaço vazio, foi considerado *debri* dentinário. A intersecção entre as imagens Pré e Pós preparo do canal possibilitou a quantificação do volume de *debri* formado a partir do preparo químico-cirúrgico, conforme mostra a figura 4.10.

Figura 4.10 - Corte transversal mostrando o canal pós preparo (A); Sobreposição do canal antes do preparo e após o preparo (B); Área em branco mostrando onde antes havia espaço vazio, agora ocupado por material de densidade semelhante à dentina (C); *Debri* dentinário evidenciado pelas setas amarelas (D)

Fonte: O Autor

De forma semelhante, a intersecção entre as imagens Pós preparo do canal e Pós Irrigação UAI a quantificação do volume de *debri* remanescente após a UAI, conforme mostra a figura 4.11.

O percentual de *debri* remanescente foi calculado utilizando a seguinte fórmula:

$$\frac{\text{Volume de } debri \text{ remanescente} \times 100}{\text{Volume total de } debri \text{ após o PQC}}$$

Figura 4.11 - Corte transversal mostrando o canal pós preparo (A); Imagem binarizada do canal após o preparo (B); Corte transversal mostrando o canal pós UAI (C); Imagem binarizada do canal após UAI (D); Sobreposição das imagens Pós Preparo e Pós UAI (E e F); *Debri* remanescente após UAI (G)

Fonte: O Autor

Para a análise do volume dos desgastes não-controlados promovidos pelo inserto ultrassônico foram utilizadas sobreposições entre as imagens pós UAI, as imagens Pós preparo químico-cirúrgico e as imagens iniciais, em seguida foi utilizada uma *Task list* para a realização de uma subtração entre as imagens, conforme mostra a figura 4.12.

Figura 4.12 - Corte transversal mostrando o canal antes do preparo (A); Corte transversal mostrando o canal após o preparo (B); Corte transversal mostrando o canal após o uso da UAI (C); Imagem binarizada do canal antes do preparo (D); Imagem binarizada do canal após o preparo (E); Imagem binarizada do canal após o uso da UAI (F); Sobreposição entre as imagens binarizadas pós UAI, antes do preparo e após o preparo (G, H e I); Imagem binarizada do desgaste ocasionado pelo inserto ultrassônico durante a ativação da solução irrigadora (J)

Para a mensuração da profundidade máxima do desgaste traçou-se uma reta tangente ao ponto mais externo do desgaste, em seguida outra reta perpendicular à primeira foi traçada e então a ferramenta “*Measure*” do software CTan foi utilizada para medir a distância entre o ponto mais externo do desgaste e a parede do canal pós preparo químico-cirúrgico, conforme mostra a figura 4.13.

Figura 4.13 - Mensuração da profundidade máxima do desgaste realizado no *software* CTan, através da ferramenta “*Measure*”

Fonte: O Autor.

Para a avaliação do desvio (transporte) do canal foi aberto no *software* CTan o dataset com as imagens binarizadas do canal pós preparo químico-cirúrgico e pós Irrigação Ultrassônica Ativada. Então foi utilizada na ferramenta “*Custom processing*” o *plug-in* “*2D analysis*” na aba “*Internal*”, cujo resultado da análise eram 3 números (x, y e z) para cada corte (figura 4.14). Esses números representavam a posição espacial do centro de gravidade (centroide) de cada corte transversal do canal. O transporte foi calculado de acordo com Ventura (2017), através da distância entre os centros de gravidade em cada corte transversal das imagens pós preparo químico-cirúrgico e pós UAI. Essa distância foi obtida através da fórmula $D^2 = (x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2 + (z_1 - z_2)^2$.

Figura 4.14 - Arquivo txt mostrando os números dos centroides de cada secção transversal do canal

```

amostra13_rec_tra_tar_voi_ctan.txt - Bloco de notas
Arquivo  Editar  Formatar  Exibir  Ajuda
amostra13_rec_tra_tar_voi_0445.bmp,7.75248,,,,,,,,,,,,,3.20005,6.02684,,,,,,,,,,,,,
amostra13_rec_tra_tar_voi_0444.bmp,7.73506,,,,,,,,,,,,,3.19643,6.05165,,,,,,,,,,,,,
amostra13_rec_tra_tar_voi_0443.bmp,7.71764,,,,,,,,,,,,,3.19734,6.03938,,,,,,,,,,,,,
amostra13_rec_tra_tar_voi_0442.bmp,7.70021,,,,,,,,,,,,,3.19589,6.02408,,,,,,,,,,,,,
amostra13_rec_tra_tar_voi_0441.bmp,7.68279,,,,,,,,,,,,,3.19632,6.01228,,,,,,,,,,,,,
amostra13_rec_tra_tar_voi_0440.bmp,7.66537,,,,,,,,,,,,,3.19177,6.04211,,,,,,,,,,,,,
amostra13_rec_tra_tar_voi_0439.bmp,7.64795,,,,,,,,,,,,,3.19096,6.01237,,,,,,,,,,,,,
amostra13_rec_tra_tar_voi_0438.bmp,7.63053,,,,,,,,,,,,,3.18961,5.99671,,,,,,,,,,,,,
amostra13_rec_tra_tar_voi_0437.bmp,7.61311,,,,,,,,,,,,,3.18468,5.98729,,,,,,,,,,,,,
amostra13_rec_tra_tar_voi_0436.bmp,7.59569,,,,,,,,,,,,,3.18478,5.97559,,,,,,,,,,,,,
amostra13_rec_tra_tar_voi_0435.bmp,7.57827,,,,,,,,,,,,,3.18319,5.97618,,,,,,,,,,,,,
amostra13_rec_tra_tar_voi_0434.bmp,7.56084,,,,,,,,,,,,,3.18454,5.96684,,,,,,,,,,,,,
amostra13_rec_tra_tar_voi_0433.bmp,7.54342,,,,,,,,,,,,,3.18551,5.95472,,,,,,,,,,,,,
amostra13_rec_tra_tar_voi_0432.bmp,7.52600,,,,,,,,,,,,,3.18244,5.96195,,,,,,,,,,,,,
amostra13_rec_tra_tar_voi_0431.bmp,7.50858,,,,,,,,,,,,,3.18469,5.95421,,,,,,,,,,,,,
amostra13_rec_tra_tar_voi_0430.bmp,7.49116,,,,,,,,,,,,,3.18121,5.94803,,,,,,,,,,,,,
amostra13_rec_tra_tar_voi_0429.bmp,7.47374,,,,,,,,,,,,,3.18313,5.93745,,,,,,,,,,,,,
amostra13_rec_tra_tar_voi_0428.bmp,7.45632,,,,,,,,,,,,,3.17803,5.94326,,,,,,,,,,,,,
amostra13_rec_tra_tar_voi_0427.bmp,7.43889,,,,,,,,,,,,,3.17906,5.94981,,,,,,,,,,,,,
amostra13_rec_tra_tar_voi_0426.bmp,7.42147,,,,,,,,,,,,,3.17915,5.96017,,,,,,,,,,,,,
amostra13_rec_tra_tar_voi_0425.bmp,7.40405,,,,,,,,,,,,,3.17406,5.98918,,,,,,,,,,,,,
amostra13_rec_tra_tar_voi_0424.bmp,7.38663,,,,,,,,,,,,,3.17257,5.96263,,,,,,,,,,,,,
amostra13_rec_tra_tar_voi_0423.bmp,7.36921,,,,,,,,,,,,,3.17199,5.98664,,,,,,,,,,,,,
amostra13_rec_tra_tar_voi_0422.bmp,7.35179,,,,,,,,,,,,,3.17264,5.95738,,,,,,,,,,,,,
amostra13_rec_tra_tar_voi_0421.bmp,7.33437,,,,,,,,,,,,,3.17715,5.94005,,,,,,,,,,,,,
amostra13_rec_tra_tar_voi_0420.bmp,7.31695,,,,,,,,,,,,,3.18152,5.91151,,,,,,,,,,,,,
amostra13_rec_tra_tar_voi_0419.bmp,7.29952,,,,,,,,,,,,,3.19141,5.82026,,,,,,,,,,,,,
amostra13_rec_tra_tar_voi_0418.bmp,7.28210,,,,,,,,,,,,,3.20884,5.65584,,,,,,,,,,,,,
amostra13_rec_tra_tar_voi_0417.bmp,7.26468,,,,,,,,,,,,,3.21750,5.52836,,,,,,,,,,,,,

```

Fonte: O Autor

Foram obtidos gráficos utilizando o software on-line Graphy Maker Ploty, caracterizando o desvio através de gráficos 3D. Os gráficos foram produzidos por meio da união dos pontos referentes ao centro de gravidade de cada corte transversal ao longo do eixo do canal radicular, em seguida as linhas Pós preparo químico-cirúrgico e pós UAI foram registradas e sobrepostas mostrando o transporte do canal, conforme mostra a figura 4.15.

Figura 4.15 - Gráfico 3D representando o centroide dos canais radiculares. Alinha azul representa o centroide do canal após o Preparo Químico-Cirúrgico e a linha vermelha representa o canal após a Irrigação Ultrassônica Passiva. Grupo curvatura moderada (A); Grupo curvatura acentuada (B)

Fonte: O Autor

4.9 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para a análise estatística foi utilizado o software GraphPad Prism 7 , utilizando um nível de significância fixado em $p < 0.05$. Devido à não homogeneidade das variâncias e distribuição não-normal dos dados obtidos foi utilizado o teste não paramétrico de Mann Whitney para as análises do volume de desgaste, profundidade máxima de desgaste, percentual de *debris* remanescente e desvio 3D.

5 RESULTADOS

Os resultados foram avaliados separadamente de acordo com cada quesito estudado: volume desgaste, profundidade de desgaste, percentual de *debri* remanescente e desvio. Todos os valores individuais de volume e profundidade máxima de desgaste, transporte e percentual de *debri* remanescente estão presentes nos apêndices de A à I.

5.1 VOLUME DE DESGASTE DE DENTINA

As medianas e desvios-padrões dos volumes de desgaste estão expressas em mm³ na tabela 5.1. Os valores mostrados foram calculados para o total e separadamente para cada terço do canal (cervical, médio, apical e total). Os resultados mostram que não houve diferença estatisticamente significativa no total e em nenhum dos terços do canal ($p > 0,05$). A figura 5.1 mostra os gráficos referentes à tabela.

Tabela 5.1 – Volume em mm³ do desgaste promovido pelo inserto ultrassônico (Medianas e Desvios-padrões)

	Região do canal	Curvatura Moderada	Curvatura Acentuada	Valor de P
Volume de desgaste (mm³)	Cervical	0.00466 ± 0.03761	0.01146 ± 0.01806	0.2588
	Médio	0.01705 ± 0.06834	0.03134 ± 0.03081	0.9051
	Apical	0.02848 ± 0.05763	0.07177 ± 0.03257	0.1048
	Total	0.06704 ± 0.1103	0.1295 ± 0.0468	0.0054

(Mann-Whitney, $p < 0,05$)

Figura 5.1 - Gráfico Box Plot representativo do volume de desgaste promovido pela irrigação ultrassônica.

5.2 PROFUNDIDADE MÁXIMA DO DESGASTE

As medianas e desvios-padrões da profundidade máxima de desgaste estão expressas em mm na tabela 5.2. Os valores mostrados foram calculados separadamente para cada terço do canal (cervical, médio e apical). Os resultados mostram que houve diferença estatisticamente significativa no terço apical do canal radicular ($p < 0,05$) enquanto nos outros terços não houve diferença estatisticamente significativa ($p > 0,05$). A figura 5.2 mostra os gráficos referentes à tabela e as figuras 5.5, 5.6 e 5.7 mostram os modelos em 3D dos desgastes não controlados em ambos os grupos.

Tabela 5.2 - Profundidade máxima em mm do desgaste promovido pelo inserto ultrassônico (Medianas e Desvios-padrões)

	Região do canal	Curvatura Moderada	Curvatura Acentuada	Valor de P
Profundidade máxima do desgaste (mm)	Cervical	0.0535 ± 0.05462^a	0.07 ± 0.03313^a	0.4803
	Médio	0.093 ± 0.09565^a	0.197 ± 0.1218^a	0.2063
	Apical	0.191 ± 0.15^a	0.342 ± 0.1333^b	0.0091

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

Figura 5.2 - Gráficos representativos da profundidade de desgaste promovido pelo inserto ultrassônico

Letras diferentes indicam diferença significativa entre os grupos experimentais (Mann-Whitney, $p < 0,05$)

5.3 PERCENTUAL DE *DEBRI* REMANESCENTE

As medianas e desvios-padrões do percentual de *debri* remanescente estão expressas na tabela 5.3. Os valores mostrados foram calculados separadamente para o total e para cada terço do canal (cervical, médio, apical e total). Os resultados mostram que houve diferença estatisticamente significativa nos terços médio, apical e no total do canal radicular ($p < 0,05$) enquanto no terço cervical não houve diferença estatisticamente significativa ($p > 0,05$). A figura 5.3 mostra os gráficos referentes à tabela.

Tabela 5.3 - Percentual de *debri* remanescente no canal radicular após UAI (Mediana e desvio-padrões)

	Região do canal	Curvatura Moderada	Curvatura Acentuada	Valor de P
<i>Debri</i> remanescente (%)	Cervical	0.07817 ± 0.07137^a	0.02191 ± 0.3194^a	0.0804
	Médio	0.1604 ± 0.04504^a	0.002545 ± 0.2736^b	0.0031
	Apical	1.005 ± 0.1724^a	0.04378 ± 1.056^b	0.0005
	Total	0.1822 ± 0.05212^a	0.05386 ± 0.3388^b	0.0012

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

Figura 5.3 - Gráfico Box Plot representativo do percentual de *debri* remanescente após UAI

Letras diferentes indicam diferença significativa entre os grupos experimentais (Mann-Whitney, $p < 0,05$)

5.4 TRANSPORTE

As medianas e desvios-padrões para o desvio estão expressas em mm na tabela 5.4. Os valores mostrados foram calculados separadamente para cada terço do canal (cervical, médio e apical). Os resultados mostram que houve diferença estatisticamente significativa no terço apical do canal radicular ($p < 0,05$) enquanto nos outros terços não houve diferença estatisticamente significativa ($p > 0,05$). A figura 5.4 mostra os gráficos referentes à tabela.

Tabela 5.4 - Transporte do canal radicular após a UAI (Mediana e desvio-padrões)

	Região do canal	Curvatura Moderada	Curvatura Acentuada	Valor de P
Transporte do canal	Cervical	0.01731 ± 0.1163^a	0.01364 ± 0.02126^a	0.6500
	Médio	0.01633 ± 0.1173^a	0.03651 ± 0.03269^a	0.2388
	Apical	0.04533 ± 0.1016^a	0.07007 ± 0.03042^b	0.0291

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

Figura 5.4 - Gráfico Box Plot representativo do desvio do canal após UAI

Letras diferentes indicam diferença significativa entre os grupos experimentais (Mann-Whitney, $p < 0,05$)

Figura 5.5 - Modelos 3D dos canais radiculares pós UAI, evidenciando em vermelho os desgastes não controlados promovidos pelo inserto ultrassônico (Grupo CM)

Fonte: O Autor

Figura 5.6 - Modelos 3D dos canais radiculares pós UAI, evidenciando em vermelho os desgastes não controlados promovidos pelo inserto ultrassônico (Grupo CA)

Fonte: O Autor

Figura 5.7 – Modelos 3D dos canais radiculares e suas respectivas secções transversais, indicadas pelas linhas horizontais, evidenciando o desgaste ocasionado pelo inserto ultrassônico (setas vermelhas). Pós preparo químico-cirúrgico (A1 e B1) e pós UAI (A2 e B2). Grupo CA (B1 e B2); Grupo CM (A1 e A2)

Figura 5.8 – Modelos 3D dos canais radiculares e do *debri* (representado em preto) pós preparo químico-cirúrgico (A1 e B1) e pós UAI (A2 e B2). Grupo CA (A1 e A2); Grupo CM (B1 e B2)

6- DISCUSSÃO

O presente estudo teve como objetivos avaliar a influência do grau de curvatura dos canais radiculares nos desgastes não controlados de dentina como consequência da vibração ultrassônica, e no volume de *debris* dentinários remanescentes após irrigação ultrassônica ativada.

Baseado nos resultados encontrados, o grau de curvatura do canal radicular interferiu na profundidade máxima de desgaste não controlado de dentina, bem como na eficiência da irrigação ultrassônica ativada, havendo diferença no volume de *debris* dentinários remanescentes entre os grupos. Então, para esses parâmetros, rejeitou-se a hipótese de nulidade.

Optou-se pelo uso de molares inferiores naturais extraídos para a avaliação dos desgastes não controlados e *debris* remanescentes no presente estudo com a intenção de reproduzir de maneira mais fiel as situações clínicas, pela complexidade anatômica existente nas raízes mesiais de molares inferiores e pela presença de curvaturas. Outros estudos também mostraram a mesma preocupação em reproduzir mais fielmente as situações clínicas (Paqué et al., 2011; Freire et al., 2015).

A escolha do protocolo de irrigação utilizado foi o mesmo proposto por Van der Sluis et al. (2010), onde realizando três ciclos de ativação de 20 segundos foi demonstrado que removia uma quantidade adicional de *debris*, indicando que há um efeito acumulativo no uso desse protocolo de irrigação.

Dois parâmetros foram utilizados para avaliar os desgastes não controlados de dentina no presente estudo. O volume de dentina removido forneceu uma visão geral da remoção de dentina, enquanto a profundidade máxima dos desgastes criados forneceu informações sobre efeitos locais.

Sabemos que a ativação ultrassônica é um dos métodos mais utilizados para aumentar a eficiência mecânica e química das soluções irrigadoras e tem sido descrita como passiva, pois espera-se que o inserto ultrassônico tenha uma vibração livre, sem contato com as paredes do canal (Ahmad et al., 1987; Macedo et al., 2014). Poucos são os estudos que mostram que a irrigação ultrassônica ativada pode levar à

desgastes não controlados de dentina radicular, mesmo com o uso de pontas ultrassônicas lisas e sem corte.

Boutsioukis e Tzimpoulas (2016) avaliando os desgastes não-controlados de dentina radicular ocasionados pela irrigação ultrassônica ativada em canais retos, encontraram volume de desgaste de dentina que variaram de 0,000 a 0,011 mm³, e defeitos com profundidade máxima entre 0,09 mm e 0,07 mm. Já Retsas et al. 2016 buscando comparar a influência do tempo de ativação e o tipo de instrumento em canais com curvaturas de 20° a 40° encontraram algo entre 0,000 e 0,072 mm³ de volume de desgaste, sendo a profundidade máxima dos defeitos entre 0,16 mm e 0,18 mm, respectivamente.

No presente estudo, o grupo CA mostrou um padrão de desgaste semelhante aos encontrados no estudo de Retsas et al. (2016), especialmente nos desgastes ocasionados pela lima tipo K, porém com volume e profundidade de desgaste maiores. Em nosso trabalho foram encontrados volumes totais de desgaste que variaram entre 0.04435mm³ e 0.42265mm³. Essa diferença provavelmente ocorreu devido aos diferentes instrumentos utilizados, com diferentes metais e conicidades dos insertos.

Quanto à profundidade de desgaste, foi possível observar que houve diferença significativa entre os grupos avaliados, apresentando uma maior profundidade de desgaste o grupo com maior grau de curvatura. Enquanto no grupo CM os valores de medianas das profundidades máximas encontradas variaram de 0.0535mm a 0.191mm, no grupo CA foram encontrados valores de mediana que variaram entre 0.07mm a 0.342mm. Acreditamos que essa diferença se deu pelo fato de que, em canais com maior curvatura, o inserto ultrassônico esteve mais tempo em contato com a parede dos canais, mesmo utilizando pré-curvado e em pequenos movimentos de penetração e retrocesso, além de acionado alinhado à direção de vibração do inserto no sentido vestibulo-lingual, isso não foi suficiente para evitar a presença dos desgastes. O uso do inserto seguindo as recomendações do fabricante, utilizado 2mm aquém do comprimento de trabalho, causou desgastes em ambos os grupos, mas principalmente nos canais com curvatura acentuada. Talvez seja mais prudente a utilização de insertos mais finos e flexíveis para a ativação da solução irrigadora em canais com curvaturas mais severas (40° a 70°), ou ainda, o

acionamento somente até o início da curvatura e para as regiões de terço médio e apical lançar mão de outros dispositivos de agitação (sônicos ou rotatórios), como por exemplo o EasyClean, XP-Endo finisher ou Endoactivator

A escolha de uso do inserto ultrassônico Helse E1 (irrisonic) neste estudo se deu pelo fato desse instrumento ser amplamente utilizado para o uso da agitação das soluções irrigadoras, pelo seu crescente uso no Brasil e pelo fato de ser um instrumento especificamente projetado para esta finalidade, sendo completamente liso e sem arestas cortantes. Os resultados obtidos neste estudo mostraram que o uso deste instrumento pode causar desgastes não-controlados, principalmente nos canais com curvatura acentuada. Pelo fato de ser constituído de aço inoxidável, e, portanto, mais rígido, acreditamos que isso possa ter contribuído para a causa dos desgastes. O estudo realizado por Verhaagen et al. (2012) mostrou que a frequência de oscilação secundária, ou seja, aquela que ocorre devido à reflexão da vibração que o inserto sofre em decorrência de um contato físico com uma superfície rígida, é dependente da rigidez do inserto, da força do contato, do amortecimento causado pela viscosidade da solução irrigadora e pela potência de vibração. Ou seja, quanto mais rígido o inserto ultrassônico mais rapidamente será tendência deste a voltar para a parede do canal do que um mais flexível (Verhaagen et al., 2012; Boutsoukis et al., 2013). Por outro lado, estudos anteriores utilizando Insertos de NiTi lisos para irrigação ultrassônica também observaram desgastes não controlados tão agressivos quanto os apresentados no presente estudo (Retsas et al., 2016).

A utilização do inserto ultrassônico durante a ativação da solução irrigadora foi executada com o inserto posicionado na mesma direção do istmo dos canais radiculares, como mostrou o trabalho realizado por Jiang et al. (2010) no qual observaram que a oscilação do inserto ultrassônico na mesma direção do sulco foi mais eficaz em remover os *debris* do que a oscilação do inserto em posição perpendicular ao sulco. Segundo os autores o resultado estava relacionado ao fato de que havia um jato de alta velocidade da ponta do inserto em uma única direção após a oscilação do inserto e um influxo de solução irrigadora relativamente lento na direção perpendicular. No presente estudo, apesar de em ambos os grupos o inserto ultrassônico ter sido utilizado na mesma direção do istmo, houve diferença significativa entre os grupos com relação ao volume de *debri* remanescente, no grupo CA houve um maior volume de *debri* remanescente. Acreditamos que essa diferença possa estar

relacionada à curvatura, uma possível perda de potência do inserto ultrassônico devido a um maior tempo de contato deste com a parede do canal com maior curvatura.

O presente estudo mostrou que no grupo CA houve um maior percentual de *debris* remanescentes em comparação com o grupo CM, sendo essa diferença estatisticamente significativa. Apesar do contato da ponta de ultrassom com as paredes do canal não impedir completamente a oscilação do inserto (Ahmad et al., 1993; Boutsoukis et al., 2013; Retsas et al., 2016), podemos pressupor que o resultado que encontramos pode estar relacionado a um maior tempo de contato do inserto com as paredes do canal, e sua consequente perda de potência e diminuição da capacidade de agitação da solução irrigadora.

Diversos estudos mostram que a permanência de *debris* e magma dentinário podem trazer consequências negativas ao sucesso do tratamento endodôntico. O acúmulo de *debris* em regiões de difícil acesso pode interferir na qualidade da obturação (Endal et al., 2011), diminuir o fluxo de irrigantes (Saleh et al., 2008), diminuir a eficácia de medicações intracanaís (Violich; Chandler, 2010), e manter microorganismos viáveis dentro do sistema de canais radiculares (Paiva et al., 2013; Siqueira et al., 2013).

Porém, mesmo com todos esses estudos mostrando as consequências da permanência de *debris* no sistema de canais radiculares, não existem estudos clínicos afirmando que o uso de dispositivos de agitação impacta no maior sucesso da terapia endodôntica (Liang et al., 2013).

A utilização da microtomografia computadorizada (μ CT) como método para a realização deste estudo possibilitou a análise tridimensional dos canais radiculares, da análise qualitativa e quantitativa do volume e profundidade dos desgastes não-controlados de dentina, além de volume de *debris* remanescente. A introdução da μ CT possibilitou grandes vantagens em relação a outros métodos de pesquisa, tais como: possibilidade de utilização dos mesmos espécimes em etapas sequenciais sem a sua destruição, possibilitando a análise de todas as etapas do tratamento endodôntico de maneira detalhada e gerando um banco de dados para análises e comparações em estudos futuros (Nielsen et al., 1995; Peters et al., 2000; Paqué et al., 2011; Verma; Love, 2011)

Foi utilizado no presente estudo uma análise em 3D do transporte do canal e relação de centralização que foram definidos em estudos anteriores somente em 2D (Bramante et al., 1987; Gambill et al., 1996). Este método de análise do transporte do canal, realizado também em outros estudos para avaliação de centralização do preparo (Liu; Wu, 2016; Brasil et al., 2017; Elnaghy et al., 2017; Silva et al., 2017) apresenta como principal vantagem o fato de ser realizado ao longo de todo o canal, em todos os cortes microtomográficos dos canais pós preparo e pós UAI, sendo então estabelecido um ponto correspondente ao centro de gravidade do canal para cada corte, e não apenas em cortes específicos predeterminados como nas metodologias que utilizam análises em 2D. O resultado encontrado em nosso estudo mostra que além de causar desgastes indesejados, o inserto ultrassônico também promove um desvio no centro de gravidade dos canais radiculares, mais acentuado no grupo CA (terço apical).

Pudemos observar no presente estudo que o uso da irrigação ultrassônica passiva promoveu desgastes não controlados na dentina do canal radicular, nos quais foram observados desgastes com profundidades de até 0.575mm (mediana 0.191mm) nos canais com curvatura moderada e 0.591mm (mediana de 0.342mm) nos canais com curvatura acentuada. Um estudo realizado por Wu et al. (2000), onde estudaram a ocorrência de desvios em canais curvos ocasionados por instrumentos mecanizados e a sua influência no selamento, mostrou que a ocorrência de transporte apical ($>0.3\text{mm}$) é um fator que influencia negativamente o selamento apical quando canais curvos são obturados pela condensação lateral da guta-percha. Questiona-se, então, a necessidade de estudos futuros para verificar se os desgastes não controlados na parede do canal radicular causados pelos insertos ultrassônicos podem prejudicar a qualidade de selamento da obturação nestes casos.

Não sabemos quais as reais implicações clínicas dos resultados encontrados no presente estudo. Os desgastes mais acentuados encontrados não foram mais profundos que 0,591mm, e esses defeitos provavelmente não são suficientes para diminuir a resistência e dureza da dentina. A principal implicação clínica seria a de que, pela formação de pequenos degraus, isso poderia dificultar um posicionamento mais apical da agulha de irrigação ou mesmo dificultar o travamento do cone de guta percha durante a etapa de obturação (Lambrianidis, 2006), especialmente em canais com curvatura acentuada. Mesmo sob condições favoráveis

de acesso e visualização da entrada dos canais, ainda assim em ambos os grupos foram encontrados desgastes consideráveis de dentina nas paredes dos canais radiculares.

Os resultados encontrados confirmam que a irrigação ultrassônica não pode ser considerada “passiva” (Boutsioukis et al., 2013; Boutsioukis;Tzimpoulas, 2016; Retsas et al., 2016), e indicam que os protocolos estabelecidos para a irrigação ultrassônica ativada precisam ser revistos além dos aspectos que dizem respeito ao tempo e potência de ativação, tipo de inserto ultrassônico e posicionamento do inserto, também na questão da anatomia (grau de curvatura) dos canais radiculares em que a irrigação ultrassônica é utilizada, a fim de minimizar a ocorrência desses desgastes.

7 CONCLUSÃO

Com base na metodologia e nos resultados apresentados no presente estudo, podemos concluir que o grau de curvatura radicular interfere na profundidade do desgaste, na manutenção de *debri* e no transporte do canal após irrigação ultrassônica ativada.

REFERÊNCIAS¹

Abou-Rass M, Piccinino M V. The effectiveness of four clinical irrigation methods on the removal of root canal debris. *Oral Surgery, Oral Med Oral Pathol*. 1982;54(3):323–8.

Ahmad M, Pitt Ford TJ, Crum LA. Ultrasonic debridement of root canals: acoustic streaming and its possible role. *J Endod*. 1987 Oct;13(10):490–9.

Ahmad M, Roy RA, Kamarudin AG, Safar M. The vibratory pattern of ultrasonic files driven piezoelectrically. *Int Endod J*. 1993 Mar;26(2):120–4.

Amato M, Vanoni-Heineken I, Hecker H, Weiger R. Curved versus straight root canals: The benefit of activated irrigation techniques on dentin debris removal. *Oral Surgery, Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology*. 2011;111(4):529–34.

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

Boutsioukis C, Tzimpoulas N. Uncontrolled Removal of Dentin during In Vitro Ultrasonic Irrigant Activation. *J Endod*. 2016 Feb;42(2):289–93.

Boutsioukis C, Verhaagen B, Walmsley AD, Versluis M, Van Der Sluis LWM. Measurement and visualization of file-to-wall contact during ultrasonically activated irrigation in simulated canals. *Int Endod J*. 2013;46(11):1046–55.

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

Brasil SC, Marceliano-Alves MF, Marques ML, Grillo JP, Lacerda MFLS, Alves FRF, et al. Canal Transportation, Unprepared Areas, and Dentin Removal after Preparation with BT-RaCe and ProTaper Next Systems. *J Endod*. 2017 Oct;43(10):1683¹–7.

---

¹ De acordo com o Estilo Vancouver.

Busquim S, Cunha RS, Freire L, Gavini G, Machado ME, Santos M. A micro-computed tomography evaluation of long-oval canal preparation using reciprocating or rotary systems. *Int Endod J*. 2015 Oct;48(10):1001–6.

Castelo-Baz P, Varela-Patino P, Cantatore G, Dominguez-Perez A, Ruiz-Pinon M, Miguens-Vila R, et al. In vitro comparison of passive and continuous ultrasonic irrigation in curved root canals. *J Clin Exp Dent*. 2016 Oct;8(4):0–0.

Curtis TO, Sedgley CM. Comparison of a continuous ultrasonic irrigation device and conventional needle irrigation in the removal of root canal debris. *J Endod*. 2012;38(9):1261–4.

De-Deus G, Marins J, De Almeida Neves A, Reis C, Fidel S, Versiani MA, et al. Assessing accumulated hard-tissue debris using micro-computed tomography and free software for image processing and analysis. *J Endod*. 2014;40(2):271–6.

Elnaghy AM, Al-Dharrab AA, Abbas HM, Elsaka SE. Evaluation of root canal transportation, centering ratio, and remaining dentin thickness of TRUShape and ProTaper Next systems in curved root canals using micro-computed tomography. *Quintessence Int*. 2017;48(1):27–32.

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

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

Freire LG, Iglecias EF, Cunha RS, Dos Santos M, Gavini G. Micro-computed tomographic evaluation of hard tissue debris removal after different irrigation methods and its influence on the filling of curved canals. *J Endod*. 2015;41(10):1660–6.

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

Jiang LM, Verhaagen B, Versluis M, Langedijk J, Wesselink P, Van Der Sluis LWM. The influence of the ultrasonic intensity on the cleaning efficacy of passive ultrasonic irrigation. *J Endod*. 2011;37(5):688–92.

Jiang LM, Verhaagen B, Versluis M, Van Der Sluis LWM. Influence of the Oscillation Direction of an Ultrasonic File on the Cleaning Efficacy of Passive Ultrasonic Irrigation. *J Endod*. 2010;36(8):1372–6.

Klyn SL, Kirkpatrick TC, Rutledge RE. In vitro comparisons of debris removal of the EndoActivator™ System, the F File™, ultrasonic irrigation, and NaOCl irrigation alone after hand-rotary instrumentation in human Mandibular molars. *J Endod*. 2010;36(8):1367–71.

Lambrianidis, T. Ledging and blockage of root canals during canal preparation: causes, recognition, prevention, management, and outcomes. *Endod Top*. 2006 Nov;15(1):56–74.

Lee S-J, Wu M-K, Wesselink PR. The effectiveness of syringe irrigation and ultrasonics to remove debris from simulated irregularities within prepared root canal walls. *Int Endod J*. 2004 Oct;37(10):672–8.

Liang YH, Jiang LM, Jiang L, Chen XB, Liu YY, Tian FC, et al. Radiographic healing after a root canal treatment performed in single-rooted teeth with and without ultrasonic activation of the irrigant: A randomized controlled trial. *J Endod*. 2013;39(10):1218–25.

Liu W, Wu B. Root Canal Surface Strain and Canal Center Transportation Induced by 3 Different Nickel-Titanium Rotary Instrument Systems. *J Endod*. 2016 Feb;42(2):299–303.

Macedo RG, Verhaagen B, Rivas DF, Versluis M, Wesselink P, Van Der Sluis L. Cavitation measurement during sonic and ultrasonic activated irrigation. *J Endod*. 2014;40(4):580–3.

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

Merino A, Estevez R, de Gregorio C, Cohenca N. The effect of different taper preparations on the ability of sonic and passive ultrasonic irrigation to reach the working length in curved canals. *Int Endod J*. 2013;46(5):427–33.

Nakamura VC, Pinheiro ET, Prado LC, Silveira AC, Carvalho APL, Mayer MPA, et al. Effect of ultrasonic activation on the reduction of bacteria and endotoxins in root canals: a randomized clinical trial. *Int Endod J*. 2018 Jan;51 Suppl 1:e12–22.

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

Nishiyama CK, Lacerda AG, Souza MH, Francischone CE, Ishikiriama A, Berbert A. [Bleaching of devitalized teeth with ultrasonic assistance]. *Rev Fr Endod.* 1989 Mar;8(1):43–7.

Paiva SSM, Siqueira JF, Rôças IN, Carmo FL, Leite DCA, Ferreira DC, et al. Molecular Microbiological Evaluation of Passive Ultrasonic Activation as a Supplementary Disinfecting Step: A Clinical Study. *J Endod.* 2013 Feb;39(2):190–4.

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

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

Retsas A, Koursoumis A, Tzimpoulas N, Boutsoukis C. Uncontrolled Removal of Dentin during In Vitro Ultrasonic Irrigant Activation in Curved Root Canals. *J Endod.* 2016;42(10):1545–9.

Richman, MJ. The use of ultrasonics in root canal therapy and root resection. *J Dent Med.* 1957;12:12–8.

Rödig T, Sedghi M, Konietschke F, Lange K, Ziebolz D, Hülsmann M. Efficacy of syringe irrigation, RinsEndo® and passive ultrasonic irrigation in removing debris from irregularities in root canals with different apical sizes. *Int Endod J.* 2010;43(7):581–9.

Saleh IM, Ruyter IE, Haapasalo M, Ørstavik D. Bacterial penetration along different root canal filling materials in the presence or absence of smear layer. *Int Endod J.* 2008 Jan 4;41(1):32–40.

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

Schulz-Bongert U, Weine FS, Schulz-Bongert J. Preparation of curved canals using a combined hand-filing, ultrasonic technique. *Compend Contin Educ Dent*. 1995 Mar;16(3):270, 272, 274 passim; quiz 286.

Silva EJNL, Carvalho CR, Belladonna FG, Prado MC, Lopes RT, de-deus G, et al. Micro-CT evaluation of different final irrigation protocols on the removal of hard-tissue debris from isthmus-containing mesial root of mandibular molars. *Clin Oral Investig*. 2018;1–7.

Silva EJNL, Pacheco PT, Pires F, Belladonna FG, De-Deus G. Microcomputed tomographic evaluation of canal transportation and centring ability of ProTaper Next and Twisted File Adaptive systems. *Int Endod J*. 2017 Jul;50(7):694–9.

Simezo AP, da Silveira Bueno CE, Cunha RS, Pelegriane RA, Rocha DGP, de Martin AS, et al. Comparative Analysis of Dentinal Erosion after Passive Ultrasonic Irrigation versus Irrigation with Reciprocating Activation: An Environmental Scanning Electron Study. *J Endod*. 2017;43(1):141–6.

Siqueira JF, Alves FRF, Versiani MA, Rôças IN, Almeida BM, Neves MAS, 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.

van der Sluis L, Wu M-K, Wesselink P. Comparison of 2 flushing methods used during passive ultrasonic irrigation of the root canal. *Quintessence Int*. 40(10):875–9.

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

van der Sluis LWM, Vogels MPJM, Verhaagen B, Macedo R, Wesselink PR. Study on the Influence of Refreshment/Activation Cycles and Irrigants on Mechanical Cleaning Efficiency During Ultrasonic Activation of the Irrigant. *J Endod*. 2010;36(4):737–40.

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

Swain M V, Xue J. State of the Art of Micro-CT Applications in Dental Research. *Int J Oral Sci*. 2009;1(4):177–88.

Ventura BN. Avaliação Microtomográfica da modelagem de canais radiculares curvos preparados com sistemas automatizados.[dissertação]. Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo; 2017.

Verhaagen B, Lea S, De Bruin GJ, Van Der Sluis LWM, Walmsley AD, Versluis M. Oscillation characteristics of endodontic files: Numerical model and its validation. *IEEE Trans Ultrason Ferroelectr Freq Control*. 2012;59(11):2448–59.

Verma P, Love RM. A Micro CT study of the mesiobuccal root canal morphology of the maxillary first molar tooth. *Int Endod J*. 2011;44(3):210–7.

Villas-Bôas MH, Bernardineli N, Cavenago BC, Marciano M, del Carpio-Perochena A, de Moraes IG, et al. Micro-Computed Tomography Study of the Internal Anatomy of Mesial Root Canals of Mandibular Molars. *J Endod*. 2011 Dec;37(12):1682–6.

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

Virdee SS, Seymour DW, Farnell D, Bhamra G, Bhakta S. Efficacy of irrigant activation techniques in removing intracanal smear layer and debris from mature permanent teeth: a systematic review and meta-analysis. *Int Endod J*. 2018;51(6):605–21.

Vivan RR, Duque JA, Alcalde MP, Só MVR, Bramante CM, Duarte MAH. Evaluation of different passive ultrasonic irrigation protocols on the removal of dentinal debris from artificial grooves. *Braz Dent J*. 2016;27(5):568–72.

Walmsley AD, Murgel C, Krell K V. Canal markings produced by endosonic instruments. *Endod Dent Traumatol*. 1991 Apr;7(2):84–9.

Weller RN, Brady JM, Bernier WE. Efficacy of ultrasonic cleaning. *J Endod*. 1980;6(9):740–3.

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

APÊNDICE A – Valores dos ângulos de curvaturas dos espécimes

Grupo Curvatura Moderada	
Dente	Grau de curvatura
1	28°
2	22°
3	22°
4	27°
5	17°
6	25°
7	27°
8	32°
9	29°
10	33°
11	23°
12	22°
Média	25,5°

Grupo Curvatura Acentuada	
Dente	Grau de curvatura
13	42°
14	48°
15	40°
16	70°
17	54°
18	43°
19	58°
20	60°
21	45°
22	50°
23	60°
24	41°
Média	50,9°

APÊNDICE B – Valores originais obtidos na análise do volume de desgaste de dentina para o grupo CM

Grupo Curvatura Moderada				
Volume de Desgaste de Dentina (mm³)				
Espécime	Cervical	Médio	Apical	Total
1	0.01785	0.13152	0.01861	0.16810
2	0.00860	0.01811	0.03674	0.06349
3	0.13858	0.14997	0.13385	0.42265
4	0.00232	0.01530	0.20848	0.22621
5	0.02795	0.22349	0.01610	0.25306
6	0.00532	0.07448	0.01993	0.09982
7	0.00337	0.01333	0.02022	0.03698
8	0.00039	0.00809	0.03744	0.04593
9	0.05791	0.01021	0.00056	0.06871
10	0.00646	0.04881	0.01005	0.06537
11	0.00143	0.00015	0.05785	0.05944
12	0.00162	0.01598	0.09126	0.10886

APÊNDICE C – Valores originais obtidos na análise do volume de desgaste de dentina para o grupo curvatura acentuada

Grupo Curvatura Acentuada				
Volume de Desgaste de Dentina pela PUI (mm³)				
Espécime	Cervical	Médio	Apical	Total
13	0.01142	0.10366	0.01150	0.12663
14	0.00046	0.03245	0.03242	0.06537
15	0.01184	0.01434	0.11060	0.14341
16	0.00749	0.00275	0.02043	0.03068
17	0.02443	0.09102	0.07177	0.18738
18	0.05120	0.03008	0.04486	0.12631
19	0.04538	0.03134	0.11231	0.18918
20	0.00408	0.03660	0.09546	0.13614
21	0.03582	0.03054	0.08752	0.15396
22	0.00823	0.03880	0.08237	0.12949
23	0.01146	0.04601	0.07456	0.13096
24	0.00003	0.00672	0.05635	0.06313

APÊNDICE D – Valores originais obtidos na análise da profundidade máxima do desgaste de dentina para o grupo curvatura moderada

Grupo Curvatura Moderada			
Profundidade Máxima do Desgaste (mm)			
Espécime	Cervical	Médio	Apical
1	0.08700	0.20400	0.22200
2	0.04500	0.09600	0.11100
3	0.11300	0.29000	0.33200
4	0.03900	0.12900	0.40900
5	0.18800	0.31900	0.05500
6	0.07500	0.21400	0.23900
7	0.09100	0.08400	0.11000
8	0.02800	0.03500	0.25700
9	0.19100	0.05500	0.04400
10	0.04800	0.15700	0.16000
11	0.04900	0.00002	0.28500
12	0.02300	0.06900	0.12500

APÊNDICE E – Valores originais obtidos na análise da profundidade máxima do desgaste de dentina para o grupo curvatura acentuada

Grupo Curvatura Acentuada			
Profundidade Máxima do Desgaste (mm)			
Espécime	Cervical	Médio	Apical
13	0.09800	0.40200	0.08400
14	0.03700	0.19700	0.31100
15	0.05800	0.09000	0.41100
16	0.07000	0.02100	0.37100
17	0.07300	0.23000	0.31000
18	0.11500	0.40200	0.51400
19	0.09900	0.21700	0.49100
20	0.07000	0.11400	0.46100
21	0.09100	0.21900	0.59100
22	0.06100	0.16700	0.22400
23	0.05600	0.26700	0.33100
24	0.00012	0.06300	0.28600

APÊNDICE F – Valores originais obtidos na análise do percentual de *debri* remanescente para o grupo curvatura moderada

Grupo Curvatura Moderada				
Percentual de <i>Debri</i> Remanescente (%)				
Espécime	Cervical	Médio	Apical	Total
1	0.001869	0.000521	0.535491	0.086971
2	0.002047	0.001409	0.041015	0.006534
3	0.235725	0	0.064133	0.160516
4	0.000285	0.004725	0.126422	0.018335
5	0.007687	0.002227	0	0.004776
6	0.110896	0.002545	0.003467	0.053857
7	0.081122	0.090306	0.043782	0.079723
8	0.085169	0.107026	0.352341	0.120688
9	0.033836	0.097118	0.146716	0.072296
10	0.020922	0.005203	0.001599	0.013878
11	0.021913	0.000385	0.00736	0.011091

APÊNDICE G – Valores originais obtidos na análise do percentual de *debris* remanescente para o grupo curvatura acentuada

Grupo Curvatura Acentuada				
Percentual de <i>Debris</i> Remanescente				
Especime	Cervical	Médio	Apical	Total
13	0.032824	0.196306	0.360137	0.105647
14	0.973239	0.496744	3.571429	1.110283
15	0.043987	0.06174	1.316008	0.150611
16	0.502396	0.583236	1.26378	0.602523
17	0.004643	0.055127	1.501954	0.142189
18	0.038795	0.058755	1.004714	0.182216
19	0.179269	0.160419	0.730008	0.229271
20	0.078169	0.015457	0.078613	0.059277
21	0.291275	0.752882	0.186451	0.441978

APÊNDICE H – Valores originais obtidos na análise do desvio para o grupo curvatura moderada

Grupo Curvatura Moderada			
Desvio do canal			
Espécime	Cervical	Médio	Apical
1	0.004400486	0.022595261	0.029145125
2	0.012138555	0.010266614	0.019481625
3	0.040819662	0.053458	0.055076003
4	0.034268121	0.008000974	0.064992315
5	0.008041661	0.053253284	0.069754262
6	0.116954758	0.073210609	0.060526006
7	0.448002189	0.457661381	0.412002464
8	0.017937189	0.007102166	0.01476081
9	0.007474093	0.008716158	0.010613358
10	0.048443548	0.051082607	0.05129409
11	0.016680301	0.010095775	0.049469493
12	0.030148244	0.013457653	0.041183691
13	0.004061985	0.01810063	0.028360471
14	0.010012494	0.014563653	0.014127624

APÊNDICE I – Valores originais obtidos na análise do desvio para o grupo curvatura acentuada

Grupo curvatura acentuada			
Desvio do Canal			
Espécime	Cervical	Médio	Apical
13	0.006658085	0.102712243	0.080122909
14	0.077932159	0.12111897	0.076514629
15	0.024528878	0.013448365	0.113151631
16	0.009588278	0.011080931	0.061515171
17	0.008511159	0.045500919	0.046468472
18	0.02580973	0.032022917	0.044004736
19	0.053939317	0.042124623	0.129195843
20	0.006239502	0.05095855	0.070068497
21	0.011078974	0.024896832	0.029052138
22	0.014853698	0.019112916	0.036620915
23	0.008375787	0.036510502	0.05260796
24	0.018712111	0.048908745	0.104551694

APÊNDICE J – Parâmetros utilizados na *task list* para análise das imagens pré, pós PQC e pós UAI

1 Reload Image

2 Thresholding/ Lower grey threshold, 80 Upper grey threshold, 255

3 Bitwise operations $\langle \text{Image} \rangle = \langle \text{Image} \rangle \text{ XOR } \langle \text{Region of Interest} \rangle$

4 3D analysis Volume/ Surface Area

5 Despeckle Type: Remove pores (2D space) Apply to: Region of Interest

6 Bitwise operations $\langle \text{Image} \rangle = \langle \text{Image} \rangle \text{ XOR } \langle \text{Region of Interest} \rangle$

7 3D model Apply to: Image

8 3D analysis Volume/ Surface Area

9 3D model Apply to: Image

ANEXO A – Parecer Consubstanciado do CEP

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

Título da Pesquisa: Avaliação dos desgastes não controlados de dentina após irrigação ultrassônica passiva em canais curvos.

Pesquisador: Giulio Gavini

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 01117718.2.0000.0075

Instituição Proponente: Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 3.011.616

Apresentação do Projeto:

"O presente projeto visa avaliar, por meio da microtomografia computadorizada (micro-CT), a influência do grau de curvatura dos canais radiculares nos desgastes dentinários não controlados produzidos pelo uso da PUI; Serão utilizadas as imagens microtomográficas do estudo previamente realizado, aprovado no Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo CAAE 72238517.3.0000.0075 (imagens de microtomográficas de 24 dentes com presença de curvatura de 25 a 30 graus na raiz). Serão quantificados o volume e profundidade dos desgastes não controlados das paredes dos canais radiculares. Os dados coletados serão tabulados para a realização da análise estatística, utilizando o software GraphPad Prism 7, sendo considerados significativos quando $p < 0,05$ ".

Objetivo da Pesquisa:**Objetivo Primário:**

"Avaliar, por meio da micro-CT, os desgastes não controlados de dentina radicular, após a irrigação ultrassônica passiva, em canais com curvatura (entre 25° e 35°)".

Objetivo Secundário:

- "Avaliar, nos mesmos canais, a ocorrência de desgastes não controlados, quantificando o volume de dentina removido durante a irrigação ultrassônica passiva".

Endereço: Av Prof Lineu Prestes 2227
Bairro: Cidade Universitária **CEP:** 05.508-900
UF: SP **Município:** SAO PAULO
Telefone: (11)3091-7980 **Fax:** (11)3091-7814 **E-mail:** cepfo@usp.br

**USP - FACULDADE DE
ODONTOLOGIA DA
UNIVERSIDADE DE SÃO**

Continuação do Parecer: 3.011.616

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos:

"Os riscos são mínimos, pois serão utilizados apenas as imagens microtomográficas de dentes humanos extraídos".

Benefícios:

"Os benefícios são ajudar a desenvolver uma melhor técnica do uso da Irrigação Ultrassônica Passiva na terapia endodôntica, com menos riscos de desgaste não controlado das paredes do canal radicular".

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

A pesquisa visa conhecimento e benefícios para melhoria no atendimento endodôntico.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Todos os documentos exigidos pela Resolução CNS 466/12 foram anexados corretamente (Projeto Detalhado, Folha de Rosto, 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 há pendências

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_1237675.pdf	15/10/2018 14:59:48		Aceito
Parecer Anterior	pareceranterior.pdf	15/10/2018 14:59:14	Giulio Gavini	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	PROJETO.docx	15/10/2018 14:59:02	Giulio Gavini	Aceito

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

USP - FACULDADE DE
ODONTOLOGIA DA
UNIVERSIDADE DE SÃO

Continuação do Parecer: 3.011.616

Cronograma	CRONOGRAMA.docx	15/10/2018 14:47:59	Giulio Gavini	Aceito
Declaração de Manuseio Material Biológico / Biorepositório / Biobanco	Bancodedentesxp.pdf	15/10/2018 14:47:44	Giulio Gavini	Aceito
Folha de Rosto	folhaderosto.pdf	15/10/2018 14:39:00	Giulio Gavini	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

SAO PAULO, 09 de Novembro de 2018

Assinado por:
Maria Gabriela Haye Biazevic
(Coordenador(a))

Endereço: Av Prof Lineu Prestes 2227

Bairro: Cidade Universitária

CEP: 05.508-000

UF: SP

Município: SAO PAULO

Telefone: (11)3091-7980

Fax: (11)3091-7814

E-mail: cepfo@usp.br