

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
FACULDADE DE ODONTOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CLÍNICA ODONTOLÓGICA

CAROLINE NASCIMENTO COSTA CORRÊA

**CAPACIDADE DOS PROTOCOLOS DE ATIVAÇÃO DE IRRIGAÇÃO NA
REMOÇÃO DE DENTINA E DEBRIS DOS CANAIS RADICULARES**

Juiz de Fora

2022

CAROLINE NASCIMENTO COSTA CORRÊA

**CAPACIDADE DOS PROTOCOLOS DE ATIVAÇÃO DE IRRIGAÇÃO NA
REMOÇÃO DE DENTINA E DEBRIS DOS CANAIS RADICULARES**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Clínica Odontológica, da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Odontologia. Área de concentração em Clínica Odontológica.

Orientador: Prof. Dr. Celso Neiva Campos

Juiz de Fora

2022

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Corrêa, Caroline Nascimento Costa.

Capacidade dos protocolos de ativação de irrigação na remoção de dentina e debris dos canais radiculares / Caroline Nascimento Costa Corrêa. -- 2022.

81 f. : il.

Orientador: Celso Neiva Campos

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Odontologia. Programa de Pós-Graduação em Clínica Odontológica, 2022.

1. Microtomografia computadorizada. 2. Irrigação do canal radicular. 3. Debris dentinários. 4. Ativação da irrigação. I. Campos, Celso Neiva, orient. II. Título.

CAROLINE NASCIMENTO COSTA CORREA

Capacidade dos protocolos de ativação de irrigação na remoção de dentina e debris dos canais radiculares

Dissertação
apresentada ao
Programa de Pós
graduação em
Odontologia da Universidade
Federal de Juiz de
Fora como requisito
parcial à obtenção do
título de Mestra em
Clínica
Odontológica. Área
de
concentração Clínica
Odontológica

Aprovada em 23 de março de 2022.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Celso Neiva Campos - Orientador

Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof^a. Dr^a. Carolina Oliveira de Lima

Universidade Federal de Juiz de Fora - GV

Prof^a. Dr^a. Máira do Prado

Universidade Veiga de Almeida - RJ

Juiz de Fora, 07/03/2022.



Documento assinado eletronicamente por **Celso Neiva Campos, Professor(a)**, em 23/03/2022, às 10:17, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Maira do Prado, Usuário Externo**, em 23/03/2022, às 10:19, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Carolina Oliveira de Lima, Professor(a)**, em 23/03/2022, às 19:25, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no Portal do SEI-Ufjf (www2.ufjf.br/SEI) através do ícone Conferência de Documentos, informando o código verificador **0700340** e o código CRC **49562309**.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida e por me dar a oportunidade de chegar até aqui.

Ao meu orientador Prof. Dr. Celso Neiva Campos pelo apoio, dedicação e orientações para que este trabalho pudesse ser realizado.

À Profª Drª Carolina Oliveira de Lima, por dividir comigo seus conhecimentos e seu tempo, durante o desenvolvimento deste trabalho, em especial, enquanto estive na UNIGRANRIO.

Ao Prof. Dr. Leandro Marques de Resende e à Profª Drª Mariane Floriano Lopes Santos Lacerda pela participação na Banca do Exame de Qualificação deste trabalho, prestando relevante contribuição.

À Profª Dra. Maíra do Prado e à Profª Carolina Oliveira de Lima por, gentilmente, aceitarem compor a minha Banca de Defesa desta Dissertação.

Ao meu noivo Felipe por toda confiança e paciência durante toda essa longa trajetória de idas e vindas nos momentos de minha ausência.

Meu muito obrigada por todo apoio que tive da mulher maravilhosa, que tenho orgulho como mãe, por sempre acreditar em mim e ao meu pai por todo carinho e ajuda recebidos.

Aos meus amigos, familiares e a todos que puderam contribuir de alguma forma por todo incentivo para que conquistasse mais um sonho, o meu muito obrigada.

RESUMO

A remoção de debris durante a irrigação do canal radicular é de grande importância na limpeza e descontaminação do sistema de canais radiculares, permitindo uma melhor atuação e fluxo da substância irrigante. Nesse sentido, alguns dispositivos e técnicas têm sido desenvolvidos para uma melhor eficiência da irrigação. O objetivo deste estudo foi avaliar o volume de dentina removido após diferentes protocolos de ativação da irrigação final e a eficácia dos protocolos de ativação na remoção de debris, por meio de micro-CT. Vinte e cinco raízes mesiais de molares inferiores foram selecionadas, acessadas e seus canais foram instrumentados com a lima Reciproc R25 e irrigados com NaOCl a 5,25%. A irrigação final foi realizada com EDTA a 17% e os espécimes foram divididos em cinco grupos, de acordo com as técnicas de ativação utilizadas durante a irrigação final (n=5): irrigação convencional (IC), irrigação ultrassônica (IU), lima XP Clean (XPC), XP-endo Finisher (XP) e lima Easy clean (EC). Os dentes foram escaneados por micro-CT em três momentos: antes e depois da instrumentação e após os protocolos de ativação da irrigação. Os volumes de dentina removida e de debris foram avaliados através do programa Image J. Os dados foram submetidos aos testes, Shapiro-Wilk, Levene e de ANOVA com nível de significância de 5%. Os resultados mostraram que o protocolo de irrigação convencional promoveu menor percentual de remoção de dentina quando comparado aos grupos experimentais ($p < 0,05$); entre os grupos experimentais, não houve diferença significativa ($p > 0,05$). Em relação à porcentagem de debris removidos, não foi observada diferença estatística entre os protocolos de irrigação utilizados ($p > 0,05$). Pode-se concluir que os protocolos de ativação utilizados neste estudo durante a irrigação final não apresentaram benefícios no que diz respeito à remoção de debris quando comparados com a técnica de irrigação convencional.

Palavras-chave: microtomografia computadorizada, irrigação do canal radicular, debris dentinários, ativação da irrigação.

ABSTRACT

The removal of debris during root canal irrigation is very important in cleaning and decontaminating the root canal system, allowing for a better performance and flow of the irrigating substance. In this sense, some devices and techniques have been developed to improve irrigation efficiency. The aim of this study was to evaluate the volume of dentin removed after different activation protocols for final irrigation and the effectiveness of activation protocols in removing debris, using micro-CT. Twenty-five mesial roots of mandibular molars were selected, accessed and their canals were instrumented with a Reciproc R25 file and irrigated with 5.25% NaOCl. The final irrigation was performed with 17% EDTA and the specimens were divided into five groups, according to the activation techniques used during the final irrigation (n=5): conventional irrigation (IC), ultrasonic irrigation (IU), lime XP Clean (XPC), XP-endo Finisher (XP) and Easy clean (EC) file. Teeth were scanned by micro-CT at three times: before and after instrumentation and after irrigation activation protocols. The volume of dentin removed and the reduction of debris were evaluated using the Image J software. Data were submitted to ANOVA, Shapiro-Wilk and Levene tests with a significance level of 5%. The results showed no significant difference between the initial volumes of the canal between groups. The conventional irrigation protocol promoted a lower percentage of dentin removal when compared to the experimental groups ($P < 0.05$); between the experimental groups, there was no significant difference ($P > 0.05$). Regarding the percentage of debris removed, no statistical difference was observed between the irrigation protocols used ($P > 0.05$). It can be concluded that the activation protocols used in this study during the final irrigation did not show benefits with regard to debris removal when compared to the conventional irrigation technique.

Keywords: computerized microtomography, root canal irrigation, dentinal debris, irrigation activation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 -	Dente posicionado no microtomógrafo antes do início do escaneamento	41
Figura 2 -	Imagem de RX produzida pela micro-CT	42
Figura 3 -	Imagem com lima tipo K#10 no comprimento de trabalho e vedamento apical com TopDam	43
Figura 4 -	Lima Reciproc R25	43
Figura 5 -	Seringa de irrigação com agulha NaviTip 30G	44
Figura 6 -	Instrumentos para ativação da irrigação final: A) Ponta de Ultrasson; B) Easy Clean; C) XP Clean; D) XP-endo Finisher	46
Figura 7 -	Cuba térmica	47
Figura 8 -	Imagem em micro-CT de corte transversal do dente 8 (Grupo XPC). À esquerda, momento após a instrumentação do canal e à esquerda após o protocolo de irrigação final	50
Figura 9 -	Imagem em micro-CT de corte transversal do dente 12 (Grupo IU). À esquerda, momento após a instrumentação do canal e à esquerda após o protocolo de irrigação final	50
Figura 10 -	Imagens tridimensionais em micro-CT de cada grupo, que mostra a presença de debris (em cinza à esquerda) antes da irrigação final e após a irrigação final (em vermelho à direita)	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1-	Média e desvio-padrão dos valores atribuídos à porcentagem de debris e dentina removidos com os diferentes protocolos de irrigação final	51
-----------	--	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

3D	Tridimensional
ANOVA	Análise de Variância
CEP	Comitê de Ética em Pesquisa
CHX	Clorexidina
CPM	Ciclos por minuto
CT	Comprimento de trabalho
EC	Easy Clean
EDTA	Ácido etilenodiamino tetra-acético
G	Gauge
IC	Irrigação convencional
IU	Irrigação ultrassônica
MEV	Microscopia eletrônica de varredura
Micro-CT	Microtomografia computadorizada
Min	Minutos
ml	mililitro
mm ²	Milímetro quadrado
mm ³	Milímetro cúbico
µm	Micrometro
MTA	Agregado trióxido mineral
n	tamanho da amostra
NaOCl	Hipoclorito de Sódio
Ncm	Newton por centímetro
NiTi	Níquel-titânio
p	valor de p (estatística)
PQM	Preparação químico-mecânica
PUI	Irrigação ultrassônica passiva
RJ	Rio de Janeiro
RPM	Rotações por minuto
s	segundo
SAF	Self-Adjusting File
SCR	Sistema de canais radiculares

UFJF	Universidade Federal de Juiz de Fora
UNIGRANRIO	Universidade do Grande Rio
XP	Lima XP-endo Finisher
XPC	Lima XP Clean

LISTA DE SÍMBOLOS

%	Porcentagem
°C	Graus Celsius
°	Graus
#	Calibre
±	Varição para mais ou para menos

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 REVISÃO DE LITERATURA	15
3 PROPOSIÇÃO	39
4 MATERIAL E MÉTODOS	40
4.1 Desenho do estudo	40
4.2 Aspectos éticos	40
4.3 Seleção e preparo da amostra	40
4.4 Escaneamento por micro-CT	40
4.5 Instrumentação dos canais	42
4.6 Irrigação final e ativação da solução	44
4.7 Avaliação por micro-CT	47
4.8 Análise estatística	48
5 RESULTADOS	49
6 DISCUSSÃO	52
7 CONCLUSÃO	55
REFERÊNCIAS	56
ANEXO Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da UFJF	62
APÊNDICE Artigo científico	66

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, com os avanços tecnológicos e de instrumentos para o preparo do sistema de canais radiculares (SCR), os tratamentos endodônticos vêm se tornando cada vez mais seguros, rápidos e previsíveis. No entanto, independentemente das técnicas de instrumentação, instrumentos e agentes irrigantes, não há garantia de uma limpeza e modelagem completa dos canais radiculares, principalmente em dentes com canais curvos ou com anatomias mais complexas. Recentemente, estudos mostraram que de 30% a 50% da superfície da parede do canal pode permanecer não preparada após a instrumentação, coberta com biofilmes, podendo colocar em risco o resultado do tratamento (VAZ-GARCIA et al., 2018).

As limitações na limpeza e desinfecção estão associadas à complexa anatomia do SCR, que permite a manutenção de microrganismos, debris e remanescentes pulpares em regiões, tais como istmos, deltas apicais, canais laterais e irregularidades anatômicas, podendo resultar na persistência de lesões perirradiculares (SOUZA et al., 2014).

A irrigação dos canais radiculares com soluções antimicrobianas é considerada uma parte essencial do tratamento endodôntico (HAAPASALO et al., 2014). Nas últimas décadas, inúmeros estudos vêm sendo realizados sobre novas soluções irrigantes na endodontia, assim como comparativos entre elas e modificações daquelas já existentes. Dentre as substâncias mais utilizadas mundialmente, podemos citar o hipoclorito de sódio e o ácido etilenodiamino tetra-acético (EDTA). O hipoclorito de sódio é utilizado para irrigação dos canais geralmente nas concentrações de 1% (Solução de Milton), 2,5% (Solução de Labarraque) e 5,25% (Soda Clorada), sendo que sua ampla utilização é atribuída a algumas de suas propriedades como, a atividade antimicrobiana, detergente, clarificante, desodorizante e dissolvente de tecido orgânico (CÂMARA et al., 2010).

Usada normalmente na concentração de 17%, a solução de EDTA é um agente quelante capaz de remover *smear layer* das paredes dentinárias, sendo, assim, a solução mais recomendada e também a mais usada na odontologia para esses casos. Ainda assim, não há um entendimento sobre o tempo de uso para que o EDTA faça a descalcificação e remoção da *smear layer* de forma eficaz, podendo variar, de acordo com os protocolos estipulados (ARIAS-MOLIZ et al., 2014).

A irrigação dos canais pode ser feita com diversas técnicas, sendo a mais comumente utilizada a irrigação convencional ou passiva, que consiste em preencher o interior do canal radicular usando uma seringa com agulhas de diferentes tamanhos, com agitação ou passivamente (PASRICHA et al., 2015). No entanto, a irrigação convencional com seringa e agulha é ineficaz na limpeza do sistema de canais radiculares (SCR), especialmente em istmos, reentrâncias e na porção apical do canal radicular (BLANK-GONÇALVES et al., 2011; CARON et al., 2010).

Para superar as limitações da irrigação convencional, diversas técnicas têm sido propostas para melhorar a penetração e a eficácia da irrigação (ÇAPAR e AYDINBELGE; 2014; EKIN e ERDERMIR et al., 2015), como a irrigação com pressão negativa (JIANG et al., 2012), a ativação sônica ou ultrassônica (NIU et al. 2014; CASTAGNA et al; 2013), ativação manual com lima Kerr ou cones de guta-percha (JIANG et al., 2012; PARAGLIOLA et al., 2010), limas plásticas (PARAGLIOLA et al., 2010; SINGH et al., 2010), entre outros métodos.

A dinâmica da utilização do ultrassom na limpeza dos canais radiculares consiste em otimizar as propriedades da solução irrigadora através da energia liberada pelo instrumento (inserto ultrassônico). Para tal, é necessária a presença de espaço livre dentro do canal radicular e total ausência de interferência em sua ponta (KATO et al., 2016). Assim, a ativação ultrassônica consiste na utilização de uma ponta acoplada ao ultrassom que transfere a energia do instrumento oscilatório para o irrigante no interior do SCR, promovendo uma melhor penetração e circulação dos irrigantes (VAN DER SLUIS e WESSELINK, 2005) e, por isso, tem sido considerada a técnica mais efetiva na remoção de debris e tecido pulpar (GU et al., 2009; HAAPASALO et al., 2014; JIANG et al., 2012; LEONI et al., 2017).

Entretanto, alguns estudos demonstraram que o contato das pontas de ultrassom com a parede do canal radicular pode ocorrer devido à dimensão e complexidade do SCR, provocando a remoção de dentina não intencional durante a ativação dos irrigantes (BOUTSIOUKIS et al., 2013; BOUTSIOUKIS e TZIMPOULAS, 2016). Esta remoção dentinária, de forma excessiva, pode provocar a formação de degraus ou até mesmo de perfuração em canais radiculares curvos (BOUTSIOUKISE e TZIMPOULAS, 2016).

O instrumento rotatório XP-endo Finisher (FKG Dentaire, La Chaux-de-Fonds, Switzerland) foi introduzido com a promessa de melhorar a limpeza e desinfecção do SCR. É um instrumento de configuração 25/.00, produzido em liga de níquel-titânio

(NiTi) MaxWire que altera de forma quando em contato com a temperatura corporal, permitindo sua expansão dentro do canal radicular, podendo alcançar áreas de difícil acesso e agitar a substância irrigadora a fim de remover biofilme e *smear layer* (LACERDA et al., 2017).

Também desenvolvido com objetivo de proporcionar a remoção de debris das paredes e otimizar a ação dos agentes irrigantes, o instrumento XP Clean (MKLife, Porto Alegre, RS, Brasil) é capaz de promover não só a agitação dos líquidos irrigantes durante o preparo dos canais radiculares, mas também de tocar paredes do canal que não foram tocadas pelo instrumento (MATTOS et al., 2020). Confeccionado em liga de NiTi e de movimentação rotatória, pode ser utilizado após o preparo químico-mecânico (CMP) e possui a mesma finalidade do XP-Endo Finisher, porém não possui a capacidade de expansão corporal (CAMPOS et al., 2021).

Outro instrumento introduzido foi a lima Easy Clean (Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil). Ela é acionada por motor em movimento recíprocante ou rotatório, com possibilidade de introdução em todo comprimento de trabalho e oferecendo segurança ao utilizar plástico como sua principal matéria prima (SCHMIDT et al., 2015).

Diante do exposto, o objetivo deste estudo foi avaliar, por meio de microtomografia computadorizada, o volume de dentina e de debris removidos após utilização de diferentes protocolos de ativação da irrigação final.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Para Cotton et al. (2007), dentre as especialidades odontológicas, a que mais se utiliza da radiografia é a Endodontia, o que pode ter gerado grande interesse de pesquisadores dessa área pela tomografia computadorizada. No entanto, para analisar a anatomia dos canais radiculares, a resolução dos tomógrafos do início da década de 90 não foi o suficiente. Então, adaptações foram feitas para permitir um crescimento na resolução espacial, desenvolvendo assim a microtomografia computadorizada (micro-CT), que permite uma ótima resolução de imagem e ferramentas tridimensionais que facilitam um maior conhecimento morfológico dentário e uma maior visualização de volume da área interessada.

Paqué et al. (2009) desenvolveram um método para visualizar e analisar debris de tecidos duros acumulados na região de istmo de molares inferiores, que são criados durante a instrumentação do canal radicular, utilizando a microtomografia computadorizada de alta resolução. Vinte raízes mesiais de molares inferiores foram acessadas e instrumentadas usando o sistema ProTaper (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça) e nenhuma solução irrigadora foi utilizada durante ou após a instrumentação. Os espécimes foram escaneados antes e após o preparo dos canais usando um sistema micro-CT 40 (Scanco Medical). A instrumentação causou um acúmulo de debris estatisticamente significativo ($p < 0,01$). As reconstruções de imagens tridimensionais por micro-CT visualizaram os detritos de tecido duro acumulados em todo o sistema de canais. Para os autores, o método aplicado parece adequado para comparar quantitativamente diferentes sistemas de instrumentação e protocolos de irrigação, quanto ao acúmulo de debris. Destacaram, ainda, que a presença de acúmulo de debris pode dificultar a desinfecção de áreas com difícil acesso e interferir negativamente na obturação dos canais radiculares.

Violich e Chandler (2010) num estudo de revisão de literatura, afirmaram que a remoção da *smear layer* melhora a desinfecção do canal durante o tratamento endodôntico. Ela atua como uma barreira de bactérias que permite o crescimento e proliferação das mesmas, tornando-as mais suscetíveis à invasão aos tecidos adjacentes e extensão para as profundezas dos túbulos dentinários. Dessa forma, dificulta as soluções irrigantes de cumprirem suas funções de desinfecção e limpeza, impedindo o selamento tridimensional do canal. Como consequência, futuramente, pode aumentar o risco de microinfiltrações, seguido de falha no tratamento

endodôntico. Para os autores, os métodos atuais de remoção da *smear layer* incluem técnicas químicas, ultrassônicas e a laser, sendo que nenhuma é totalmente eficaz em toda a extensão dos canais. Para que a *smear layer* seja removida, o método de escolha é o uso alternado de soluções de ácido etilenodiaminotetracético (EDTA) e hipoclorito de sódio. Os dados obtidos sugerem que a remoção da *smear layer* deve melhorar a desinfecção do canal, porém, o conflito permanece em relação à sua remoção antes da obturação dos canais radiculares, sendo necessárias investigações para determinar sua interferência nos resultados do tratamento do canal radicular.

Caron et al. (2010) avaliaram a eficiência da remoção da *smear layer* após o uso de cone de guta-percha ou RinsEndo, Endoactivator em comparação com a irrigação final convencional usando uma agulha 27G. Foram selecionados e instrumentados 50 dentes molares inferiores. Os dentes foram divididos aleatoriamente em quatro grupos experimentais ($n = 10$) e dois grupos controle. Os controles negativos ($n = 5$) não receberam nenhum tipo de irrigação final após a adaptação do cone. Os controles positivos ($n = 5$) foram imersos por 5 minutos em banho de EDTA a 17% seguido de imersão por 5 minutos em banho de NaOCl a 3% após o processo de separação dos grupos. Protocolos finais de irrigação: 1- grupo sem ativação (irrigação final com uma agulha 27G e EDTA a 17%/ NaOCl 3%), ativação dinâmica manual + guta-percha (irrigação final EDTA a 17%/ NaOCl 3% + agitação de guta-percha); 2- grupo de ativação dinâmica automatizada (irrigação final EDTA a 17%/ NaOCl 3% + RinsEndo); e 3- grupo de ativação sônica (irrigação final EDTA a 17%/ NaOCl 3% + Endoativador). As amostras foram preparadas para observação em microscopia eletrônica de varredura para avaliação da remoção da *smear layer* e foram analisadas com o teste de Kruskal-Wallis e o teste *U* de Mann-Whitney. Os resultados mostraram que o grupo sem ativação foi significativamente menos eficaz que os outros grupos com ativação ($p < 0,05$), nos terços médio e apical. Considerando apenas o terço apical, os grupos de ativação dinâmica manual e de ativação sônica mostraram maior remoção de *smear layer* ($p < 0,05$), quando comparados com os outros grupos testados. Assim, puderam concluir que a limpeza do canal radicular pode se beneficiar da ativação de soluções (principalmente as ativações sônica e manual-dinâmica) quando comparada com a ausência de ativação durante a irrigação final.

Paragiola et al. (2010) avaliaram a penetração de NaOCl 5% nos túbulos dentinários quando usado em canais radiculares com diferentes protocolos de

agitação. Foram selecionados 56 dentes uniradiculares, onde coroas foram removidas cortando os dentes 2 mm acima da junção cimento-esmalte. Após a instrumentação dos canais, a irrigação com NaOCl a 5%, foi realizada com seringa e agulha 30-G (Perio/Endo Irrigation Needle, Biaggio, Suíça). A remoção da *smear layer* foi obtida após irrigação com 3 ml de EDTA 17% por 2 minutos, seguida de 3 ml de solução salina estéril. Os dentes foram divididos aleatoriamente em sete grupos (n=8 para cada grupo). Uma irrigação final de cada canal foi realizada usando 5 ml de NaOCl a 5% marcado com vermelho de alizarina a 0,2%. Os grupos tiveram um procedimento de agitação diferente durante a irrigação final: Grupo 1 (controle): sem agitação (NaOCl com vermelho de Alizarina sem ativação); Grupo 2 (lima K): agitação com uma lima K de tamanho 10 (20 movimentos na frequência de 3 por segundo); Grupo 3 (guta-percha): agitação com um cone de gutta-percha FM (20 movimentos para cima e para baixo), Grupo 4 (Endo Plastic): agitação com lima F (Plastic Endo LLC, Lincolnshire, IL) por 30 segundos a 500 rpm; Grupo 5 (EndoActivator): agitação com um dispositivo sônico (EndoActivator; Advanced Endodontics, Santa Bárbara, CA) 10.000 cpm por 20 seg;; Grupo 6 (Satelec): agitação com Passive Ultrasonic IrriSafe Satelec (Acteongroup, Merignac, França) com configuração de potência em 5 por 20 segundos; e Grupo 7 (EMS): agitação com Passive Ultrasonic ESI File (EMS, Nyon, Suíça) com potência definido em 5 por 20 segundos. Após a secagem do canal, cada espécime foi cortado em três discos de 1 mm de espessura a 1, 3 e 5 mm do ápice, onde foram coladas em lâminas de vidro, examinadas em microscópio de luz de fluorescência (Nikon Eclipse; Nikon, Tóquio, Japão) a 100X e com comprimento de onda de 540 a 570 nm. As imagens de todas as amostras foram avaliadas por dois operadores cegos. Diferenças estatisticamente significativas foram encontradas na seguinte ordem: controle=K-file=guta-percha<EndoActivator=Plastic Endo<Satelec=Grupo EMS ($p < 0,05$). Os resultados mostraram que o uso de agitação ultrassônica passiva aumenta a eficácia do procedimento de irrigação final no terço apical das paredes do canal. Os autores ainda salientaram que o termo passivo não descreve adequadamente o processo, visto que ele é de fato ativo; entretanto, quando foi introduzido pela primeira vez, o termo passivo referia-se à ação “não cortante” da lima ativada pelo ultrassom.

Boutsioukis et al. (2010) avaliaram através de um modelo de dinâmica de fluídos computacional (CFD), o efeito da profundidade de inserção de dois tipos diferentes de agulhas sob fluxo do irrigante dentro um canal radicular durante a

irrigação final. Uma agulha de 30 G com abertura lateral e uma com a extremidade aberta (plana) foram posicionadas dentro do canal radicular preparado (45/.06) em 1, 2, 3, 4 ou 5 mm aquém do comprimento de trabalho (CT). O irrigante usado foi o hipoclorito de sódio a 1%. A velocidade, pressão e tensão no canal radicular foram avaliados. A agulha com abertura lateral conseguiu a renovação do irrigante e uma maior pressão para o CT apenas na posição de 1 mm, enquanto a agulha plana foi capaz de obter a renovação completa e levar maior pressão do irrigante mesmo quando posicionada a 2 mm abaixo do CT. Ambas as agulhas mostraram semelhança na diminuição gradativa da pressão apical à medida que a distância do CT aumentava. A profundidade de inserção da agulha de irrigação 2 mm aquém do comprimento de trabalho e a troca constante do irrigante, pode influenciar na remoção de debris. A profundidade de inserção da agulha pode afetar a extensão da renovação do irrigante, o desgaste da parede do canal, e a pressão no forame apical para ambos os tipos de agulha.

Blank-Gonçalves et al. (2011) compararam a efetividade de técnicas distintas de agitação de irrigação final quanto à remoção da *smear layer* em canais radiculares com curvatura de 62 molares inferiores. Os canais foram instrumentados com brocas Gates Glidden 1, 2 e 3 e sistema rotação ProTaper (Dentsply Maillefer) até a lima F2, utilizando o hipoclorito de sódio a 2,5% como irrigante. Os espécimes foram divididos em três grupos de acordo com a técnica de agitação do irrigante: Grupo 1: irrigação convencional, com 2,5 ml de EDTA 17% - a solução foi deixada no local por 60 segundos sem agitação; Grupo 2: agitação ultrassônica, com 2,5 ml de EDTA a 17%; Grupo 3: Ativação sônica (EndoActivator) 15/0,02 com EDTA a 17%. A capacidade de remoção da *smear layer* foi analisada em microscopia eletrônica de varredura. Cada fragmento foi visualizado em baixa ampliação (25X) para uma visão total do canal méso-vestibular. Na análise, a irrigação convencional apresentou um número maior de espécimes com presença de *smear layer*, enquanto os grupos sônico e ultrassônico apresentaram mais espécimes com túbulos dentinários limpos e abertos. A comparação entre os grupos mostrou uma diferença significativa entre ativação ultrassônica e irrigação convencional, mas não houve diferença significativa entre os grupos de ativação ultrassônica e EndoActivator. Os autores concluíram que dentro das limitações do estudo, a irrigação de canais radiculares curvos por ativação sônica ou sistemas ultrassônicos parece ser mais eficaz na remoção da *smear layer* do que pelos métodos convencionais.

Endal et al. (2011) realizaram um estudo ex vivo com o objetivo de analisar tridimensionalmente as áreas de istmos no sistema de canais radiculares (SCR), durante a instrumentação e irrigação, utilizando a tomografia computadorizada de alta resolução (micro-CT). O objetivo foi medir a quantidade de debris e volume da área de istmos, após a instrumentação e obturação endodôntica. Para isso, dez raízes mesiais de molares inferiores foram escaneadas usando o microtomógrafo Skyscan 1172 (Skyscan, Aartselaar, Bélgica) antes e após a instrumentação, e após a obturação. O istmo foi definido como uma estrutura em forma de fita entre dois canais radiculares após a instrumentação. A instrumentação foi com sistema ProTaper Universal (Dentsply Tulsa Dental) na sequência: S1, S2, F1-F4. Após a instrumentação, o canal foi irrigado com 10 ml de NaOCl a 5% por 5 minutos, seguido de 5ml de EDTA (17%) por 3 min. Os espécimes foram obturados com cone de gutapercha com auxílio de um termoplastificador (Dentsply, Maillefer). Cerca de 35,2% do volume do istmo foi preenchido com debris aparente após o preparo químico-mecânico. A quantidade residual de material obturador na região de istmos foi significativamente menor, do que nos canais radiculares (57, 5% e 98,5%, respectivamente - $p < 0,001$). Para os autores, uma vasta quantidade de debris na dentina é produzida e compactada em região de istmo durante a instrumentação rotatória dos canais, apesar da irrigação contínua durante e após a instrumentação. Concluíram que os debris podem impedir parcialmente a penetração do material obturador e do cimento na região de istmo.

Castagna et al. (2013) avaliaram a eficácia da irrigação ultrassônica passiva (PUI) na remoção da *smear layer* e de debris da dentina radicular por meio de microscopia eletrônica de varredura (MEV). Vinte e cinco dentes incisivos bovinos foram instrumentados e divididos em três grupos, de acordo com o protocolo de irrigação final: 1- EDTA, irrigação final com 12 ml de EDTA a 17% por 3 minutos, seguida de 5 ml de NaOCl 2,5%; 2- EDTA/PUI, irrigação final com 4 ml de EDTA a 17% e PUI por 30 segundos; e 3- Grupo controle, após o preparo, os corpos-de-prova foram irrigados apenas com 17 ml de NaOCl a 2,5%. As raízes foram fraturadas e analisadas em microscopia eletrônica de varredura. A análise intragrupo revelou que o protocolo EDTA/PUI removeu maior quantidade de debris no terço cervical ($P=0,03$). A análise intergrupos revelou que o EDTA/PUI apresentou a menor quantidade de debris no terço cervical ($P=0,007$). Apenas no terço apical, a remoção da *smear layer* foi menor no grupo controle em comparação com os grupos EDTA e

EDTA/PUI (P=0,02). Nenhum dos protocolos de irrigação final foi capaz de remover totalmente a camada de *smear layer* e os resíduos de dentina. O EDTA/PUI apresentou uma boa remoção de debris apenas no terço cervical.

Çapar e Aydinbelge (2014) avaliaram a formação de *smear layer* e debris residuais, *in vitro*, após o uso do instrumento *Self-Adjusting File* (SAF) ou instrumentação rotativa e compararam a eficácia da remoção de debris e *smear layer* do sistema de limpeza/modelagem SAF de irrigação com técnicas de agitação final. Para isso, 108 incisivos laterais superiores foram divididos aleatoriamente em nove grupos experimentais (n = 12), e os canais radiculares foram preparados com limas rotativas ProTaper Universal, com exceção do grupo de instrumentação SAF. Durante a instrumentação, os canais radiculares foram irrigados com um total de 16 ml de NaOCl a 5%. Para a irrigação final, grupos com instrumentos rotativos foram irrigados com 10 ml de EDTA 17% e 10 ml de NaOCl a 5% usando diferentes regimes de agitação de irrigação (irrigação com seringa com agulhas, NaviTip FX, irrigação dinâmica manual, CanalBrush, EndoActivator, EndoVac, irrigação ultrassônica passiva (PUI) e irrigação SAF). No grupo de instrumentação SAF, os canais radiculares foram instrumentados por 4 minutos a uma taxa de 4 ml/min com NaOCl a 5% e receberam uma irrigação final com o mesmo que a irrigação com seringa com agulhas. A superfície da dentina radicular foi observada em microscópio eletrônico de varredura. Os resultados mostraram que o grupo de instrumentação SAF gerou menos camada de esfregaço e produziu canais mais limpos em comparação com a instrumentação rotatória. Os grupos de irrigação EndoActivator, EndoVac, PUI e SAF foram mais eficazes na remoção da *smear layer* e resíduos. A instrumentação SAF produziu paredes de canal mais limpas quando comparada à instrumentação rotatório. Nenhuma das técnicas removeu completamente a camada de *smear layer* das paredes do canal radicular.

Schmidt et al. (2015) estudaram a efetividade da irrigação ultrassônica passiva (PUI) com soluções de EDTA a 17% e NaOCl a 1% na remoção da *smear layer*. Trinta e dois pré-molares foram selecionados e instrumentados com lima F4 do sistema ProTaper Universal (Dentsply Maillefer). Em seguida, os dentes foram fraturados longitudinalmente para permitir a quantificação da formação da camada de *smear layer* dos terços cervical, médio e apical das raízes. Após a fratura, os dentes foram divididos em quatro grupos: Grupo 1: EDTA+NaOCl; Grupo 2: EDTA com PUI+NaOCl; Grupo 3: EDTA+NaOCl com PUI; e Grupo 4: EDTA+NaOCl, ambos com

PUI. Após a irrigação, as metades dos dentes foram separadas para permitir a imagem das mesmas áreas por microscopia eletrônica de varredura. Também, uma porcentagem de túbulos dentinários abertos em áreas irrigadas como uma porcentagem da área total foi obtida. Os resultados foram submetidos a Kruskal-Wallis, análise de variância e testes de Bonferroni ($\alpha = 0,05$). O maior percentual de áreas de túbulos dentinários abertos foi encontrado no terço cervical, seguido pelo terço médio e apical, em todos os grupos. Entre os grupos de irrigação, houve diferenças estatisticamente significativas no terço cervical entre as amostras do grupo 2 e do grupo 4, com maior e menor porcentagem de remoção da *smear layer*, respectivamente. Os autores concluíram que a PUI utilizando NaOCl a 1% e a ponta ultrassônica posicionada a 1 mm do forame apical não mostrou maior eficácia na remoção da *smear layer* em comparação com a irrigação convencional.

Kato et al. (2016) compararam a eficácia da irrigação ultrassônica passiva (PUI) com a irrigação com ativação Easy Clean em movimento recíprocante na remoção de debris das paredes do canal radicular em seis níveis apicais predeterminados durante a irrigação final dos canais. Foram utilizadas dez raízes de dentes molares inferiores humanos, instrumentadas. As raízes foram seccionadas longitudinalmente em todo o comprimento do canal no sentido méso-vestibular e, posteriormente, embebidas em silicone de base pesada (Optosil Comfort Putty; Heraeus Kulzer GmbH, Hanau, Alemanha) até o nível da junção cimento-esmalte. A parede vestibular do canal foi dividida em intervalos de 1 mm começando do ápice para dar um total de seis cortes redondos em níveis predefinidos: L1, L2, L3, L4, L5 e L6. Após a solidificação do silicone, uma força vertical foi aplicada com uma espátula nº 24 (SSWhite Duflex, Rio de Janeiro, Brasil) para dividir o corpo de prova em duas metades: um grupo de controle em branco (banho ultrassônico com NaOCl a 5,25% por 3 minutos e em seguida em EDTA a 17% por 3 minutos) e um grupo de controle negativo (colocados em um recipiente de plástico com solução de NaOCl a 2,5%) e dois grupos experimentais: PUI (5 ml de NaOCl a 2,5%, seguido por 5 ml de EDTA a 17% e por último com 5 ml de solução de NaOCl a 2,5%) e EC, irrigação com ativação recíprocante (irrigação igual ao utilizado para o grupo PUI). As imagens foram obtidas em microscopia eletrônica de varredura ambiental e avaliadas por dois examinadores. O grupo EC teve resultados estatisticamente semelhantes aos do grupo de controle em branco para todos os seis níveis de raízes examinados. O grupo PUI teve resultados estatisticamente semelhantes aos do grupo de controle negativo para os

três níveis mais apicais e semelhantes aos do grupo de controle em branco para os três níveis mais cervicais. Os autores concluíram que o sistema de irrigação com ativação recíproca (EC) produziu paredes mais limpas em comparação com o método ultrassônico passivo (PUI) quanto à eficácia da irrigação final do terço apical do canal radicular

Segundo Russ et al. (2017), estudos avançados com a microtomografia computadorizada (micro-CT) têm fornecido importantes informações para a terapia endodôntica, especialmente sobre áreas de instrumentação de canais radiculares, visto que ela permite a visualização de detalhes impossíveis de serem detectados apenas com a radiografia convencional, como anatomias mais complexas, trincas, fraturas, debris dentinários e obturação.

Keles et al. (2016) realizaram um estudo ex vivo com o objetivo de avaliar a redução de debris de raízes mesiais de molares inferiores sob diferentes protocolos de irrigação final por meio de imagens de micro-CT. Foram selecionadas 60 raízes mesiais, com as coroas e as raízes distais seccionadas 3 mm acima da junção cimento esmalte e fotografadas separadamente em Micro-CT numa resolução isotrópica de 12,5 µm. As raízes foram divididas em três grupos experimentais (n=20) de acordo com o protocolo de instrumentação: sistemas SAF, Reciproc e Revo-S. Depois, foram subdivididos em dois grupos (n=10) de acordo com o protocolo final de irrigação: SAF ou EndoVac. As raízes foram preparadas com brocas Gates-Glidden 2 e 3, seguida de irrigação com 3ml de hipoclorito de sódio a 2,5% e patência com lima K10. Os canais foram preparados nos seguintes protocolos: 1. SAF: foi inserida com movimento de bicadas e irrigação contínua de 5ml de hipoclorito de sódio a 2,5% durante todo procedimento. 2. Reciproc: o instrumento R25 foi ativado em um motor Reciproc VDW Silver com movimentos de bicada de 3 mm de amplitude e irrigado com 2 ml de hipoclorito a cada vez que o instrumento era removido. 3. Revo-S: - instrumento rotativo de níquel-titânio - foram realizados movimentos suaves de bicada e a irrigação seguiu o mesmo protocolo do grupo Reciproc. Após o preparo, a irrigação final foi realizada com 5 ml de EDTA a 5%, administrada em 1ml por minuto, durante 5 minutos. Na sequência, as raízes foram submetidas a escaneamento. Os resultados foram obtidos por média e desvio-padrão e comparados entre os grupos usando ANOVA e testes *t* de Student com um nível de significância de 5%. Dentro dos grupos, a porcentagem de volume de debris foi significativamente reduzida após os procedimentos de irrigação final com a SAF ou EndoVac. Entre os grupos

experimentais, não houve diferença estatística quanto a redução de debris. Os autores concluíram que nenhum dos sistemas foi capaz de eliminar totalmente os debris, porém, uma redução percentual semelhante foi alcançada após os protocolos de irrigação finais com SAF ou EndoVac.

Elnaghy, Mandorah e Elsaka (2017) analisaram a remoção de debris em canais radiculares com curvatura, comparando a eficiência do instrumento XP-endo Finisher comparado a outros protocolos de agitação da irrigação final. Para tal, utilizaram 15 molares inferiores cujos canais foram preparados pelo sistema BT-Race, irrigados com NaOCl a 2,5% e, posteriormente, divididos em cinco grupos, de acordo com a técnica de agitação do irrigante: Grupo 1: controle positivo, sem irrigação final ou agitação; Grupo 2: sem agitação do irrigante (5 ml de EDTA a 17%); Grupo 3: agitação com lima BT2 no CT (EDTA a 17%); Grupo 4: agitação com XP-endo Finisher (EDTA a 17%) e Grupo 5: EndoActivator 25/0,04 (EDTA a 17%). A avaliação remanescente de debris foi verificada através de microscopia eletrônica de varredura (MEV). As raízes foram seccionadas longitudinalmente, avaliando debris no terço coronário, médio e apical. O XP-endo Finisher e o EndoActivator revelaram escores significativamente mais baixos de debris e *smear layer* do que os outros grupos nas regiões coronal, média e apical ($p < 0,05$). Não houve diferença significativa entre os grupos XP-endo Finisher e EndoActivator ($p > 0,05$). Da mesma forma, não houve diferença significativa entre os grupos com agitação por lima e sem agitação para debris e *smear layer* em todos os terços ($p > 0,05$). Na comparação entre as regiões do canal radicular, a região apical teve maiores escores de debris e *smear layer* quando comparada com a região coronal em todos os grupos ($p < 0,05$), exceto para o grupo controle positivo; não houve diferença significativa entre as três regiões do canal radicular ($p > 0,05$). Os autores concluíram o uso do XP-endo Finisher e do EndoActivator na irrigação de canais com curvatura parece ser mais eficiente na remoção de debris e *smear layer* em comparação com os outros grupos testados. Nenhum dos métodos de irrigação avaliados neste estudo removeu totalmente os debris e a *smear layer*. A limpeza do canal radicular foi melhor no terço coronal do que no terço apical do canal radicular.

Leoni et al. (2017) avaliaram a redução do percentual de resíduos de tecido duro acumulados (AHTD) de 40 raízes mesiais de molares inferiores contendo istmos utilizando diferentes protocolos finais de irrigação. Os espécimes foram instrumentados com a lima WaveOne Small (21/.06) e Primary (25/.08), em motor

elétrico (VDW Silver; VDW GmbH, Munique, Alemanha) até chegarem ao comprimento de trabalho. As imagens de projeção adquiridas foram reconstruídas em cortes transversais com o software NRecon v.1.6.9 (Bruker-microCT). Foram criados quatro grupos experimentais (n=10), de acordo com o protocolo de irrigação final, com tempo total de 2 minutos, usando um total de 5,5 ml de NaOCl 2,5% por canal e por um único operador. Grupo 1- *Pressão apical positiva (grupo APP)*: Um total de 0,5 ml de NaOCl 2,5% foi injetado no canal usando a técnica convencional de agulha/seringa e deixado em repouso por 1 min; Grupo 2- *Irrigação ultrassônica passiva (grupo PUI)*: um total de 0,5 ml de NaOCl 2,5% foi injetado no canal e agitado ultrassonicamente com uma ponta Irrisonic E1 (0,20 mm de diâmetro (Helse Dental Technology, São Paulo, Brasil); Grupo 3- (*grupo SAF*): um total de 0,5 ml de NaOCl 2,5% foi injetado no canal usando uma técnica de agulha/seringa convencional e deixado em repouso por 1 min; Grupo 4- *XP-endo Finisher (grupo XPF)*: rotação aplicando um movimento lateral. Cada canal foi preenchido com 0,5 ml de NaOCl a 2,5%. Os grupos PUI e XPF tiveram maiores reduções percentuais médias de resíduos de tecido duro acumulados (94,1% e 89,7%, respectivamente) do que os grupos APP e SAF (45,7% e 41,3%, respectivamente) ($p < 0,05$). Não foram encontradas diferenças significativas ao comparar os resultados dos grupos PUI e XPF ($p > 0,05$) ou grupos APP e SAF ($p > 0,05$). Os autores concluíram que a técnica PUI e o instrumento XP-endo Finisher apresentaram valores de AHTD significativamente mais baixos, quando comparados com a SAF e irrigação convencional.

Duque et al. (2017) compararam a eficácia do instrumento Easy Clean (Easy Dental Equipment, Belo Horizonte, MG, Brasil) em movimentos contínuo e recíprocante com a irrigação ultrassônica passiva (PUI), o Endoactivator e a irrigação convencional na remoção de debris de canais radiculares e istmos. Cinquenta raízes mesiais de molares inferiores foram incluídas em resina epóxi usando uma mufla de metal; em seguida, os blocos contendo as raízes foram seccionados a 2, 4 e 6 mm do ápice. Após a instrumentação, as raízes foram divididas em 5 grupos (n=10) para aplicação do protocolo final de irrigação utilizando o Easy Clean em rotação contínua, Easy Clean em movimento recíprocante, PUI, Endoactivator e irrigação convencional. Imagens em MEV foram obtidas após a instrumentação e após a primeira, segunda e terceira ativação da solução de irrigação. Para avaliação da área de debris remanescentes foi utilizado software Image J (National Institutes of Health, Bethesda, MD). O protocolo de três ativações da solução irrigante por 20 segundos

proporcionou melhor limpeza do canal e istmo. Na comparação entre todos os procedimentos, a análise dos canais mostrou diferença estatística apenas no nível 2 mm; o Easy Clean em rotação contínua foi mais eficiente do que a irrigação convencional ($p < 0,05$). A maior diferença foi observada nos istmos, onde o Easy Clean em rotação contínua foi mais eficaz que a irrigação convencional nos 3 níveis analisados e o Endoativador em 4 mm ($p < 0,05$). No nível 6 mm, a PUI apresentou maior capacidade de limpeza do que a irrigação convencional ($p < 0,05$). Não houve diferença estatística entre o Easy Clean em rotação contínua, Easy Clean em movimento reciprocante e PUI ($p > 0,05$). Por fim, os autores concluíram que os métodos de irrigação ativados proporcionaram melhor limpeza do canal e das áreas de istmo, principalmente o Easy Clean quando utilizado em rotação contínua. O protocolo de três ativações da solução irrigadora por 20 segundos promoveu uma limpeza mais eficaz.

Perez et al. (2017) avaliaram a profundidade de inserção da ponta da agulha de irrigação na remoção de debris dos canais radiculares, por meio da micro-CT. Para isso, 20 molares inferiores foram escaneados em um dispositivo micro-CT (SkyScan 1173; Micro-CT bruker, Kontich, Bélgica) antes e após o preparo químico-mecânico. Os dentes foram divididos em dois grupos ($n = 10$), de acordo com a profundidade de penetração da agulha de irrigação durante o preparo químico-mecânico: 1 ou 5 mm do comprimento de trabalho (CT). Os dentes foram instrumentados com lima Reciproc R25 (VDW, Munique, Alemanha), acionada por um motor elétrico (motor VDW Silver; VDW). A solução de NaOCl a 5,25% foi utilizada como irrigante e o EDTA a 17% para irrigação final. As imagens, antes e após o preparo, foram examinadas para avaliar a quantidade e volume de debris presentes. Os dados foram comparados estatisticamente por meio do teste *U* de Mann-Whitney. Nenhuma dos dois comprimentos de penetração da agulha testados deixaram os canais totalmente livres de debris. Entretanto, a profundidade de penetração influenciou no volume de debris removidos, com uma redução significativa quando a agulha foi inserida 1 mm do CT ($p < 0,05$).

Cesario et al. (2018) compararam a capacidade de diferentes protocolos de irrigação para remoção de debris de sulcos artificiais. Avaliaram a eficácia do Easy Clean utilizado em diferentes cinemáticas por meio de micro-CT. Foram selecionados 50 incisivos superiores artificiais, instrumentados e incluídos em uma mufla. Os dentes foram seccionados longitudinalmente, e um sulco longitudinal foi realizado na

superfície interna do canal radicular em uma das hemisecções, e os restos de dentina foram inseridos nos sulcos. Em seguida, foram divididos em cinco grupos: G1: Convencional com agulha aberta; G2: Convencional com agulha dupla de abertura lateral; G3: Easy Clean em movimento recíprocante; G4: Limpeza fácil em rotação contínua (ECCR); e G5: irrigação ultrassônica passiva (PUI). Todos foram digitalizados usando tomografia computadorizada antes e após a técnica de irrigação e calculados o volume (mm^3) de restos de dentina. Os resultados obtidos não apresentaram diferenças significativas entre irrigação ultrassônica passiva e Easy Clean em rotação contínua. Porém, o Easy Clean em rotação contínua, foi significativamente mais eficaz do que os grupos de técnicas convencionais de irrigação. Os autores concluíram que a PUI e o ECCR promoveram a remoção de um maior volume de restos de dentina do sulco do que os sistemas convencionais com agulha aberta, convencional com agulha dupla de abertura lateral e Easy Clean em movimento recíprocante.

Xu et al. (2018) avaliaram a remoção de debris, diante a utilização de distintos preparos apicais. Quarenta molares inferiores, com canais independentes, foram divididos distribuídos quatro grupos ($n=10$) de acordo com o preparo apical. Os instrumentos de níquel-titânio utilizados no preparo foram do sistema rotatório IRace (FKG, Dentaire), com as seguintes dilatações apicais: #25/.04, #30/.04, #35/.04 e #40/.04, acionadas pelo motor elétrico X-Smart (Dentsply Maillefer) com velocidade de rotação ajustada para 250 rpm e torque de 1 Ncm. Depois de quatro movimentos suaves para dentro e para fora, o instrumento foi removido do canal. A irrigação foi realizada com 2 ml de NaOCl 5,25% por 1 minuto, administrado por uma ponta de irrigação. Ao final do preparo, os canais foram irrigados com 10 ml de NaOCl a 5,25% por 5 minutos, seguido de 2 ml de EDTA a 17% por 5 minutos. Os canais foram, então, secos com pontas de papel. Os dentes foram escaneados por micro-CT antes e após o preparo do canal. Os resultados mostraram que o grupo 40/.04 removeu maior quantidade de dentina com menor retenção de debris em relação aos outros grupos ($p<0,05$). Os grupos 30/.04 e 35/.04 não apresentaram diferenças entre si. Ainda, nenhum canal radicular de qualquer grupo ficou completamente livre de resíduos mineralizados, e os resíduos foram encontrados principalmente nos istmos dos canais radiculares mesiais.

Virdee et al. (2018) avaliaram se diferentes sistemas de ativação da solução irrigadora interferiam na eficácia da remoção de debris, em relação à técnica

convencional. Em uma revisão sistemática e metanálise, de 252 citações, 16 estudos foram identificados. Seis bancos de dados eletrônicos foram pesquisados para identificar estudos de microscopia eletrônica de varredura, avaliando remoção de debris após o uso de ativação dinâmica manual (MDA), irrigação ultrassônica passiva (PUI), irrigação sônica (SI) ou IATs de pressão negativa apical (ANP) em dentes permanentes maduros. Metanálises foram realizadas para cada segmento do canal (coronal, médio, apical e apical 1 mm), além de análises de subgrupo para IATs individuais com relação ao CNI. As metanálises demonstraram melhorias significativas no coronal (SMD: 1,15, IC 95%: 0,72-1,57 / SMD: 0,54, IC 95%: 0,29-0,80), médio (SMD: 1,30, IC 95%: 0,59-2,53 / SMD: 0,8, IC 95%: 0,58-1,13) e terços apicais (SMD: 1,22, IC 95%: 0,83-1,62 / SMD: 1,86, IC 95%: 0,76-2,96) para a remoção de *smear layer* e debris, respectivamente. Nos IATs apicais de 1 mm melhoraram a limpeza; no entanto, as diferenças foram insignificantes (SMD: 1,15, IC 95%: -0,47-2,77). A análise de qui-quadrado revelou pontuações de heterogeneidade de 79,3–92,8% e 0,0–93,5% para a camada de *smear layer* e remoção de debris, respectivamente. Os IATs melhoram a limpeza intracanal em uma porção substancial do canal e, portanto, seu uso é recomendado durante o preparo do canal radicular.

Sousa et al. (2018) realizaram um estudo *in vitro*, buscando avaliar a eficácia de protocolos de ativações finais nos sistemas de canais radiculares infectados. Foram utilizados 50 dentes humanos anteriores superiores unirradiculares, onde suas coroas foram seccionadas e suas raízes padronizadas em 16mm. *Enterococcus faecalis* foram utilizados na contaminação da amostra, que foi incubada a 37°C por 60 dias. Dos 50 dentes, 30 foram instrumentados com BioRace até o instrumento calibre 60/.02, seguido da lima XP-endo Finisher (XPF) e irrigação ultrassônica passiva (PUI). Do total da amostra, dez dentes formaram o controle positivo e dez o negativo (sem contaminação). Para análise do desenvolvimento microbiano em cultura, as amostras foram incubadas por 48h a 37°C. Posteriormente, foram seccionadas no longo eixo de todo o comprimento da raiz para avaliação, em MEV, das superfícies radiculares. As imagens foram classificadas em escores, de acordo com a quantidade presente de debris. Houve redução de bactérias em todos os grupos. Os grupos experimentais não apresentaram diferenças significativas e a análise das imagens em MEV revelaram ausência de diferença significativa entre os grupos. Concluíram os autores, que os protocolos de ativações finais reduziram a contaminação bacteriana.

Plotino et al. (2019) analisaram a eficácia de diferentes dispositivos sônicos e ultrassônicos para a eliminação de debris de canais radiculares artificiais. Foram testados como agentes irrigadores o hipoclorito de sódio a 5% e o EDTA a 17%, em três tempos diferentes de ativação (20, 40 e 60 segundos). O estudo foi realizado em um modelo de resina transparente, imitando o canal radicular. O mesmo simulador de canal radicular foi empregado para todos os grupos testados e o teste foi repetido 10 vezes para cada grupo experimental: Grupo 1: inserto ultrassônico 15.02, 40 kHz de frequência de oscilação (EndoUltra - Vista, Racine, EUA); Grupo 2: inserto ultrassônico 25/25 IRRI K, 28-36 kHz de frequência de oscilação (VDW GmbH, Munique, Alemanha); Grupo 3: inserto ultrassônico 25/25 IRRI S, 28-36 kHz de frequência de oscilação (VDW GmbH, Munique, Alemanha); Grupo 4: inserto sônico 20/28 Eddy, 6 kHz de frequência de oscilação com o motor VDW (Munique, Alemanha) com escala de ar sônico (ZA-55 - W&H Bürmoos, Áustria); Grupo 5: lima K 20.02 inserida em contra-ângulo de mão Safety M4, <6 kHz de frequência de oscilação (Sybronendo, West Collins Orange, EUA). As imagens resultantes foram analisadas e visualizadas automaticamente por meio do software AUTOCAD (AutoCAD® 2012, Autodesk, San Rafael, EUA). Os resultados mostraram que nenhuma diferença estatística foi encontrada entre os dois irrigantes usados. O Grupo 4 removeu mais debris que os outros grupos. Os grupos 1, 2 e 3 removeram mais debris que o Grupo 5. Foi encontrada diferença entre os tempos de ativação em todos os grupos e níveis do canal, com exceção nos tempos entre 40 e 60 segundos do Grupo 4, nos terços coronário e médio. Os autores concluíram que quando o tempo de ativação aumentou, a remoção de debris também foi maior em todos os grupos. Tanto a ativação sônica quanto a ultrassônica apresentaram alta eficácia na remoção de debris de dentina. O sistema sônico Eddy removeu mais debris das extensões laterais (depressões internas) do que os outros sistemas testados.

Paiva et al. (2019) avaliaram, por meio do uso de micro-CT, a ascendência do grau de curvatura dos canais radiculares causada pelos desgastes não controlados da dentina, devido ao uso da Irrigação Ultrassônica Ativada (UAI), assim como a quantidade de debris dentinários remanescentes após a Irrigação Ultrassônica Ativada. Foram escolhidas 24 raízes mesiais de molares inferiores permanentes, sendo doze com curvatura média de 25,5° (moderada) e doze com curvatura média de 50,9° (acentuada). Inicialmente, os canais foram escaneados no microtomógrafo e depois instrumentados com limas Mtwo e divididos em dois grupos (n=12): Grupo

Curvatura Moderada e Grupo Curvatura Acentuada. Os canais foram submetidos à irrigação ultrassônica ativada e passaram pelo segundo escaneamento. Os dentes foram quantificados quanto ao volume e sua profundidade máxima de desgaste das paredes dos canais radiculares e a porcentagem de debris dentinários resesiduais. As estatísticas foram analisadas através de um software GraphPad Prism 7. Os resultados entre os grupos foram semelhantes quanto ao volume de desgaste, entretanto, o grupo com curvaturas acentuadas mostrou maior desgaste no terço apical e também mais debris remanescentes em cada terço do canal individualmente e na avaliação do canal na sua totalidade. Os autores concluíram que as curvaturas acentuadas influenciam na profundidade de desgaste e na permanência de debris dentinários.

Rodig et al. (2019) avaliaram por meio de micro-CT a ação da irrigação ativada sônica e ultrassônica na remoção de debris em sistemas de canais radiculares de raízes mesiais de molares inferiores. Foram selecionadas 40 raízes mesiais de molares inferiores, os quais foram instrumentados com limas Reciproc R-25, acionada por motor elétrico (VDW Silver, VDW) em movimento recíprocante. De acordo com as instruções do fabricante, o instrumento foi usado com um movimento suave de entrada e saída de cerca de 3 mm de amplitude. Após três movimentos de bicada (um ciclo), o instrumento Reciproc foi retirado do canal e limpo. Cada vez que o instrumento era removido, 2 ml de NaOCl (1%) era aplicado usando uma agulha de ponta aberta calibre 30 (Endo-EZE, Ultradent, South Jordan, UT, EUA) adaptada a uma seringa de plástico e inserida o mais profundo possível, respeitando a distância máxima de 2 mm do comprimento de trabalho. O preparo do canal radicular foi concluído após quatro ciclos. Após o término do preparo, foi realizada uma irrigação final com 2 ml de NaOCl (1%), os canais radiculares foram secos com pontas de papel e uma segunda microtomografia foi realizada com os mesmos parâmetros da primeira varredura. Os espécimes foram digitalizados no microtomógrafo com resolução de 10,5 μm . As raízes foram distribuídas em quatro grupos ($n=10$): irrigação sônica ativada por EndoActivator (EA) ou EDDY (ED), irrigação ativada por ultra-som (PUI) e irrigação manual sem ativação (IM). As irrigações finais foram realizadas utilizando um total de 5 ml de NaOCl a 1% e 5 ml de EDTA a 15% por canal ao longo de 5 min com tempo de ativação de 4 x 20 s. Após a irrigação final, não houve diferença significativa entre os grupos, concluindo que nenhuma das irrigações finais removeu por completo os debris acumulados nos canais radiculares. Houve diferença significativa na redução

de resíduos de tecido duro após a irrigação final em todos os grupos, variando entre 44,1% e 66,8% ($p < 0,05$). A irrigação final com NaOCl e EDTA reduziu a quantidade de resíduos de tecido duro acumulados. As irrigações ativadas sônica e ultrassônica não aumentaram a redução de debris em relação à irrigação convencional.

Silva et al. (2019) testaram a eficácia da PUI, Endovac, SAF e Easy Clean, na remoção de debris de canais mesiais de molares inferiores por meio de micro-CT. Foram selecionadas 40 raízes mesiais de molares inferiores, apresentando istmos tipo I ou III e instrumentadas com Reciproc (R-40). O preparo químico-mecânico foi realizado com 20 ml de NaOCl a 5.25% e, ainda, foi utilizado o protocolo final de irrigação com 5 ml de NaOCl a 5,25% e 2 ml de EDTA a 17%, em um tempo total de 5 min de acordo com um dos quatro protocolos finais de irrigação ($n = 10$): PUI, EndoVac, SAF e EasyClean operados em movimento recíprocos. Os resultados apontaram não haver diferenças significativas entre os protocolos utilizados quanto à efetividade na remoção de debris. Porém, nenhum deles foi capaz de remover totalmente os debris acumulados durante o preparo dos canais.

Azimian et al. (2019) avaliaram a remoção de *smear layer* e debris residuais após a agitação de diferentes soluções irrigadoras. Cinquenta segundos pré-molares mandibulares foram selecionados e tiveram os canais preparados com o sistema BioRace calibre 40. Para o PQM, foi utilizado o NaOCl a 2,5% e, para irrigação final, solução salina. Foram formados cinco grupos ($n = 10$): G1: XP-endo Finisher/solução salina; G2: XP-endo Finisher/EDTA; G3: XP-endo Finisher/NaOCl; G4: XP-endo Finisher/NaOCl/EDTA; e G5 (controle): EDTA+NaOCl sem ação da XP-endo Finisher. Os dentes foram analisados longitudinalmente em micro-CT, pós seccionamento. O grupo XP-endo Finisher/solução salina deixou maior quantidade de debris. Os grupos XP-endo Finisher/solução salina e XP-endo Finisher/NaOCl removeram menor quantidade de debris, sem diferença significativa intragrupo. Quanto à remoção de debris, não houve diferenças significativas entre os grupos 2, 3, 4 e o grupo controle. Já em relação à remoção de *smear layer*, os grupos 2 e 4 não mostraram diferenças significativas em relação ao grupo controle. Concluíram que o ativador XP-endo Finisher não possui superioridade em relação ao protocolo padrão para o uso de irrigantes (EDTA + NaOCl) na remoção de debris e *smear layer*.

Zhao et al. (2019) promoveram um estudo avaliando a retenção de debris resultantes do preparo do canal e das áreas que não foram atingidas pelas limas Reciproc Blue e XP-endo Shaper. Analisaram também a eficácia de irrigações

complementares com XP-endo Finisher, PUI e apenas com seringa e agulha. Foram selecionados 70 molares inferiores em forma de C, os quais foram divididos em dois grupos (n=35), e suas imagens foram obtidas por micro-CT antes e após a instrumentação. Nos dois grupos, os canais foram irrigados com 4 ml de NaOCl a 2% durante a exploração e 6 ml na fase de modelagem. Para cada dente, a lima foi utilizada uma única vez. No Grupo Reciproc Blue (RB), uma lima R25 Reciproc blue (tamanho 25, conicidade 0,08) foi introduzida no canal e ativada em movimento reciprocante (Reciproc All) pelo motor VDW Silver (VDW GmbH). No Grupo XP-endo Shaper (XP-S), um instrumento XP-endo Shaper (tamanho 30, *taper* de 0,04) foi inserido no canal e alternado para o modo rotatório a 800 rpm e torque de 1 Ncm, pelo mesmo motor. A Reciproc Blue foi responsável por 30,45% de paredes não tocadas enquanto que a Xp-endo Shaper, por 30,45%. Um maior acúmulo de debris na porção apical ocorreu em todos os grupos, quando comparado à porção coronária. A Reciproc Blue apresentou maior quantidade de debris em relação à XP-endo Shaper. A remoção de dentina foi semelhante nos dois grupos. As irrigações finais, PUI e XP-endo Finisher foram mais efetivas na remoção de debris dos canais quando comparadas com a irrigação com seringa e agulha, entretanto, essa distinção apenas se mostrou significativa em relação à Reciproc Blue. Os autores concluíram que os sistemas RB e XP-S foram associados a áreas de parede de canal não tocadas de forma semelhante após a instrumentação de canais em forma de C. O RB deixou níveis maiores de resíduos de tecido duro (debris) em comparação com o XP-S. A irrigação PUI e XP-F removeu mais debris do que a irrigação com seringa e agulha ao usar o sistema RB.

De-Deus et al. (2019) compararam a eficácia da remoção de debris dos canais ovais radiculares entre XP-endo Finisher e PUI. Foram selecionados 20 incisivos inferiores e instrumentados com Reciproc R25 (VDW, Munique, Alemanha) até o comprimento de trabalho (CT), que foi estabelecido 1 mm antes do forame apical. O instrumento foi inserido ao longo do canal radicular com movimentos suaves de entrada e saída (movimento de bicada) com amplitude de 3 mm no modo 'Reciproc All' no motor elétrico Reciproc Silver (VDW). A irrigação foi feita com 5 ml de NaOCl a 5,25% em seringa com uma agulha Navitip, 30G. A amostra passou por escaneamento em micro-CT antes e após os protocolos de irrigação final. Depois da instrumentação dos canais com lima R25, a amostra foi dividida em dois grupos de acordo com o protocolo de irrigação final: Grupo 1: PUI e Grupo 2: XP-endo Finisher

(irrigação com 0,5 ml de NaOCl a 5,25%). Depois da utilização da XP-endo Finisher, a irrigação foi com 4,5 ml de NaOCl a 5,25%. Igualmente, no Grupo 1, os canais foram irrigados com 0,5 ml de NaOCl a 5,25%, por 20 segundos, até 2 mm do CT, ativada por ponta ultrassônica (Irrisonic). Posteriormente, os canais foram irrigados com 1,5 ml de NaOCl a 5,25%, com ativação por 20s. Houve repetição do procedimento 4,5 ml por canal, por 1 minuto. Ao final, os dois protocolos de irrigação testados mostraram resultados semelhantes quanto à remoção de debris, sendo que nenhum deles foi capaz de promover uma remoção total de debris.

Xin et al. (2019) estudaram a eficiência do instrumento XP-endo Finisher e PUI na remoção de *smear layer* em canais preparados pelo sistema rotatório 3S. Foram selecionados 60 pré-molares inferiores. Primeiramente, foi inserida uma lima nº 10 K, até o ápice radicular. Os canais radiculares de todos os dentes foram preparados mecanicamente com limas de níquel titânio S3 de acordo com as instruções do fabricante. Após o preparo químico-mecânico, a amostra foi distribuída em seis grupos, conforme o protocolo de irrigação final utilizado: G1- XP-endo Finisher e 3 ml de NaOCl a 3%, por 1 min.; G2- XP-endo Finisher e 3 ml de NaOCl a 3%, por 1 min., e mais 4 ml de EDTA a 17%, por 1 min.; G3- PUI e 3 ml de NaOCl a 3%, por 1 min.; G4- PUI e 3 ml de NaOCl a 3%, e mais EDTA a 17% por 1 min.; G5- Seringa com agulha 24/30G e 3 ml de NaOCl a 3%, por 1 min.; G6- Seringa com agulha 30G e 3 ml de NaOCl a 3%, por 1 min., e mais 4 ml de EDTA a 17%. A análise foi MEV, pós seccionamento longitudinal das raízes, verificando a quantidade de túbulos dentinários abertos nos três terços do canal radicular. Em G1, G3 e G5, toda a superfície do canal encontrava-se coberta por *smear layer*. Entretanto, G1 e G3 apresentaram maior quantidade de túbulos abertos, quando comparados com G5 ($p < 0,05$). Entre G1 e G3, não houve diferença significativa ($p > 0,05$). Os terços médio e apical de G2 e G4, assim como o terço médio de G6, apresentaram menores volumes de *smear layer* e túbulos dentinários abertos ou semiabertos. No terço médio de G2 e G4, a *smear layer* foi removida e a visualização dos túbulos dentinários foi mais evidente que nos outros grupos. O terço apical das amostras dos grupos B e D e os terços médios dos canais do grupo F exibiam pequena quantidade de *smear layer*, apresentando túbulos dentinários abertos ou semiabertos. As superfícies do canal radicular no terço apical das amostras do grupo F estavam cobertas por *smear layer*, e os túbulos dentinários obliterados ou semi-obliterados. As camadas de *smear layer* no terço médio das amostras dos grupos B e D foram removidas, e os túbulos

dentinários estavam mais visivelmente abertos do que os dos outros quatro grupos. A diferença entre XPF e PUI quanto à remoção de *smear layer* não foi significativa. Portanto, o XP-endo Finisher, como uma nova técnica de agitação de irrigação, pode auxiliar na melhoria da remoção da *smear layer*.

Chan et al. (2019) avaliaram por micro-CT a eficácia de três sistemas de irrigação final na remoção de debris – dois ativados por ultrassom e um multissônico. Foram selecionadas 24 raízes mesiais de molares inferiores contendo dois canais comunicados por istmo e convergindo para um único forame. Os canais foram preparados por um único operador com o sistema WaveOne Gold (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça) e, posteriormente, a amostra foi distribuída em três grupos conforme o protocolo de irrigação final (n=8): ultrassônico intermitente (IU), com fio de 200µm ativado por ultrassom (Irrisafe ; Satelec, Bordeaux, França); ultrassônico contínuo (CU), com uma agulha de irrigação ultrassônica (ProUltra PiezoFlow, Dentsply Maillefer); e sistema GentleWave (GW) (Sonendo Inc, Laguna Hills, CA). Os espécimes foram escaneados pelo microtomógrafo SkyScam 1176 antes e após o preparo e irrigação final. As imagens foram analisadas utilizando o programa 3D Slicer 4.10. O protocolo de irrigação foi o seguinte: Grupo1 - IU: inserida até o comprimento de trabalho (CT) e agitado em movimentos para cima e para baixo, irrigado com NaOCl a 6% (3 aplicações de 20 segundos), seguido de EDTA a 17% (3 aplicações de 20 segundos) e uma irrigação final com NaOCl. Grupo 2 – CU: ponta de irrigação ultrassônica conectada ao P5 Newtron ultrasonic system (Acteon North America) com NaOCl a 6%, seguido por EDTA a 17% e irrigação final de NaOCl. Grupo 3 – GW: irrigação com NaOCl a 3% por 5 min, seguida por água destilada por 30 segundos, EDTA a 8% por 2 min, e uma irrigação final com água destilada por 15 segundos. A partir das imagens, a redução de debris dentro dos canais foi registrada e os dados analisados estatisticamente por ANOVA com nível de significância de 5%. As amostras foram avaliadas por volume, área de superfície do canal não tocada e porcentagem de debris após a preparação e protocolos de irrigação. A redução percentual média de debris em canais foi significativamente maior para GW (96,4% e 97,9%) do que CU (80% e 88,9%) ($p < 0,05$). A redução de resíduos em IU (91,2% e 93,5) não diferiu para GW e CU ($p > 0,05$). Os autores concluíram que GW foi mais eficaz na remoção de debris de canais mesiais de molares quando comparado com CU, mas não com IU.

Zhao et al. (2019) avaliaram técnicas de instrumentação e irrigação quanto à quantidade de área de parede do canal radicular não tocadas e acúmulos de debris. Setenta molares inferiores em forma de C foram selecionados, acessados, tiveram a patência confirmada com uma lima tipo K #10 e foram irrigados com 1 ml de NaOCl a 2%. Logo após, foram divididos em dois grupos conforme o preparo: Grupo Reciproc Blue (RB): foi utilizado o instrumento R25 Reciproc acoplado a um motor Reciproc VDW, em 3 movimentos e irrigados com 2 ml de NaOCl a 2%, repetida por 2 vezes; Grupo XP-endo Shaper (XP-S): acoplada ao motor Reciproc VDW, com movimentos de amplitude de 3 mm e irrigação com 2 ml de NaOCl a 2%, repetida por 3 vezes. Após a instrumentação, os espécimes foram divididos em 3 grupos segundo a irrigação final: Grupo 1: XP- endo Finisher (XP-F): 1 ml de hipoclorito a 2% foi introduzido ao canal radicular e o instrumento foi resfriado por um spray (freeze Spray) ativado em toda extensão do canal radicular. Durante todo procedimento, 5 ml de NaOCl foi utilizado. Posteriormente o XP-F foi removido do canal e 2 ml de EDTA 17% foi aplicado num fluxo de 5 ml por minuto e a irrigação total foi de 10 ml em cada canal; Grupo 2: irrigação ultrassônica passiva (PUI): a ativação foi realizada por uma ponta ultrassônica IrriSafe conectada a um dispositivo ultrassônico. Um total de 2ml de NaOCl foi introduzido da mesma forma do grupo anterior; Grupo 3: irrigação por agulha (SNI): a irrigação foi realizada como nos grupos anteriores, porém o NaOCl permaneceu no canal por 20s sem ativação. Antes e após a instrumentação, os espécimes foram pareados pela micro-CT. Para RB e XP-S, 33,4% e 30,45%, respectivamente, da parede do canal permaneceram intactas e, após a instrumentação, RB deixou mais debris que XP-S. Não houve diferenças significativas nas áreas de superfície e volumes entre RB e XP-S antes da instrumentação. Após a instrumentação, não houve diferença no volume da dentina entre os dois grupos. O sistema XP-endo Shaper produziu menos resíduos durante a instrumentação quando comparado ao Reciproc Blue. Nenhum dos métodos testados foi capaz de remover totalmente os debris. No grupo Reciproc Blue, a irrigação por XP-F e PUI foram mais eficazes que na técnica SNI.

Haupt et al. (2020) avaliaram a eficácia da técnica de irrigação ativada na remoção de *smear layer* e debris de canais radiculares curvos. Foram selecionados 90 dentes molares inferiores com curvatura entre 20 e 40 graus, divididas em 4 grupos: irrigação com seringa (SI), ativação ultra-sônica passiva (PUI), ativação sônica com EDDY (ED) e EndoActivator (EA). Os canais radiculares mesio-vestibulares foram

preparados e irrigados com 2ml de NaOCl a 3% com tempo de 3 minutos. Após a preparação, os canais radiculares méso-vestibulares foram preparados com instrumentos de NiTi rotativos BioRace BR0-BR5 (FKG Dentaire, La Chaux-de-Fonds, Suíça) até o #40, conicidade de 0,04 usando o Motor VDW Silver a 500 rpm e 1 Ncm. Após cada lima, os canais radiculares foram irrigados de acordo com a respectiva técnica de irrigação: SI: 2 ml de NaOCl (3%) por 20 s; EA: 2 ml de NaOCl (3%) ativado por 20 s a 10.000 cpm com uma ponta polimérica 25, 0,04; PUI: 2 ml de NaOCl (3%) ativado por 20 s a 30 kHz com uma lima tipo K #15 (Endosonore, Dentsply Sirona) acionado por um dispositivo ultrassônico (Piezo Smart, Mectron, Colônia, Alemanha); ED: 2 ml de NaOCl (3%) ativado por 20 s a 5000 Hz, conduzido por um escalonador de ar sônico (Proxeo ZA 55LM, W&H, Salzburg, Áustria); e o grupo controle: sem irrigação. As raízes foram divididas longitudinalmente e sujeitas à análise por MEV. A existência de debris e *smear layer* foi analisada utilizando um sistema de pontuação por 5 níveis de escore com ampliação de 200X e 1.000X, respectivamente. De acordo com o estudo analisado, a ativação do irrigante (NaOCl) obteve uma melhora significativamente na remoção da *smear layer* e com relação aos debris. Somente a ativação com EndoActivator e ativação sônica com EDDY foi significativamente mais efetiva que a irrigação com seringa. Acredita-se que nenhuma técnica de ativação foi eficaz na eliminação total dos resíduos e da *smear layer* dos canais radiculares curvos.

Linden et al. (2020) compararam a eficácia do sistema Eddy com ativação ultrassônica e irrigação com seringa, por meio de análises de micro-CT. Foram selecionadas 27 raízes mesiais de molares inferiores com dois canis unidos por istmo. Após o acesso, os dentes foram preparados com instrumentos rotatórios. ProTaper Next X3 (Dentsply/Maillefer) irrigados com 1 ml de NaOCl a 2,5% após cada instrumentação e, em seguida, foram escaneados. As raízes foram distribuídas em três grupos de acordo com o protocolo de irrigação (n=9). G1-irrigação ativada sonicamente (SAI) usando o sistema EDDY (VDW GbmH, Munique, Alemanha) por 3 × 20 segundos; G2- irrigação ativada por ultrassom (UAI) com ponta Irrisafe tamanho 20 (Satelec Acteon, Mérignac, França) por 3 × 20 segundos e; G3- irrigação convencional (SNI) com agulha 30-G (Appli-Vac) adaptada a seringa, utilizando 3 ml de NaOCl a 2,5%. As pontas de todos os instrumentos foram colocadas a 2 mm do comprimento de trabalho e a irrigação foi realizada com movimento de cima para baixo. Os canais foram irrigados com 1 ml de NaOCl a 2,5% entre cada ciclo de 20

seg. Em seguida, os canais foram secos com cone de papel absorvente e scaneados por micro-CT. Os parâmetros tridimensionais (comprimento, volume e área de superfície) avaliados antes e após os preparos e irrigações, não apresentaram diferenças significativas observada em relação a análise 3D, bem como a porcentagem de volume. Todos os grupos apresentaram uma redução significativa de debris após os protocolos de irrigação final ($p > 0,05$). Porém, a ativação ultrassônica apresentou melhor desempenho do que nos sistemas de irrigação ativado sonicamente. A irrigação convencional não diferiu das outras técnicas ativadas. Nenhum dos métodos testados foi capaz de deixar o canal livre de debris.

Alakshar, Saleh e Gorduysus (2020) compararam num estudo *in vitro* a eficiência de limpeza da lima XP-Endo Finisher (XP) em relação à quantidade de debris e *smear layer* restantes nos canais radiculares. Os grupos foram divididos em: G1: Max-I-Probe (CI) onde o EDTA foi utilizado, porém sem nenhuma outra agitação do irrigante; G2: EndoActivator (EA) agitado com 5 ml de EDTA a 17% deixados *in situ* por 1 minuto e, em seguida, 2,5 ml de NaOCL a 2,5%; G3: XP-endo Finisher (XP); G4: combinação de XP- Endo Finisher e com o dispositivo EndoActivator (XP+EA) com 5 ml de EDTA 17% deixado *in situ* por 1 minuto. Foram selecionados 36 pré-molares unirradiculares inferiores com as coroas seccionadas. Os dentes foram preparados com a lima Reciproc (R40), irrigados com 5 ml de EDTA a 17% e NaOCl a 2,5%, respectivamente, e ambas as soluções foram ativadas por 1 min usando as técnicas descritas. As seções das raízes foram usadas como amostras representativas para avaliação em microscópio eletrônico de varredura (MEV) com aumentos de 500x e 1.500x para avaliação de debris e *smear layer*. Um sistema de pontuação de cinco graus foi utilizado para quantificar os resultados nas regiões coronal, média e apical. Os grupos CI e EA apresentaram menos debris e camada de *smear layer* quando em comparação com os grupos XP e XP+EA em todos os terços com uma diferença significativa para o terço médio e apical. EA e CI apresentaram menos debris e camada de *smear layer* do que XP e XP+EA no terço médio e apical. O uso do XP em conjunto com o protocolo de irrigação utilizado não foi eficaz em deixar uma superfície livre de debris na porção apical da maioria dos canais radiculares.

Pinto et al. (2021) avaliaram a influência do tamanho do voxel da micro-CT na avaliação do acúmulo de debris após irrigação ultrassônica passiva (PUI) em canais radiculares curvos preparados com limas rotativas de níquel-titânio. Foram selecionadas 24 raízes mesiais de molares inferiores com curvatura entre 25° e 35°

com canais instrumentados com a lima ProDesign Logic 30/.05 (PDL) e HyFlex EDM 25/.08. A PUI foi realizada após o preparo do canal radicular de todos os canais radiculares, que foram irrigados em três ciclos de 20 segundos cada, com NaOCl a 2,5% no primeiro e terceiro ciclos e EDTA a 17% no segundo ciclo. Foram utilizados 2 ml de solução de irrigação em cada ciclo, totalizando 4 ml de NaOCl e 2 ml de EDTA. A ativação ultrassônica foi realizada em três ciclos de 20 segundos cada, com NaOCl a 2,5% no primeiro e terceiro ciclos e EDTA a 17% no segundo ciclo. As amostras foram digitalizadas usando imagens de micro-CT de alta resolução (tamanho de voxel de 5 μm) antes e depois dos procedimentos experimentais. A porcentagem de debris foram analisadas nos terços médio e apical por meio de imagens com tamanhos de voxel de 5, 10 e 20 μm . Os resultados mostraram que não houve diferenças entre as análises de debris realizadas em diferentes tamanhos de voxel (5, 10 e 20 μm). A porcentagem de debris foi semelhante entre os canais preparados por PDL e HEDM antes e após PUI. Em ambos os grupos, a porcentagem de debris diminuiu no terço médio após a PUI. Os tamanhos dos voxels avaliados não tiveram impacto significativo na análise dos debris acumulados. No entanto, os resultados mostraram uma tendência de detecção de mais debris na análise realizada com um tamanho de voxel menor. A PUI diminuiu o acúmulo de debris no terço médio dos canais radiculares curvos.

Kanaan et al. (2020) promoveram um estudo com objetivo de avaliar se os sistemas de ativação ultrassônica (UA), EasyClean (EC) e EDDY (ED) utilizados para promover agitação das soluções irrigantes durante a etapa de irrigação final pode levar à formação de *smear layer* no terço apical do canal radicular. Foram selecionados 13 pré-molares inferiores unirradiculares. O canal radicular de cada espécime foi acessado com uma broca esférica diamantada de tamanho compatível com o da câmara pulpar. Uma lima do tipo K nº 10 (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça) foi inserida no canal até que sua ponta fosse visualizada no forame apical. O comprimento de trabalho (CT) foi estabelecido a 1 mm aquém do forame apical. Os dentes foram instrumentados com lima Reciproc R40 (VDW) acionada por um motor elétrico VDW Reciproc Gold e realizando movimentos de dentro e para fora com uma ação de escovação no movimento de retirada até que o CT fosse alcançado. Os espécimes foram embutidos em silicone, formando um sistema fechado de irrigação/aspiração. Todos os espécimes foram limpos em banho de ultrassom e avaliados em MEV, formando o grupo controle. Os mesmos corpos-de-prova foram remontados,

submetidos à irrigação final usando os sistemas UA ou ED ou EC. Todos os canais foram preenchidos com NaOCl 2,5% usando uma agulha NaviTip 30-G acoplada a uma seringa plástica descartável de 5 ml. O instrumento foi posicionado no CT e acionado pelo motor elétrico no modo "Reciproc All". A ativação foi realizada em 3 ciclos de 20 segundos cada, e 2 ml de solução irrigante foram renovados após cada ciclo. O irrigante foi então aspirado, e a mesma sequência foi realizada com o mesmo volume de solução de EDTA a 17% seguida de nova aspiração e mais 3 ciclos com NaOCl 2,5%. Por fim, o canal foi lavado com água destilada para promover a remoção completa do líquido irrigante. Em média, 6 ml de NaOCl 2,5% e 6 ml de EDTA 17% foram usados na fase experimental. A formação de *smear layer* ocorreu em todos os grupos experimentais e em todos os níveis apicais. Em 3 e 4 mm, todos os grupos experimentais tiveram níveis significativamente mais elevados de formação de *smear layer* do que o grupo controle. Com 2 mm, o nível de formação de *smear layer* no grupo UA foi significativamente maior do que no grupo controle, e não houve diferenças significativas entre os grupos CE, DE e controle. A 1 mm, não houve diferenças significativas entre os grupos de DE e controle, e os níveis de formação de *smear layer* nos grupos CE e UA foram significativamente maiores do que no grupo controle. Não houve diferenças significativas entre os grupos DE e CE em nenhum dos níveis apicais. Os autores concluíram que a formação da *smear layer* ocorreu em todos os corpos de prova submetidos à irrigação final, independentemente da técnica utilizada.

3 PROPOSIÇÃO

A proposta do presente estudo foi avaliar a capacidade de diferentes protocolos de ativação da irrigação final, quanto ao volume de dentina e debris removidos, por meio de microtomografia computadorizada.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Desenho do estudo

O presente trabalho trata-se de um estudo experimental laboratorial *ex vivo*, realizado em 25 dentes molares inferiores, extraídos de humanos, oriundos do Banco de Dentes Humanos da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Juiz de Fora (FO-UFJF).

4.2 Aspectos éticos

O projeto desta pesquisa foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos (CEP) da Universidade Federal de Juiz de Fora e aprovado sob o Parecer de número 3.088.879 (Anexo A).

4.3 Seleção e preparo da amostra

No Banco de Dentes Humanos, de um total aproximado de 90 dentes molares inferiores, foram selecionados 25 dentes para constituírem a amostra deste estudo. Na sequência, foi procedida a raspagem e alisamento da superfície radicular, acompanhada de banho em cuba ultrassônica por 30 minutos (Cristófoli, Londrina, Brasil), para a remoção de possíveis cálculos dentários ou remanescentes de cimento e tecido ósseo.

Os dentes foram radiografados no sentido vestibulo-lingual para seleção inicial, antes de serem escaneados no microtomógrafo, sendo incluídos apenas dentes sem calcificações, reabsorções aparentes ou tratamento endodôntico prévio e com ápice da raiz mesial completamente formado.

4.4 Escaneamento por micro-CT

Após a seleção inicial, os dentes foram escaneados no microtomógrafo (SkyScan 1174, Bruker, Kontich, Bélgica) antes (escaneamento 1) (Figura 1), após o preparo do canal radicular (escaneamento 2) e após a irrigação final (escaneamento 3). Os parâmetros para aquisição das imagens foram os seguintes: 800 mA e 50Kv,

com filtro de alumínio com espessura de 0,5 mm, passo de rotação de 1 e 360° em torno do eixo vertical e tempo de exposição de 5.200 ms. O tamanho do pixel foi de 10,1 μm . As reconstruções das imagens foram realizadas por meio do software NRecon (v1.6.1.0; Bruker, Kontich, Bélgica), tendo como parâmetros de reconstrução: 5 de redução, correção de endurecimento do feixe de 50% e suavização de 5 para todas as imagens.



Figura 1- Dente posicionado no microtomógrafo antes do início do escaneamento

O processamento e a análise de imagens foram realizados pelo programa CTan (v1.6.6.0, BrukerMicro-CT, Kontich, Bélgica), através da binarização das imagens (pixels branco e pretos) para identificar o canal radicular e a dentina de permitindo a visualização tridimensional dos canais radiculares (Figura 2). Este programa foi utilizado para o pareamento dos espécimes e amostras, através da mensuração da área da superfície, volume (mm^3) inicial dos canais e anatomia tridimensional. Foram selecionados apenas dentes com raízes mesiais de molares inferiores com 2 canais separados que se unem na região apical (tipo II Vetucci).

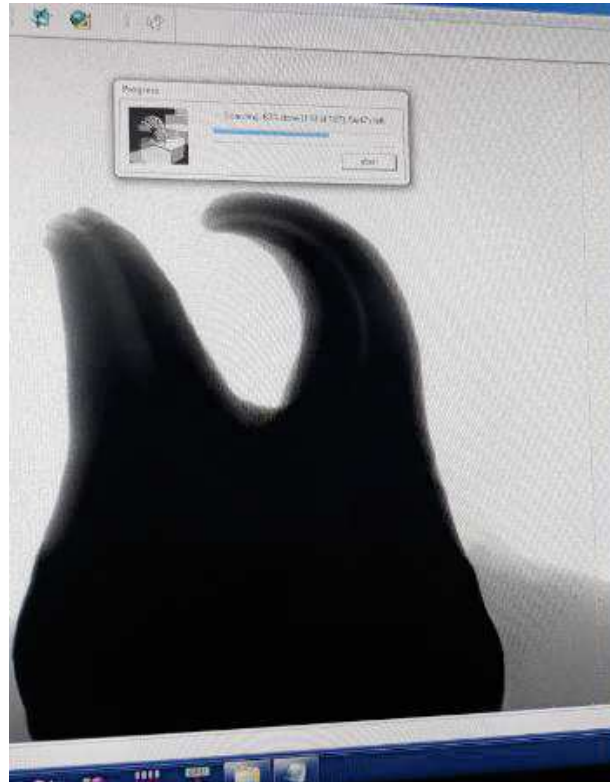


Figura 2- Imagem de RX produzida pela micro-CT

4.5 Instrumentação dos canais

Após o primeiro escaneamento, para iniciar a instrumentação dos canais radiculares, os dentes foram acessados com uma broca esférica 1016 e determinada a patência do canal com o auxílio de uma lima tipo Kerr #10 (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland). O comprimento de trabalho (CT) foi estabelecido introduzindo-se uma lima K#10 no interior do canal méso-vestibular e méso-lingual, até que sua ponta fosse visualizada na saída do forame apical, recuando-se 1 mm a partir deste ponto. Após isso, o forame apical foi vedado com TopDam (FGM, Joinville, SC, Brasil) a fim de criar o *vapor-lock*, simulando a condição clínica (Figura 3).



Figura 3- Imagem com lima tipo K#10 no comprimento de trabalho e vedamento apical com TopDam.

Em seguida, os dentes foram fixados em uma morsa de bancada e os canais foram instrumentados com a lima Reciproc R25 (25/.08) (VDW, Munique, Alemanha) (Figura 4). O motor Reciproc Silver (VDW, Munique, Alemanha) foi utilizado em modo “Reciproc All”. A instrumentação foi realizada de acordo com as recomendações do fabricante, utilizando o instrumento no terço cervical, depois no terço médio e, por fim, no terço apical, sempre em movimentos de vai e vem de pequena amplitude até atingir o CT. Ao término da instrumentação de cada terço e retirada total da lima, o canal foi irrigado com 2 ml de solução de hipoclorito de sódio (NaOCl) em uma concentração de 5,25%, usando uma ponta de irrigação Navitip 30G (Ultradent, Salt Lake City, Utah, EUA) que foi inserida até 2 mm aquém do CT.



Figura 4- Lima Reciproc R25

Terminada a etapa da instrumentação, os dentes foram novamente escaneados (escaneamento 2) com os mesmos parâmetros descritos anteriormente.

4.6 Irrigação final e ativação da solução

Após o segundo escaneamento, os dentes devidamente pareados, foram divididos em 5 grupos (n=5) de acordo com a técnica utilizada durante a irrigação final.

Irrigação convencional (IC) - controle: 1 ml de solução de EDTA a 17% foi inserida no canal radicular e deixada por 1 minuto. O irrigante foi levado com uma seringa de irrigação de 5ml e agulha NaviTip 30G (Ultradent, Salt Lake City, Utah, EUA) (Figura 5), que foi inserida a 2mm do CT, sem pressão. Em seguida, o EDTA foi aspirado e renovado, com o mesmo procedimento repetido por mais duas vezes, totalizando 3 ml de EDTA por um tempo total de 3 min.



Figura 5- Seringa de irrigação com agulha NaviTip 30G

Irrigação ultrassônica (IU): 1 ml de solução de EDTA a 17% foi inserido a 2mm do CT e mantida no canal radicular com uma ponta de irrigação NaviTip 30 G (Ultradent, Salt

Lake City, Utah, EUA) (Figura 6-A). Esta solução foi ativada com uma ponta ultrassônica Irrisonic E1 (Helse Dental Technology, Santa Rosa de Viterbo, SP, Brasil) acoplada ao ultrassom Enac (Osada, Japão) inserida até 1 mm aquém do CT, evitando-se pressão sobre as paredes do canal, durante o tempo de 30 segundos. Em seguida, o EDTA permaneceu no canal por mais 30 segundos, sem ativação, até completar 1 minuto. O EDTA foi aspirado e renovado, sendo o mesmo procedimento repetido por mais duas vezes, totalizando 3 ml de EDTA por 3 minutos.

XP Clean (XPC): 1 ml de solução de EDTA a 17% foi inserido a 2mm do CT e mantida no canal radicular com uma ponta de irrigação NaviTip 30 G (Ultradent, Salt Lake City, Utah, EUA). Esta solução foi ativada com o instrumento XP Clean (MK life, Porto Alegre, Brasil) (Figura 6-C), acoplado ao micromotor, inserido até 1 mm aquém do CT, sem pressão contra as paredes do canal, durante 30 segundos. Em seguida, o EDTA permaneceu no canal por mais 30 segundos, sem ativação, até completar 1 minuto. O EDTA foi aspirado e renovado, com o mesmo procedimento sendo repetido por mais duas vezes, totalizando 3 ml de EDTA por 3 minutos.

Easy Clean (EC): 1 ml de solução de EDTA a 17% foi inserido a 2mm do CT e mantida no canal radicular com uma ponta de irrigação NaviTip 30 G (Ultradent, Salt Lake City, Utah, EUA). Esta solução foi ativada com a lima plástica Easy Clean (Easy, Belo Horizonte, MG, Brasil) (Figura 6-B) acoplada ao motor elétrico Reciproc Silver (VDW, Munique, Alemanha) no modo "Reciproc All", que foi inserida até 1mm aquém do CT, sem pressão sobre as paredes do canal, durante 30 segundos. Em seguida, o EDTA permaneceu no canal por mais 30 segundos, sem ativação, até completar 1 minuto. O EDTA foi aspirado e renovado, com o mesmo procedimento repetido por mais duas vezes, totalizando 3 ml de EDTA por 3 minutos.

XP-endo Finisher (XP): 1 ml de solução de EDTA a 17% foi inserido a 2mm do CT e mantida no canal radicular com uma ponta de irrigação NaviTip 30 G (Ultradent, Salt Lake City, Utah, EUA) e ativado com a lima XP-endo Finisher (FKG Dentaire, La Chaux-de-Fonds, Switzerland) (Figura 6-D) durante 30 segundos acoplada ao motor elétrico Reciproc Silver (VDW, Munique, Alemanha) em modo de rotação a 1.000 rpm e torque de 1 Ncm, penetrando até 1mm aquém do CT em movimentos de entrada e saída. Em seguida, o EDTA permaneceu no canal por mais 30 segundos, sem

ativação, até completar 1 minuto. O EDTA foi aspirado e renovado, sendo o mesmo procedimento repetido por mais duas vezes, totalizando 3 ml de EDTA por 3 minutos.

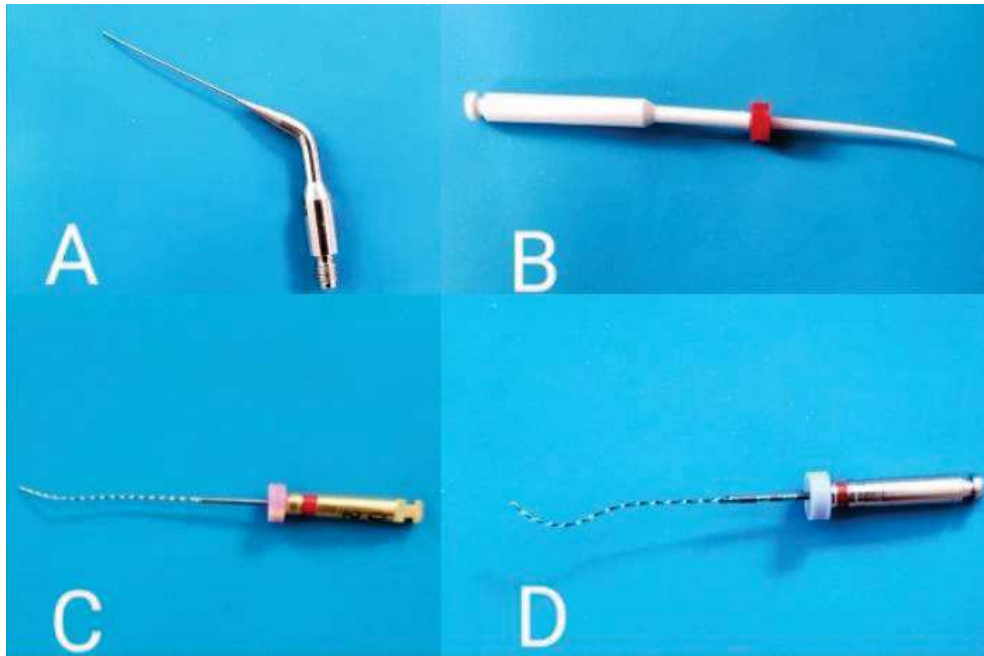


Figura 6- Instrumentos para ativação da irrigação final: A) Ponta de Ultrassom; B) Easy Clean; C) XP Clean; D) XP-endo Finisher

A irrigação final foi realizada com ácido etilenodiamino tetracético (EDTA) na concentração de 17%, com objetivo de remoção da *smear layer*. Todos os grupos receberam o mesmo volume de EDTA (3ml), nos quais foram mantidos no interior do canal pelo mesmo tempo de 3 minutos. Este processo foi realizado com os dentes montados em uma morsa de bancada adaptada no interior de uma cuba térmica a 37°C para manter o dente numa temperatura padrão próximo à temperatura intrabucal (Figura 7). Isto se tornou necessário, visto que um dos instrumentos utilizados na ativação da substância – lima XP-endo Finisher – sofre alteração de forma quando em ambiente com temperatura acima de 35°C, se adequando à anatomia interna do canal radicular.

Após a irrigação final, os espécimes de todos os grupos foram irrigados com 5 ml de água destilada e escaneados novamente (escaneamento 3) com os mesmos parâmetros descritos anteriormente.



Figura 7 - Cuba térmica

4.7 Avaliação por micro-CT

O software 3D Slicer 4.4.0 (www.slicer.org, Artificial Intelligence Laboratory of Massachusetts Institute of Technology and Surgical Planning Laboratory at Brigham and Women's Hospital and Harvard Medical School) foi utilizado para definir os modelos 3D pré e pós-instrumentação, sobrepondo-se as imagens antes e após a utilização dos protocolos de ativação da irrigação.

Após o registro das imagens, a faixa de escala de cinza necessária para reconhecer o canal radicular e a dentina foi determinada em um histograma de densidade usando um método de limiar (threshold method).

O volume (mm^3) e a área de superfície (mm^2) do canal antes e depois dos protocolos de ativação dos irrigantes foram calculados no software ImageJ 1.50d (Institutos Nacionais de Saúde, Bethesda, MD). A presença de material com densidade semelhante à dentina em regiões previamente ocupadas por ar no espaço dos canais não preparados foi considerado debri e quantificado pela interseção entre as imagens antes e após a instrumentação. O volume de debris foi calculado em mm^3 e expresso em porcentagem de todo o volume do canal preparado (DE-DEUS et al., 2014; LEONI et al., 2017).

O volume de dentina removida após os protocolos de ativação da irrigação final foi quantificado subtraindo a dentina radicular após o preparo dos canais e após o uso dos protocolos de ativação final, através de operações morfológicas com o programa Image J (DE-DEUS et al., 2020).

4.8 Análise estatística

Os resultados referentes à remoção de dentina após o uso de diferentes instrumentos na ativação de irrigantes, assim como a capacidade de remoção de debris dentinários foram computados e submetidos a uma análise estatística para comparação entre os grupos.

Inicialmente foi verificada a normalidade da distribuição dos dados por meio do teste de Shapiro-Wilk. Em todos os grupos (protocolos de irrigação) foi encontrada uma distribuição normal.

A semelhança entre o volume inicial dos canais dos diferentes grupos foi verificada através do teste ANOVA.

As porcentagens de debris removidos e dentina foram comparadas entre os cinco protocolos de irrigação aplicando o teste de Shapiro-Wilk e testes de Levene, com nível de significância de 5%. Todas as análises e gráficos foram realizados no software *R* versão 3.6.0 (R Core Team, 2019).

5 RESULTADOS

Não houve diferença significativa dos volumes iniciais do canal entre os grupos ($F = 0,11$, $P = 0,98$), indicando uma similaridade dos grupos (Tabela 1).

Em relação à porcentagem de debris removidos, não houve diferença estatística significativa entre os protocolos de irrigação utilizados ($p > 0,05$) (Tabela 1).

O protocolo de irrigação convencional promoveu menor percentual de remoção de dentina (comparações pareadas do protocolo convencional com: Easy Clean - $p = 0,001$; Ultrassom - $p = 0,002$; XP Clean - $p = 0,0008$ e XP Endo Finisher - $p = 0,0003$) quando comparado aos grupos experimentais. Não houve diferença significativa entre os outros protocolos de irrigação ($p > 0,05$).

Nenhum dos protocolos de irrigação final foi capaz de remover totalmente os debris do canal radicular.

Tabela 1- Média e desvio-padrão dos valores dos atribuídos à porcentagem de debris e dentina removidos com os diferentes protocolos de irrigação final.

Protocolo de irrigação	Volume inicial (mm ³)	Debris removidos (%)	Dentina removida (%)
Convencional	6,29±2,57	41,24±24,43	0,64±0,17
Easy Clean	5,87±2,30	48,12±7,55	2,48±1,33
Ultrassom	5,53±1,80	49,71±6,59	2,29±1,00
XP clean	6,40±2,50	49,60±13,60	2,60±1,20
XP-endo Finisher	5,93±2,29	58,93±15,13	2,80±1,05

As figuras 8 e 9 são de imagens feitas a partir do corte transversal, que mostra a diferença na remoção de debris entre o momento pós-instrumentação e após o protocolo de irrigação final em dois dentes de diferentes grupos da amostra. Pode-se notar que a imagem da esquerda (pré-irrigação) apresenta menor área e mais debris que a da direita (pós-irrigação). A presença dos debris também pode ser notada nas imagens tridimensionais (Figura 10), onde aparecem em cinza e vermelho, nos momentos antes e após a irrigação final, respectivamente.

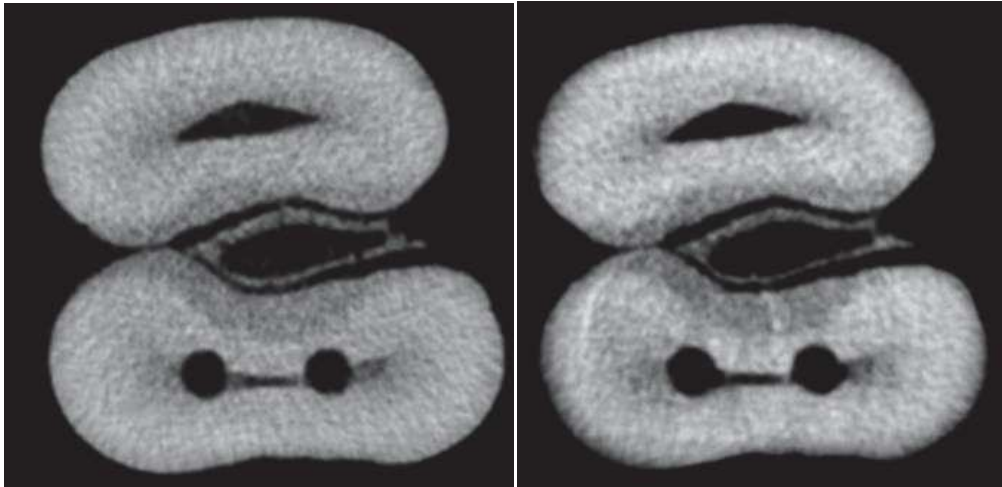


Figura 8 – Imagem em micro-CT de corte transversal do dente 8 (Grupo XPC). À esquerda, momento após a instrumentação do canal e à direita após o protocolo de irrigação final.

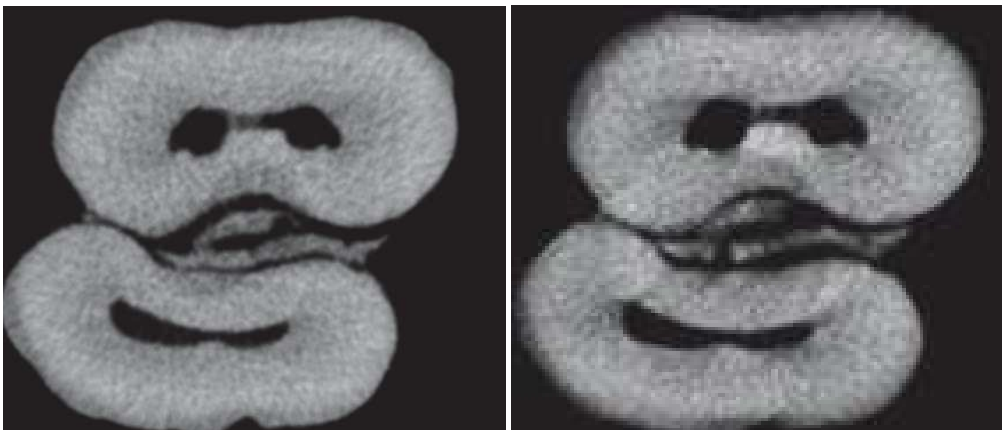


Figura 9 – Imagem em micro-CT de corte transversal do dente 12 (Grupo IU). À esquerda, momento após a instrumentação do canal e à direita após o protocolo de irrigação final.

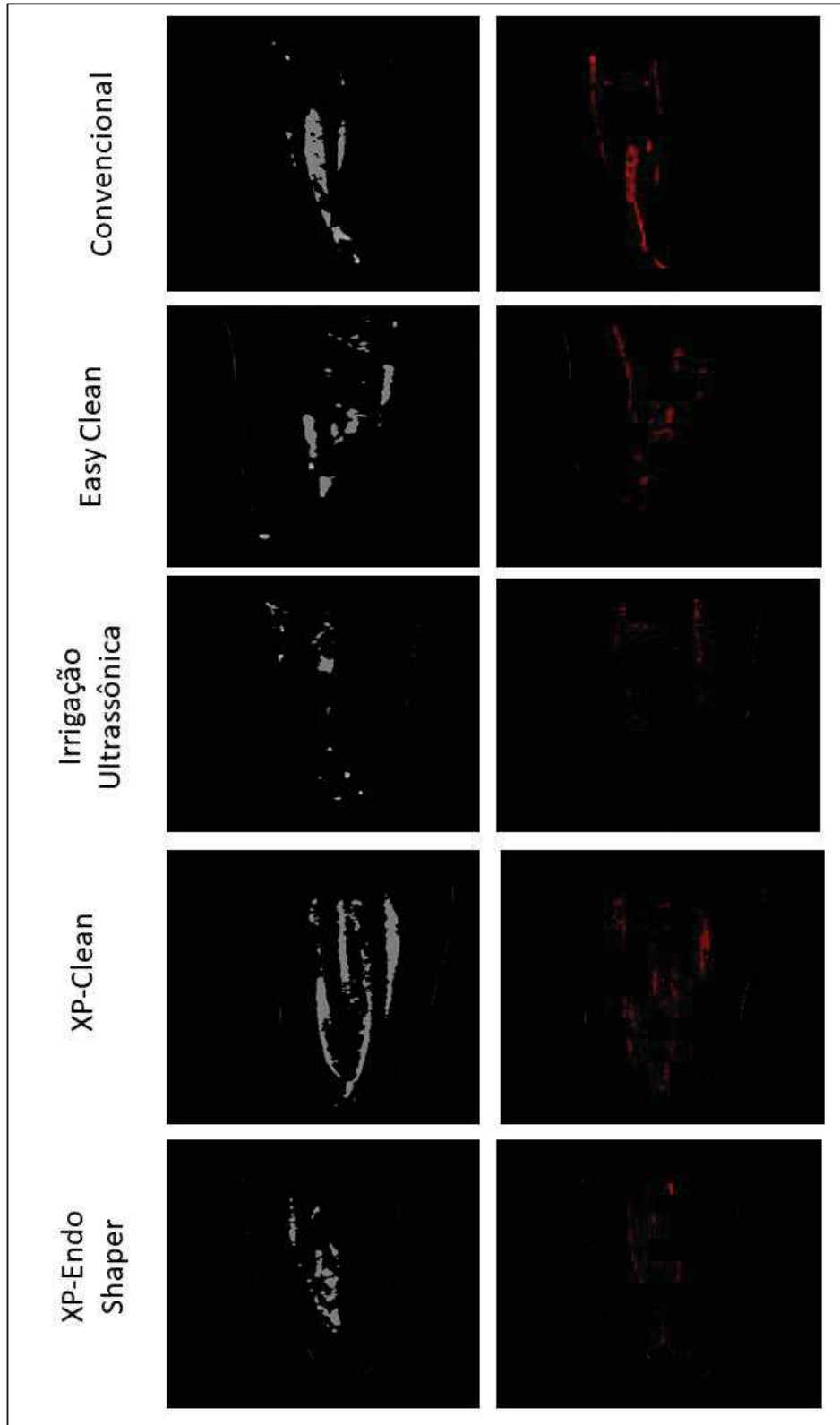


Figura 10 – Imagens tridimensionais em micro-CT de cada grupo, que mostra a presença de debris (em cinza à esquerda) antes da irrigação final e após a irrigação final (em vermelho à direita).

6 DISCUSSÃO

O presente estudo avaliou a porcentagem de debris e dentina removida após diferentes protocolos de irrigação final através da microtomografia computadorizada (micro-CT), que é uma técnica que permite a avaliação tridimensional durante as diferentes etapas do tratamento endodôntico, sem destruição das amostras (PAQUÉ et al. 2009, SILVA et al. 2019). Além disso, a micro-CT é considerada a técnica padrão-ouro para avaliar a presença de debris no interior do SCR e o volume de dentina removido após o preparo e limpeza dos canais (KELES et al., 2016; DE-DEUS et al., 2020).

As amostras utilizadas neste estudo foram raízes mesiais de molares inferiores tipo II de Vertucci (VERTUCCI, 1984) por estes dentes exibirem uma configuração anatômica complexa, com presença de istmos, que podem abrigar debris provenientes da instrumentação (DUQUE et al. 2017), representando um maior desafio. A seleção foi realizada por um escaneamento inicial de micro-CT que foram divididos em grupos de acordo com as características anatômicas (configuração tridimensional, volume e área de superfície) dos canais mesiais. A análise estatística confirmou a homogeneidade do volume inicial entre os grupos experimentais ($p > 0,05$), o que permite uma melhor validade interna do estudo e a redução dos riscos de viés anatômico relacionado com a heterogeneidades dos canais mesiais (DE-DEUS et al., 2020; SILVA et al., 2019).

A presença de debris acumulados após o preparo dos canais pode dificultar a desinfecção de áreas com difícil acesso (PAQUÉ et al., 2012) e interferir negativamente na obturação dos canais radiculares (ENDAL et al., 2011). Por isso, diferentes protocolos de ativação das substâncias irrigadoras são propostos como a irrigação ultrassônica, uso de limas plásticas ou com designs diferenciados (XP-endo Finisher e XP-Clean) na tentativa de auxiliar na redução de debris (CHAN et al., 2019; ZHAO et al., 2019).

No presente estudo, nenhum protocolo de irrigação final foi capaz de eliminar todos os debris do canal radicular, o que corrobora com estudos prévios (KELES et al., 2016; RODIG et al., 2019; SILVA et al., 2019). Além disso, a porcentagem de debris removidos foi similar para o grupo convencional (controle) quando comparado aos diferentes protocolos de ativação da irrigação final (irrigação ultrassônica, Easy

Clean, XP-endo Finisher e XP-Clean), assim a primeira hipótese testada foi aceita, o que corrobora com estudos anteriores (RODIG et al., 2019; LINDEN et al., 2020), que pode ser explicada pela profundidade de inserção da agulha de irrigação, a 2 mm aquém do comprimento de trabalho, além da troca constante do irrigante, o que pode influenciar na remoção de debris (BOUTSIUKIS et al., 2010; PÉREZ et al., 2017). Cabe salientar que alguns estudos que mostraram maior remoção de debris com técnicas de ativação, não foi realizada irrigação durante a instrumentação ou utilizaram água destilada, o que poderia provocar maior acúmulo de debris e influenciar no resultado final (HAAPASALO et al., 2014).

No entanto, o resultado do presente estudo confronta com aqueles encontrados em uma revisão sistemática (VIRDEE et al., 2018) que avaliou a eficácia de diferentes técnicas na remoção de debris e verificou que o uso de técnicas de ativação promoveu maior porcentagem de redução de debris. Essa diferença pode ser explicada devido as diferenças metodológicas entre os estudos incluídos, enquanto Virdee et al. (2018) incluiu apenas estudos onde a remoção de debris foi avaliada por microscopia eletrônica de varredura, o presente estudo utilizou a micro-CT, que é considerada a técnica padrão ouro para avaliação quantitativa de debris no interior dos canais (KELES et al. 2016; DE-DEUS et al., 2020).

Apesar dos protocolos de ativação da irrigação apresentarem diferenças no que diz respeito à cinemática, design, flexibilidade e tamanho de ponta, todos promoveram remoção similar de debris dos canais radiculares, o que corrobora com estudos prévios que avaliaram a irrigação ultrassônica e Easy Clean (SILVA et al., 2019) e irrigação ultrassônica e XP-endo Finisher (CESARIO et al. 2018, ZHAO et al. 2019). Até o momento, nenhum estudo avaliou a capacidade do instrumento XP-Clean na remoção de debris do interior do SCR. Essa semelhança pode ser explicada pelo fato de os diferentes protocolos serem capazes de promover um bom fluxo e alcance dos irrigantes nas regiões de difícil acesso do SCR (SILVA et al., 2019).

A porcentagem de dentina removida é um importante parâmetro a ser avaliado após o preparo do canal radicular, porque quanto maior a remoção de dentina, mais frágil o dente pode se tornar, sendo, provavelmente mais suscetível a fratura (CORSENTINO et al., 2018). No presente estudo, os grupos experimentais demonstraram maior porcentagem de dentina removida quando comparado ao grupo controle (irrigação convencional), o que pode ser provavelmente explicado pelo fato de que os protocolos de ativação utilizados no presente estudo atuam como

instrumentos, que tocam nas paredes do canal, podendo levar a remoção inadvertida de dentina, enquanto na irrigação convencional há apenas a inserção da solução irrigadora, sem o desgaste das paredes pela agulha. No entanto, nenhum estudo prévio avaliou a remoção de dentina provocada por instrumentos utilizadas na ativação das substâncias irrigadoras.

Vale ressaltar, que o presente estudo é laboratorial, não sendo possível avaliar o impacto destes protocolos no decorrer do tratamento endodôntico. Sendo assim, sugere-se a realização de estudos clínicos para avaliar o impacto da remoção de debris e de dentina durante os protocolos de ativação da irrigação nas taxas de sucesso do tratamento endodôntico, e ainda, se essa remoção de dentina também influenciaria ou não na resistência à fratura do dente.

7 CONCLUSÃO

Com base na metodologia aplicada pode-se afirmar que os protocolos de ativação utilizados neste estudo durante a irrigação final de canais radiculares não apresentaram benefícios no que diz respeito à remoção de debris, quando comparados com a técnica de irrigação convencional. No entanto, quanto à remoção de dentina, todos os protocolos de ativação foram mais efetivos que a irrigação convencional. Ainda, nenhum dos protocolos de irrigação foi capaz de eliminar totalmente os debris do canal radicular.

REFERÊNCIAS

- ALAKSHAR, A.; SALEH A. R.; GORDUYSUS, M. Debris and smear layer removal from oval root canals comparing XP-endo Finisher, endoActivator, and manual irrigation: a sem evaluation. **Eur J Dent**, v.14 n. 4 p. 626–633, Oct. 2020.
- ARIAS-MOLIZ, M. T.; ORDINOLA-ZAPATA, R.; BACA, P.; RUIZ-LINARES, M.; FERRER-LUQUE, C. M. Antimicrobial activity of a sodium hypochlorite/etidronic acid irrigant solution. **J Endod**, v. 40, n. 12, p. 1999-2002, Dec. 2014.
- AZIMIAN, S.; BAKHTIAR, H.; AZIMI, S.; ESNAASHARI, E. *In vitro* effect of XP-Endo finisher on the amount of residual debris and smear layer on the root canal walls. **Dent Res J**, v. 16, n. 3, p.179-184, May-June 2019.
- BLANK-GONÇALVES, L.M.; NABESHIMA, C. K.; MARTINS, G. H. R.; MACHADO, M. E. L. Qualitative analysis of the removal of the smear layer in the apical third of curved roots: conventional irrigation versus activation systems. **J Endod**, v. 37, n. 9, p. 1268-1271, Sept. 2011.
- BOUSIOUKIS, C.; TZIMPOULAS, B. Uncontrolled removal of dentin during *in vitro* ultrasonic irrigant activation. **J Endod**, v. 42, n. 2, p. 289-293, Feb. 2016.
- BOUSIOUKIS, C.; LAMBRIANIDIS, T.; VERHAAGEN, B; VERSLUIS, M; KASTRINAKIS, E; WESSELINK, PR; Van der Sluis, LW. The effect of needle-insertion depth on the irrigant flow in the root canal: evaluation using an unsteady computational fluid dynamics model. **J Endod**, v. 36, n. 10, p. 1664-1668, Oct. 2010.
- BOUSIOUKIS, C.; VERHAAGEN, B.; WALMSLEY, A. D.; VERSLUIS, M.; VAN DER SLUIS, L. W. M. Measurement and visualization of file-to-wall contact during ultrasonically activated irrigation in simulated canals. **Int Endod J**, v. 46, n. 11, p. 1046-1055, Nov. 2013.
- CÂMARA, A. C.; ALBUQUERQUE, M. M.; AGUIAR, C. M. Soluções irrigadoras utilizadas para o preparo biomecânico de canais radiculares. **Pesqui Bras Odontopediatria Clín Integr**, vol. 10, n. 1, p. 127-133, Apr. 2010.
- CAMPOS, G. J.; BUENO, C. E. S.; PELEGRINE, R. A.; LIMOEIRO, A. G. S.; FONTANA, C. E.; CASONATO JÚNIOR, H.; MARTINS, A. S. Evaluation of the efficacy of XP-endo Finisher, Easy Clean, passive ultrasonic irrigation, and conventional irrigation in the removal of calcium hydroxide in simulated internal root resorption cavities. **Res Soc Dev**, v. 10, n. 3, p. e1510313023, Mar. 2021.
- ÇAPAR, İ. D; AYDINBELGE, H. A. Effectiveness of various irrigation activation protocols and the self-adjusting file system on smear layer and debris removal. **Scanning**, v. 36, n. 6, p. 640-647, Nov.-Dec. 2014.

CARON, G.; NHAM, K.; BRONEC, F.; MACHTOU, P. Effectiveness of different final irrigant activation protocols on smear layer removal in curved canals. **J Endod**, v. 36, n. 8, p. 1361-1366, Aug. 2010.

CASTAGNA, F.; RIZZON, P.; ROSA, R. A.; SANTINI, M. F.; BARRETO, M. S.; DUARTE, M. A. H.; SO, M. V. R. Effect of passive ultrasonic instrumentation as a final irrigation protocol on debris and smear layer removal: a SEM analysis. **Microsc Res Tech**, v. 76, n. 5, p. 496-502, May 2013.

CESARIO, F. ; DUARTE, M. A. H.; DUQUE, J. A.; ALCADE, M. P.; ANDRADE, F. B.; SO, M. V. R.; VASCONCELOS, B. C.; VIVAN, R. R. Microcomputing computed tomography comparisons of the efficiency of different irrigation techniques for the removal of dentin remains from artificial furrows. **J Conserv Dent**, v. 21, n. 4, p. 383-387, July-Aug. 2018.

CHAN, R.; VERSIANI, M. A.; FRIEDMAN, S.; MALKHASSIAN, G.; NETO, M. D. S.; LEONI, G. B.; SILVA-SOUSA, Y. T. C.; BASRANI, B. Efficacy of 3 supplementary irrigation protocols in the removal of hard tissue debris from the mesial root canal system of mandibular molars. **J Endod**, v. 45, n. 7, p. 923-929, July 2019.

CORSENTINO, G.; PEDULLÀ, E.; CASTELLI, L.; LIGUORI, M.; SPICCIARELLI, V.; MARTIGNONI, M.; FERRARI, M.; GRANDINI, S. Influence of access cavity preparation and remaining tooth substance on fracture strength of endodontically treated teeth. **J Endod**, v. 44, p. 1416-1421, Sept. 2018.

COTTON, T. P.; GEISLER, T. M.; HOLDEN, D. T.; SCHWARTZ, S. A.; SCHINDLER, W. G. Endodontic applications of cone-beam volumetric tomography. **J Endod**, v. 33, n. 9, p. 1121-1132, Sept. 2007.

DE-DEUS, G.; MARINS, J.; NEVES, A. A.; REIS, C.; FIDEL, S.; VERSIANI, M. A.; ALVES, H.; LOPES, R. T.; PACIORNIK, S. Assessing accumulated hard-tissue debris using micro-computed tomography and free software for image processing and analysis. **J Endod**, v. 40, n. 2, p. 271-276, Feb. 2014.

DE-DEUS, G.; SIMÕES-CARVALHO, M.; BELLADONNA, F. G.; CAVALCANTE, D. M.; PORTUGAL, L. S.; PRADO, C. G.; SOUZA, E. M.; LOPES, R. T.; SILVA, E. J. N. L. Arrowhead design ultrasonic tip as a supplementary tool for canal debridement. **Int Endod J**, v. 53, n. 3, p. 410-420, Mar. 2020.

DE-DEUS, G.; BELLADONNA, F. G.; ZUOLO, A. S.; CAVALCANTE, D. M.; CARVALHAL, J. C. A.; SIMÕES-CARVALHO, M.; SOUZA, E. M.; LOPES, R. T.; SILVA, E. J. N. L. XP-endo Finisher instrument optimizes the removal of root filling remnants in oval-shaped canals. **Int Endod J**, v. 52, n. 6, p. 899-907, June 2019.

DUQUE, J. A.; DUARTE, M. A. H.; CANALI, L. C. F.; ZANCAN, R. F.; VIVAN, R. R.; BERNARDES, R. A.; BRAMANTE, C. M. Comparative effectiveness of new mechanical irrigant agitating devices for debris removal from the canal and isthmus of mesial roots of mandibular molars. **J Endod**, v. 43, n. 2, p. 326-331, Feb. 2017.

- EKIN, S. N. A.; ERDEMIR, A. Comparison of different irrigation activation techniques on smear layer removal: an *in vitro* study. **Microsc Res Tech**, v. 78, n. 3, p. 230-239, Mar. 2015.
- ELNAGHY, A. M ; MANDORAH, A.; ELSAKA, S. E . Efficiency of removal of endo-finisher, endoactivator and file in the removal of debris and smear layer in curved root canals: a comparative study. **Odontology**, v. 105, n. 2, p. 178-183, Apr. 2017.
- ENDAL, U.; SHEN, S.; 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**, v. 37, p.223-227, Feb. 2011.
- GU, L. S.; KIM, J. R.; LING, J.; CHOI, K. K.; PASHLEY, D. H.; TAY, F. R. Review of contemporary irrigant agitation techniques and devices. **J Endod**, v. 35, n. 6, p. 791-804, June 2009.
- HAAPASALO, M.; SHEN, Y.; WANG, Z.; GAO, Y. Irrigation in endodontics. **Br Dent J**, v. 216, n. 6, p. 299-303, Mar. 2014.
- HAUPT, F .; MEINEL, M.; GUNAWARDANA, A.; HÜLSMANN, M. Effectiveness of different irrigation techniques activated in the removal of debris and smear layer of curved root canals: an evaluation of MEV: a SEM evaluation. **Aust Endod J**, v. 46, n. 1, p. 40-46, Apr. 2020
- JIANG, L. M.; LAK, B.; EIJSVOGELS, L. M.; WESSELINK, P.; VAN DER SLUIS, L. W. Comparison of the cleaning efficacy of different final irrigation techniques. **J Endod**, v. 38, n. 6, p. 838-41, June 2012.
- KANAAN, C. G.; PELEGRINE, R. A.; BUENO, C. E. S.; SHIMABUKO, D. M.; PINTO, N. M. V.; KATO, A. S. Can irrigant agitation lead to the formation of a smear layer? **J Endod**, v. 46, n. 8, p.1120-1124, Aug. 2020.
- KATO, A. S.; CUNHA, R. S.; BUENO, C. E. S.; PELEGRINE, R. A.; FONTANA, C. E.; MARTIN, A. S. Investigation of the efficacy of passive ultrasonic irrigation versus irrigation with reciprocating activation: an environmental scanning electron microscopic study. **J Endod**, v. 42, n. 4, p. 659–663, Apr. 2016.
- KELES, A.; ALÇIN, H.; SOUSA-NETO, M. D.; VERSIANI, M. A. Supplementary steps for removing hard tissue debris from isthmus-containing canal systems. **J Endod**, v. 42, n. 11, p.1677-1682, Nov. 2016.
- LACERDA, M. F. L. S.; MARCELIANO-ALVES, M. F.; PÉREZ, A. R.; PROVENZANO, J. C.; NEVES, M. A. S.; PIRES, F. R.; GONÇALVES, L. S.; ROÇAS, I. N.; SIQUEIRA JÚNIOR, J. F. Cleaning and shaping oval canals with 3 instrumentation systems: a correlative micro-computed tomographic and histologic study. **J Endod**, v. 43, n. 11, p. 1878-1884, Nov. 2017.
- LEONI, G. B.; VERSIANI, M. A.; SILVA-SOUSA, Y. T.; BRUNIERA, J. F. B.; PÉCORA, J. D.; SOUSA-NETO, M. D. *Ex vivo* evaluation of four final irrigation

protocols on the removal of hard-tissue debris from the mesial root canal system of mandibular first molars. **Int Endod J**, v. 50, n. 4, p. 398-406, Apr. 2017.

LINDEN, D.; BOONE, M.; BRUYNE, M. D.; MOOR, R. D.; VERSIANI, M. A.; MEIRE, M. Adjunctive steps for the removal of hard-tissue debris from the anatomical complexities of the mesial root canal system of mandibular molars: a micro-CT study. **J Endod**, v. 46, n. 10, p. 1508-1514, Oct. 2020.

MATTOS, I. G. F.; SPADA, T. M.; MORAES, S. H.; CRUZ, A. T.; WICHNIESKI, C. Lower molar endodontic treatment using x1 blue system and xp clean file: case report. **Rev Gest Saúde**, v. 22, n.1, p. 52-60, 2020.

NIU, L.; LUO, X.; LI, G.; BORTOLUZZI, E. A.; MAO, J.; CHEN, J.; GUTMANN, J. L.; PASHLEY, D. H.; TAY, F. R. Effects of different sonic activation protocols on debridement efficacy in teeth with single-rooted canals. **J Dent**, v. 42, n. 8, p. 1001-1009, Aug. 2014.

PAIVA, H. C.; IGLECIAS, E. F.; FREIRE, L. G.; CANDEIRO, G. T. M.; VIEIRA, B. R.; SOUSA, F. B.; GAVINI, G. Avaliação microtomográfica dos desgastes não controlados de dentina e da remoção de debris em canais curvos após ativação ultrassônica. **Braz Oral Res**, v. 33, suppl. 2, p. 447, Sept. 2019.

PAQUÉ, F.; AL-JADAA, A.; KFIR, A. Hard-tissue debris accumulation created by conventional rotary versus self-adjusting file instrumentation in mesial root canal systems of mandibular molars. **Int Endod J**, v. 45, n. 5, p. 413-418, May 2012.

PAQUÉ, F.; LAIB, A.; GAUTSCHI, H.; ZEHNDER, M. Hard-tissue debris accumulation analysis by high-resolution computed tomography scans. **J Endod**, v. 35, n. 7, p. 1056-1059, July 2009.

PARAGLIOLA, R.; FRANCO, V.; FABIANO, C.; MAZZONI, A.; NATO, F.; TAY, F. R.; BRESCHI, L.; GRANDINI, S. Final rinse optimization: influence of different agitation protocols. **J Endod**, v. 36, n. 2, p. 282-285, Feb. 2010.

PASRICHA, S. K.; MAKKAR, S.; GUPTA, P. Pressure alteration techniques in Endodontics: a review of literature. **J Clin Diagn Res**, v. 9, n. 3, p. ZE01-6, Mar. 2015.

PÉREZ, R.; NEVES, A. A.; BELLADONNA, F. G.; SILVA, E. J. N. L.; SOUZA, E. M.; FIDEL, S.; VERSIANI, M. A.; LIMA, I.; CARVALHO, C.; DE-DEUS, G. Impact of needle insertion depth on the removal of hard-tissue debris. **Int Endod J**, v. 50, n. 6, p. 560-568, June 2017.

PINTO, J. C.; TORRES, F. F.; SANTOS JÚNIOR, A. O.; TAVARES, K. I. M. C.; GUERREIRO-TANOMARU, J. M.; TANOMARU FILHO, M. Influence of voxel size on micro-CT analysis of debris after root canal preparation. **Braz Oral Res**, v. 35, p. e008, Mar. 2021.

PLOTINO, G.; GRANDE, N. M.; MERCADE, M.; CORTESE, T.; STAFOLLI, S.; GAMBARINI, G.; TESTARELLI, L. Efficacy of sonic and ultrasonic irrigation devices

in the removal of debris from canal irregularities in artificial root canals. **J Appl Oral Sci**, v. 27, e20180045, p. 1-6, Jan. 2019.

RÖDIG, T .; KOBERG, C.; BAXTER, S.; KONIETSCHKE, F.; WIEGAND, U.; RIZK, M. Micro-CT evaluation of sonically and ultrasonically activated irrigation on the removal of hard-tissue debris from isthmus-containing mesial root canal systems of mandibular molars. **Int Endod J**, v. 52, n. 8, p. 1173-1181, Aug. 2019.

RODRIGUES, M. I. Q.; FROTA, M. M. A.; FROTA, L. M. A. Uso da irrigação ultrassônica passiva como medida potenciadora na desinfecção do sistema de canais radiculares: revisão de literatura. **Rev Bras Odontol**, v. 73, n. 4, p. 320-324, out./dez. 2016.

RUSS, J. C; NEAL, F. B. **The image processing handbook**. 7. ed. Boca Raton (FL): CRC Press, 2017.

SCHMIDT, T. F.; TEIXEIRA, C. S.; FELIPPE, M. C. S.; FELIPPE, W. T.; PASHLEY, D. H.; BORTOLUZZI, E. A. Effect of ultrasonic activation of irrigants on smear layer removal. **J Endod**, v. 41, n. 8, p. 1359-1363, Aug. 2015.

SILVA, E. J. N. L.; CARVALHO, C. R.; BELLADONNA, F. G.; PRADO, M. C.; LOPES, R. T.; DE DEUS, G.; MOREIRA, E. J. L. Micro-CT evaluation of diferent final irrigation protocols on the removal of hard-tissue debris from isthmus-containing mesial root of mandibular molars. **Clin Oral Invest**, v. 46, n. 10, p. 681-87, Feb. 2019.

SINGH, S.; NIGAM, N. Comparative evaluation of surface characteristics of dentinal walls with and without using plastic finishing file. **J Conserv Dent**, v. 13, n. 2, p. 89-93, Apr. 2010.

SOUSA, V. C. et al. Effectiveness of Self-Adjusting File, XP-endo Finisher, and passive ultrasonic irrigation in bacterial root canal control. **Dental Press Endod**, v. 8, n. 2, p. 62-69, May-Aug. 2018.

SOUZA, V.C; CONTIJO, G; PAULA, J.R; MIGUEL, J.G; GUTIÉRREZ, O.A; SILVA, J.A. treating endodontic failure. **Rev Odontol Bras**, v. 27, n. 80, p. 44-48, 2018.

VAN DER SLUIS, L. W; WU, M. K; WESSELINK, P. R. The efficacy of ultrasonic irrigation to remove artificially placed dentine debris from human root canals prepared using instruments of varying taper. **Int Endod J**, v. 38, p. 10, Oct. 2005.

VAZ-GARCIA, E.S.; VIEIRA, V. T. L.; PETITET, N. P. S. F.; MOREIRA, E. J. L.; LOPES, H. P.; ELIAS, C. N.; SILVA, E. J. N. L.; ANTUNES, H. S. Mechanical properties of anatomic finishing files: XP-endo Finisher and XP-Clean. **Braz Dent J**, v. 29, p. 2, Mar./Apr. 2018.

VERTUCCI, F. J. Root canal anatomy of the human permanent teeth. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol**, v. 58, n. 5, p. 589-599, Nov. 1984.

VIOLICH, D. R; CHANDLER, N. P. The smear layer in endodontics: a review. **Int Endod J**, v. 43, n. 1, p. 2-15, Jan. 2010.

VIRDEE S. S.; SEYMOUR, D. W.; 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**. v. 51, n. 6, p. 605-621, June 2018.




XIN, Y; YANG, J; KUANG-YU, C. *In vitro* evaluation of the effectiveness of XP-endo Finisher file on smear layer removal after root canal instrumentation. **West China J Stomatol**, v. 37, n. 1, p. 48-52, Feb. 2019.

XU, K.; WANG, J.; WANG, K.; GEN, N.; LI, J. Micro-computed tomographic evaluation of the effect of the final apical size prepared by rotary nickel-titanium files on the removal efficacy of hard-tissue debris. **J Int Med Res**, v.46, n. 6, p. 2219-2229, June 2018.

ZHAO, Y.; VENTILADOR, W.; XU, T.; TAY, F. R.; GUTMANN, J. L.; VENTILADOR, B. Evaluation of several instrumentation techniques and irrigation methods on the percentage of untouched canal wall and accumulated dentine debris in C-shaped canals. **Int Endod J**, v. 52, v. 9, p. 1354-1365, Sept. 2019.

ANEXO

Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da UFJF

		UFJF - UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA - MG	
PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP			
DADOS DO PROJETO DE PESQUISA			
Título da Pesquisa: Avaliação da remoção dentinária e de debris durante a ativação de substâncias irrigadoras do canal radicular			
Pesquisador: Celso Neiva Campos			
Área Temática:			
Versão: 2			
CAAE: 03884818.0.0000.5147			
Instituição Proponente: FACULDADE DE ODONTOLOGIA			
Patrocinador Principal: Financiamento Próprio			
DADOS DO PARECER			
Número do Parecer: 3.088.879			
Apresentação do Projeto:			
O presente estudo possui modelo de caráter experimental, in vitro, utilizando uma amostra de 50 molares inferiores, doados pelo banco de dentes de uma universidade federal da Zona da Mata Mineira, a fim de avaliar o volume de dentina removido após diferentes protocolos de ativação da irrigação final e a eficácia dos protocolos de ativação na remoção de debris, através de microtomografia computadorizada (micro-CT). Apresentação do projeto está clara, detalhada de forma objetiva, descreve as bases científicas que justificam o estudo, estando de acordo com as atribuições definidas na Resolução CNS 466/12 de 2012, item III.			
Objetivo da Pesquisa:			
Objetivo Primário:			
Avaliar o volume de dentina removido inadvertidamente após diferentes protocolos de ativação da irrigação final por meio da micro-CT, nos terços coronal, médio e cervical.			
Objetivo Secundário:			
Avaliar a eficácia dos protocolos de ativação na remoção de debris, através da micro-CT, nos terços coronal, médio e cervical. Os Objetivos da pesquisa estão claros bem delineados, apresenta clareza e compatibilidade com a proposta, tendo adequação da metodologia aos objetivos pretendido, de acordo com as atribuições definidas na Norma Operacional CNS 001 de 2013, item 3.4.1 - 4.			
Endereço: JOSE LOURENCO KELMER S/N Bairro: SAO PEDRO CEP: 36.038-900 UF: MG Município: JUIZ DE FORA Telefone: (32)2102-3788 Fax: (32)1102-3788 E-mail: cep.propesq@uff.edu.br			
Página 01 de 04			



Continuação do Parecer: 3.086.879

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Existe risco mínimo previsível de identificação dos doadores dos dentes. No entanto, o banco de dentes controla a identificação dos doadores e o anonimato dos participantes será garantido pelo Banco de dentes e pelos pesquisadores. Como Benefício espera-se que o trabalho beneficie tanto os cirurgiões-dentistas como os pacientes. Para os profissionais terão o conhecimento técnico sobre qual o melhor protocolo de ativação de irrigante final a ser utilizado para evitar a remoção de dentina de maneira inadvertida. Os pacientes terão o benefício da utilização de uma técnica com maior índice de sucesso do tratamento. Riscos e benefícios descritos em conformidade com a natureza e propósitos da pesquisa. O risco que o projeto apresenta é caracterizado como risco mínimo e benefícios esperados estão adequadamente descritos. A avaliação dos Riscos e Benefícios está de acordo com as atribuições definidas na Resolução CNS 466/12 de 2012, itens III; III.2 e V.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

O projeto está bem estruturado, delineado e fundamentado, sustenta os objetivos do estudo em sua metodologia de forma clara e objetiva, e se apresenta em consonância com os princípios éticos norteadores da ética na pesquisa científica envolvendo seres humanos elencados na resolução 466/12 do CNS e com a Norma Operacional Nº 001/2013 CNS.



Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

O protocolo de pesquisa está em configuração adequada, apresenta FOLHA DE ROSTO devidamente preenchida, com o título em português, identifica o patrocinador pela pesquisa, estando de acordo com as atribuições definidas na Norma Operacional CNS 001 de 2013 item 3.3 letra a; e 3.4.1 item 16. Apresenta o TERMO DE DISPENSA DO TCLE de acordo com a Resolução CNS 466 de 2012, item: IV.8. O Pesquisador apresenta titulação e experiência compatível com o projeto de pesquisa, estando de acordo com as atribuições definidas no Manual Operacional para CPEs. Apresenta DECLARAÇÃO de infraestrutura e de concordância com a realização da pesquisa de acordo com as atribuições definidas na Norma Operacional CNS 001 de 2013 item 3.3 letra h.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Diante do exposto, o projeto está aprovado, pois está de acordo com os princípios éticos norteadores da ética em pesquisa estabelecido na Res. 466/12 CNS e com a Norma Operacional Nº 001/2013 CNS. Data prevista para o término da pesquisa: maio de 2020.

Endereço: JOSE LOURENCO KELMER S/N
 Bairro: SÃO PEDRO CEP: 38.038-900
 UF: MG Município: JUIZ DE FORA
 Telefone: (32)2102-3788 Fax: (32)1102-3788 E-mail: cep.propesq@ufjf.edu.br

 UFJF - UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA - MG 				
Continuação do Parecer: 3.086.879				
Considerações Finais a critério do CEP:				
Diante do exposto, o Comitê de Ética em Pesquisa CEP/UFJF, de acordo com as atribuições definidas na Res. CNS 466/12 e com a Norma Operacional N°001/2013 CNS, manifesta-se pela APROVAÇÃO do protocolo de pesquisa proposto. Vale lembrar ao pesquisador responsável pelo projeto, o compromisso de envio ao CEP de relatórios parciais e/ou total de sua pesquisa informando o andamento da mesma, comunicando também eventos adversos e eventuais modificações no protocolo.				
Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:				
Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1261646.pdf	14/12/2018 09:41:03		Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_completo.pdf	14/12/2018 09:40:42	Celso Neiva Campos	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	Termo_Dispos_TCLE.pdf	03/12/2018 16:45:55	Celso Neiva Campos	Aceito
Declaração de Pesquisadores	Termo_Sigilo.pdf	03/12/2018 16:45:16	Celso Neiva Campos	Aceito
Declaração de Manuseio Material Biológico / Biorepositório / Biobanco	Decl_BDH.pdf	03/12/2018 16:44:58	Celso Neiva Campos	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	InfraEstr_UFRJ.pdf	03/12/2018 16:35:43	Celso Neiva Campos	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	Decl_InfrEstr.pdf	03/12/2018 16:35:27	Celso Neiva Campos	Aceito
Folha de Rosto	FolhaDeRosto.pdf	03/12/2018 16:34:26	Celso Neiva Campos	Aceito
Situação do Parecer: Aprovado				
Necessita Apreciação da CONEP:				
<p>Endereço: JOSE LOURENCO KELMER S/N Bairro: SÃO PEDRO CEP: 36.036-900 UF: MG Município: JUIZ DE FORA Telefone: (32)2102-3788 Fax: (32)1102-3788 E-mail: cep.propesq@uff.edu.br</p>				
Página 03 de 04				



Continuação do Parecer: 3.086.879

Não

JUIZ DE FORA, 17 de Dezembro de 2018


Assinado por:
Jubel Barreto
(Coordenador(a))

Endereço: JOSE LOURENCO KELMER S/N
Bairro: SAO PEDRO **CEP:** 36.036-900
UF: MG **Município:** JUIZ DE FORA
Telefone: (32)2102-3788 **Fax:** (32)1102-3788 **E-mail:** cep.propesq@ufjf.edu.br

APÊNDICE

Artigo Científico

25/01/2022 18:20 Gmail - Manuscript ID ADJ-01-22-0051 - Australian Dental Journal


Celso Neiva Campos <cneivacampos@gmail.com>

Manuscript ID ADJ-01-22-0051 - Australian Dental Journal
1 mensagem

Australian Dental Journal <onbehalf@manuscriptcentral.com> 25 de janeiro de 2022 08:53
 Responder a: adj.eo@wiley.com
 Para: c.oliveiradelima@yahoo.com.br
 Cc: carolinecostacorrea@hotmail.com, c.oliveiradelima@yahoo.com.br, cncampos@terra.com.br

25-Jan-2022

Dear Ms. de Lima

Your manuscript entitled "Ability of activation irrigation protocols on dentine and debris removal of root canals" by Corrêa, Caroline; de Lima, Carolina; Campos, Celso has been successfully submitted online and is presently being given full consideration for publication in the Australian Dental Journal.

Co-authors: Please contact the Editorial Office as soon as possible if you disagree with being listed as a co-author for this manuscript.

Your manuscript ID is ADJ-01-22-0051.

Please mention the above manuscript ID in all future correspondence or when calling the office for questions. If there are any changes in your street address or e-mail address, please log in to ScholarOne Manuscripts at <https://mc.manuscriptcentral.com/adj> and edit your user information as appropriate.

You can also view the status of your manuscript at any time by checking your Author Center after logging in to <https://mc.manuscriptcentral.com/adj>.

Thank you for submitting your manuscript to the Australian Dental Journal.

Kind regards
 ADJ Editorial Office
 Australian Dental Journal Editorial Office
adj.eo@wiley.com

Please note: By submitting a manuscript to this publication, your name, email address, and affiliation, and other contact details the publication might require, will be used for the regular operations of the publication, including, when necessary, sharing with the publisher (Wiley) and partners for production and publication. The publication and the publisher recognize the importance of protecting the personal information collected from users in the operation of these services, and have practices in place to ensure that steps are taken to maintain the security, integrity, and privacy of the personal data collected and processed. You can learn more at <https://authorservices.wiley.com/statements/data-protection-policy.html>.

<https://mail.google.com/mail/u/0/?ik=8f24692627&view=pt&search=all&permthid=thread-f%3A1722927382993552442&simpl=msg-f%3A1722927...> 1/1

Ability of activation irrigation protocols on dentine and debris removal of root canals

Running title: activation techniques and debris/dentin removal

Caroline Nascimento Costa Corrêa¹, Carolina Oliveira de Lima², Celso Neiva Campos¹

¹ Department of Dental Clinic, School of Dentistry, Federal University of Juiz de Fora (UFJF), Juiz de Fora, MG, Brazil.

² Department of Endodontics, School of Dentistry, State University of Rio de Janeiro (UERJ), Rio de Janeiro, RJ, Brazil.

Corresponding author

Carolina Oliveira de Lima

Rua Rogério Karp 310, Recreio dos Bandeirantes, Rio de Janeiro, RJ, Brazil.

Phone: (+55) 21 980128993

E-mail: c.oliveiradelima@yahoo.com.br

Authorship declaration

All authors have contributed significantly, and all authors are in agreement with the manuscript.

Acknowledgments

The authors deny any conflicts of interest related to this study.

Disclosure statement

The authors certify that they have no commercial or associative interest that represents a conflict of interest in connection with the manuscript.

Ability of activation irrigation protocols on dentine and debris removal of root canals

ABSTRACT

Background: This study evaluated the volume of dentin and debris removed after different activation protocols used for final irrigation using microcomputed tomography (micro-CT). **Methods:** Twenty-five mesial roots of mandibular molars were selected, accessed and their root canals were prepared with a Reciproc R25 file and irrigated with 5.25% NaOCl. The final irrigation was performed with 17% EDTA and the specimens were divided into five groups, according to the activation techniques used during the final irrigation (n=5): conventional irrigation (CI), ultrasonic irrigation (IU), lime XP Clean (XPC), XP-endo Finisher (XP) and Easy clean (EC) file. Teeth were scanned by micro-CT at three times: before and after instrumentation and after irrigation activation protocols. The volume of dentin removed and the percentage of debris removed were evaluated using the Image J software. Data were submitted to ANOVA, Shapiro-Wilk and Levene tests with a significance level of 5%. **Results:** The conventional irrigation promoted a lower percentage of dentin removed when compared to the experimental groups ($P < 0.05$); however, there was no significant difference among experimental groups ($P > 0.05$). Regarding the percentage of debris removed, no statistical difference was observed among the irrigation protocols used ($P > 0.05$). **Conclusion:** Thus, the activation protocols used during final irrigation did not show benefits with regard to debris removal when compared to the conventional irrigation technique.

Keywords: x-ray microtomography, root canal irrigation, dentinal debris, irrigation activation.

Introduction

Currently, with advances in technology and instruments for the preparation of the root canal system (RCS), endodontic treatments have become increasingly safe, fast, and predictable. However, regardless of the preparation techniques, instruments,

and irrigating agents, there is no guarantee of a complete cleaning and preparation of the root canals, especially in teeth with curved canals or with more complex anatomies¹ allowing the maintenance of microorganisms, debris and pulp remnants in regions such as isthmus, apical ramifications, lateral canals and anatomical irregularities, which may jeopardize the outcome of endodontic treatment.²

Irrigation of root canals with antimicrobial solutions is considered an essential part of endodontic treatment.³ Sodium hypochlorite (NaOCl) is the antimicrobial substance most used worldwide for irrigation of canals, in general, at concentrations of 2.5 and 5.25%, due to its detergent, clarifying, and organic tissue solvent properties.⁴ Ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA) at concentration of 17% is also widely used in endodontics, due to its chelating action and ability to remove the smear layer from dentinal walls.⁵ Moreover, EDTA and can be used alternately with NaOCl during the final irrigation.

Commonly, the irrigants were inserted into root canals, with the conventional irrigation, which consists of taking the irrigating solution into the root canal using a syringe with needles of different sizes passively⁶. However, this technique is ineffective on removing debris, especially in isthmus, which can hinder the adequate disinfection. Thus, to

overcome this limitation, several techniques have been proposed to improve irrigation penetration and effectiveness,^{7,8} such as negative pressure irrigation,⁹ sonic or ultrasonic activation,^{10,11} manual activation with a Kerr file or gutta-percha points,^{9,12} plastic files and/or with different designs.^{12,13} As a result, new instruments have been proposed with concept of finishing files used in final irrigation in an attempt to promote a more effective removal of debris and pulp tissue.^{9,14-16}

The XP-endo Finisher instrument (FKG Dentaire, La Chaux-de-Fonds, Switzerland), introduced with the promise of improving RCS cleaning and disinfection, is a MaxWire nickel-titanium (NiTi) alloy instrument in the 25/.00 configuration. It has the ability to change its shape according to the internal temperature of the root canal, allowing it to reach areas of difficult access and agitate the irrigants in order to remove the biofilm and smear layer.¹⁷

The XP-Clean (MK Life, Porto Alegre, Brazil) is a finishing instrument made of NiTi alloy to promote agitation in the final irrigation, after root canal preparation. It is also capable of touching canal walls that were not touched by instrumentation.¹⁸ Its kinematics are similar to those of the XP-Endo Finisher, but without body expansion.¹⁹

Another instrument introduced was the Easy Clean (Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brazil), driven by an endodontic motor, in a reciprocating motion. Its differential is that it is basically built using plastic material, with the ability to produce an increase in the distribution flow of the irrigating solution throughout the working length.^{20,21}

A widely used instrument is the ultrasonic tip for activating the irrigating solution. It is a metallic device with a smooth tip, driven ultrasonically, causing vibrations to agitate the irrigation substances,²² allowing greater penetration of the irrigant and enhancing its action during the final irrigation.²³

However, to date, there are no studies evaluating whether these new instruments promote root dentin removal during final irrigation, which could supposedly weaken the dentin structure and influence treatment prognosis.

Thus, the present study evaluated the volume of dentin and debris removed from different activation protocols of final irrigation: conventional (CI), ultrasonic irrigation (UI), XP Clean file (XPC), XP-endo Finisher (XP) and Easy clean file (EC), using micro-CT. The null hypothesis tested is that there will be no difference between the activation protocols with regard to (i) debris removal and (ii) dentin removed.

MATERIAL AND METHOD

This study was approved by the Research Ethics Committee (No. 3.088.879). From a total of 90 mandibular molars, Twenty-five were used to constitute the sample for this study. After selection, the teeth were submitted to scaling and root surface planing, followed by bathing in an ultrasonic bath for 30 minutes (Cristofoli, Londrina, Brazil), so that possible dental calculus or remaining cementum and bone tissue present were removed.

The teeth were radiographed in the buccolingual direction for initial selection, before being scanned in the microcomputed tomography, being included only teeth without calcifications, apparent resorption or previous endodontic treatment and with a fully formed mesial root apex.

Micro-CT scanning

After the initial selection, teeth were scanned on a microtomography (SkyScan 1174, Bruker, Kontich, Belgium) before (scan 1), after root canal preparation (scan 2)

and after final irrigation (scan 3). The parameters for image acquisition were as follows: 800 mA and 50Kv, with a 0.5-mm thick aluminum filter, exposure time of 5.200 milliseconds, rotation step of 1 and 360° around the vertical axis. The pixel size was 10.1 µm. The images were reconstructed using NRecon software (v1.6.1.0; Bruker, Kontich, Belgium) with the following reconstruction parameters: reduction of 5, beam hardening correction of 50% and smoothing of 5 for all images.

Image processing and analysis were performed using the CTan program (v1.6.6.0, BrukerMicro-CT, Kontich, Belgium), through binarization of images (white and black pixels) to identify the root canal and dentin, allowing the three-dimensional visualization of the root canals. In the same program, the normality of the three-dimensional parameters of the surface area (mm²) and volume (mm³) of the initial canals was measured and tested, in a way that allowed the pairing of the samples.

Root canal instrumentation

After the first scan, the patency of the canal was determined using a #10 Kerr file (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland). The working length (WL) was established by introducing a K#10 file inside the canal until its tip was visualized at the exit of the apical foramen, withdrawing 1 mm from this point. After that, the apical foramen was sealed with TopDam (FGM, Joinville, SC, Brazil) in order to create a vapor-lock, simulating the clinical condition.

Then, the teeth were fixed in a bench vise and the canals were instrumented with a Reciproc R25 file (25/.08) (VDW, Munich, Germany). The Reciproc Silver engine (VDW, Munich, Germany) was used in "Reciproc All" mode. Root canal preparation was performed according to the manufacturer's recommendations, using the instrument in the cervical third, then in the middle third and, finally, in the apical third, always in small-amplitude back-and-forth movements until reaching the WL. At the end of instrumentation of each third, the canal was irrigated with 2 ml of 5.25% NaOCl solution using a Navitip 30G irrigation tip (Ultradent, Salt Lake City, Utah, USA) that will be inserted up to 2 mm short of the WL.

After the instrumentation stage, the teeth were scanned again (scan 2) with the same parameters described above.

Final irrigation and solution activation

After the second scan, the teeth were matched according to the surface area, volume and three-dimensional anatomy of the root canals and from there, they were divided into 5 groups (n=5) according to the technique used during the final irrigation, distributed as follows:

Conventional irrigation (CI): 1 ml of 17% EDTA solution was inserted into the root canal and left for 1 minute. The irrigant was delivered with a 5ml irrigation syringe and NaviTip 30G needle (Ultradent, Salt Lake City, Utah, USA) that was inserted 2mm from the WL, without pressure. Then, the EDTA was aspirated and renewed, with the same procedure being repeated two more times.

Ultrasonic irrigation (UI): 1 ml of 17% EDTA solution was inserted 2 mm from the WL with a NaviTip 30 G irrigation tip (Ultradent, Salt). This solution was activated with an Irrisonic E1 ultrasonic tip (Helse Dental Technology, Santa Rosa de Viterbo, SP, Brazil) coupled to the piezoelectric ultrasonic device (Enac, Osada, Japan) inserted up to 1 mm below the WL, avoiding pressure on the canal walls, for a period of 30 seconds. Then, EDTA remained in the canal for another 30 seconds, without activation, until completing 1 minute. EDTA was aspirated and renewed, and the same procedure was repeated two more times.

XP Clean (XPC): 1 ml of 17% EDTA solution was inserted 2 mm from the WL with a NaviTip 30 G irrigation tip (Ultradent, Salt). This solution was activated with the XP Clean instrument (MK life, Porto Alegre, Brazil), coupled to the micromotor, inserted up to 1 mm below the WL, without pressure against the canal walls, for 30 seconds. Then, EDTA remained in the canal for another 30 seconds, without activation, until completing 1 minute. EDTA was aspirated and renewed, with the same procedure being repeated two more times.

Easy Clean (EC): 1 ml of 17% EDTA solution was inserted 2 mm from the WL with a NaviTip 30 G irrigation tip (Ultradent, Salt). This solution was activated with the Easy Clean plastic file (Easy, Belo Horizonte, MG, Brazil) coupled to the Reciproc Silver electric motor (VDW, Munich, Germany) in "Reciproc All" mode, which was inserted up to 1 mm below the WL, without pressure on the canal walls for 30 seconds. Then, EDTA remained in the canal for another 30 seconds, without activation, until completing 1 minute. EDTA was aspirated and renewed, with the same procedure repeated twice more.

XP-endo Finisher (XP): 1 ml of 17% EDTA solution was inserted 2 mm from the WL with a NaviTip 30 G irrigation tip (Ultradent, Salt) and activated with the XP-endo finisher file (FKG Dentaire, La Chauxde -Fonds, Switzerland) for 30 seconds coupled to the Reciproc Silver electric motor (VDW, Munich, Germany) in rotation mode at 1,000 rpm and torque of 1 Ncm, penetrating up to 1 mm short of the WL in entry and exit movements. Then, EDTA remained in the canal for another 30 seconds, without activation, until completing 1 minute. EDTA was aspirated and renewed, and the same procedure was repeated two more times.

All groups received the same volume of EDTA (3ml), in which they were kept inside the canal for the same time of 3 minutes. This process was carried out with the teeth mounted in a bench vise at 37°C to maintain the tooth at temperature close to the intraoral temperature. This became necessary, since one of the instruments used to activate the substance – XP-endo Finisher file – undergoes a change in shape when in an environment with a temperature above 35°C, adapting to the internal anatomy of the root canal.

Micro-CT evaluation

After final irrigation, specimens from all groups were irrigated with 5 ml of distilled water and scanned again (scan 3) with the same parameters described above.

3D Slicer 4.4.0 software (www.slicer.org, Artificial Intelligence Laboratory of Massachusetts Institute of Technology and Surgical Planning Laboratory at Brigham and Women's Hospital and Harvard Medical School) was used to record the overlapping pre- and post-operative 3D models images before and after the use of irrigation activation protocols.

After the images were recorded, the grayscale range needed to recognize the root canal and dentin was determined on a density histogram using a threshold method.

The volume (mm³) and surface area (mm²) of the canal before and after the irrigant activation protocols were calculated using ImageJ 1.50d software (National Institutes of Health, Bethesda, MD). The presence of material with density similar to dentin in regions previously occupied by air in the space of unprepared canals was considered debris and quantified by the intersection between the images before and

after instrumentation. The volume of debris was calculated in mm^3 and expressed as a percentage of the entire volume of the prepared canal.^{16,24}

The volume of dentin removed after the final irrigation activation protocols was quantified by subtracting the root dentin after root canal preparation and after the use of the final activation protocols, through morphological operations with the Image J program.²⁵

Statistical Analysis

Initially, the normality of data distribution was verified using the Shapiro-Wilk test. In all groups (irrigation protocols) a normal distribution was found.

The similarity between the initial volume of the canals of the different groups was verified through the ANOVA test.

The percentages of debris and dentin removed were compared between the five irrigation protocols using the ANOVA, Shapiro-Wilk and Levene tests, with a significance level of 5%. All analyzes and graphs were performed in R 3.6.0 software (R Core Team, 2019).

Results

There was no significant difference in the initial volume of the root canals between the groups ($F = 0.11$, $P = 0.98$), indicating a similarity between the groups (Table 1).

Regarding the percentage of debris removed, there was no statistically significant difference between the irrigation protocols used ($P > 0.05$) (Table 1).

The conventional irrigation promoted a lower percentage of dentin removal (paired comparisons of the conventional protocol with: Easy Clean - $P = 0.001$; Ultrasonic - $P = 0.002$; XP Clean - $P = 0.0008$ and XP Endo Finisher - $P = 0, 0003$) when compared to the experimental groups. There was no significant difference between the other irrigation protocols ($P > 0.05$).

None of the final irrigation protocols was able to completely remove debris from the root canal.

Discussion

The present study evaluated the percentage of debris and dentin removed after different protocols of final irrigation through micro-computed tomography (micro-CT), which is a technique that allows three-dimensional evaluation during the different stages of endodontic treatment, without destroying the samples.^{26,27} In addition, micro-CT is considered the gold standard technique to assess the presence of debris within the RCS and the volume of dentin removed after canal preparation and cleaning.^{28,25}

The samples used in this study were mesial roots of Vertucci type II mandibular molars²⁹ because these teeth exhibit a complex anatomical configuration, with the presence of isthmus that can harbor debris from instrumentation,²¹ representing a major clinical challenge. Selection was performed by an initial micro-CT scan of the teeth, which were divided into groups according to the anatomical characteristics (three-dimensional configuration, volume and surface area) of the mesial canals. Statistical analysis confirmed the homogeneity of the initial volume between the experimental groups ($P > 0.05$), which allows a better internal validity of the study and the reduction of the risks of anatomic bias related to the heterogeneity of the mesial canals.^{25,27}

The presence of debris accumulated after root canal preparation can make it difficult to disinfect areas with difficult access³⁰ and negatively interfere with root canal filling.³¹ Therefore, different activation protocols of irrigating substances are proposed, such as ultrasonic irrigation, use of plastic files or with different designs (XP-endo Finisher and XP-Clean) in an attempt to help reduce debris.^{32,33}

In the present study, no final irrigation protocol was able to eliminate all debris from the root canal, which corroborates with several previous studies.^{28,34,27} In addition, the percentage of debris removed was similar for the conventional group (control) when compared to the different protocols for activating the final irrigation (ultrasonic irrigation, Easy Clean, XP-endo Finisher and XP-Clean), so the first hypothesis tested was accepted, which corroborates with previous studies,^{34,35} which can be explained by the irrigation needle insertion depth, 2 mm short of the working length, in addition to the constant exchange of the irrigant, which can influence the removal of debris.³⁶ However, the result of the present study does not corroborate a recent systematic review³⁸ that evaluated the effectiveness of different techniques in removing debris and found that the use of activation techniques promoted a higher percentage of debris

reduction. This difference can be explained by the methodological differences between the included studies, while Virdee et al. (2018) only included studies where debris removal was assessed by scanning electron microscopy, the present study used micro-CT, which is considered the gold standard technique for quantitative assessment of debris within the canals.^{28,25}

Although the irrigation activation protocols presented differences with regard to kinematics, design, flexibility and tip size, all promoted similar removal of debris from the root canals, which corroborates previous studies that evaluated ultrasonic irrigation and Easy Clean²⁷ and ultrasonic irrigation and XP-endo Finisher.^{39,33} To date, no study has evaluated the ability of the XP-Clean instrument to remove debris from the interior of the RCS. This similarity can be explained by the fact that the different protocols are able to promote a good flow and reach of irrigators in regions of difficult access of the RCS.²⁷

The percentage of dentin removed is an important parameter to be evaluated after root canal preparation, because the greater the dentin removal, the more fragile the tooth can become, being, probably, more susceptible to fracture.^{40,41} In the present study, the experimental groups showed a higher percentage of dentin removed when compared to the control group (conventional irrigation), rejecting the second hypothesis. This result can probably be explained by the fact that the activation protocols used in the present study act as instruments, which touch the walls of the canal, which can lead to inadvertent removal of dentin, while in conventional irrigation there is only the insertion of the irrigating solution, without the wear of the walls by the needle. However, no previous study has evaluated dentin removal caused by instruments used to activate irrigating substances.

It is worth mentioning that the present study is laboratory and it is not possible to assess the impact of these protocols during the endodontic treatment. Therefore, clinical studies are suggested to evaluate the impact of debris and dentin removal during irrigation activation protocols on the success rates of endodontic treatment.

Thus, based on the methodology applied, it can be stated that the activation protocols used in this study during the final irrigation of root canals did not present benefits in terms of debris removal, when compared to the conventional irrigation technique. Still, none of the irrigation protocols was able to completely eliminate the debris from the root canal.

References

1. Vaz-Garcia ES, Vieira VTL, Ferreira NPSF, et al. Mechanical properties of anatomic finishing files: XP-endo Finisher and XP-Clean. *Braz Dent J* 2018;29:208-213.
2. Vera J, Siqueira Júnior JF, Ricucci D, et al. One- versus two-visit endodontic treatment of teeth with apical periodontitis: a histobacteriologic study. *J Endod* 2012;38:1040-1052.
3. Haapasalo M, Endal U, Zandi H, Coil JM. Eradication of endodontic infection by instrumentation and irrigation solutions. *Endodontic Topics* 2005;10:77-102.
4. Câmara AC, Albuquerque MM, Aguiar CM. Soluções irrigadoras utilizadas para o preparo biomecânico de canais radiculares. *Pesqui Bras Odontopediatria Clín Integr* 2010;10:127-133.
5. Arias-Moliz MT, Ordinola-Zapata R, Baca P, Ruiz-Linares M, Ferrer-Luque CM. Antimicrobial activity of a sodium hypochlorite/etidronic acid irrigant solution. *J Endod* 2014;40:1999-2002.
6. Pasricha SK, Makkar S, Gupta P. Pressure alteration techniques in Endodontics: a review of literature. *J Clin Diagn Res* 2015;9:ZE01-6.
7. Çapar ID; Aydinbelge HA. Effectiveness of various irrigation activation protocols and the self-adjusting file system on smear layer and debris removal. *Scanning* 2014;36:640-647.
8. Ekim SNA, Erdemir A. Comparison of different irrigation activation techniques on smear layer removal: an *in vitro* study. *Microsc Res Tech* 2015;78:230-239.
9. Jiang LM, Lark B, Eijsvogels LM, Wesselink P, Van Der Sluis LW. Comparison of the cleaning efficacy of different final irrigation techniques. *J Endod* 2012;28:838-41.
10. Niu L, Luo XJ, Li GH, et al. Effects of different sonic activation protocols on debridement efficacy in teeth with single-rooted canals. *J Dent* 2014;42:1001-1009.
11. Castagna F, Rizzon P, Rosa RA, et al. Effect of passive ultrasonic instrumentation as a final irrigation protocol on debris and smear layer removal: a SEM analysis. *Microsc Res Tech* 2013;76:496-502.
12. Paragliola R, Franco V, Fabiano C, et al. Final rinse optimization: influence of different agitation protocols. *J Endod* 2010;36:282-285.
13. Singh S, Nigam N. Comparative evaluation of surface characteristics of dentinal walls with and without using plastic finishing file. *J Conserv Dent* 2010;13:89-93.

14. Gu LS, Kim JR, Ling J, Choi KK, Pashley DH, Tay FR. Review of contemporary irrigant agitation techniques and devices. *J Endod* 2009;35:791-804.
15. Haapasalo M, Shen Y, Wang Z, Gao Y. Irrigation in endodontics. *Br Dent J* 2014;216:299-303.
16. Leoni GB, Versiani MA, Silva-Souza YT, Bruniera JFB, Pécora JD, Souza-Neto MD. *Ex vivo* evaluation of four final irrigation protocols on the removal of hard-tissue debris from the mesial root canal system of mandibular first molars. *Int Endod J* 2017; 50: 398-406.
17. Lacerda MFLS, Marceliano-Alves MF, Pérez AR, et al. Cleaning and shaping oval canals with 3 instrumentation systems: a correlative micro-computed tomographic and histologic study. *J Endod* 2017;43:1878-1884.
18. Mattos IGF, Spada TM, Moraes SH, Cruz AT, Wichnieski C. Lower molar endodontic treatment using x1 blue system and XP Clean file: case report. *Rev Gest Saúde* 2020;22:52-60.
19. Campos GJ, Bueno CES, Pelegri RA, et al. Evaluation of the efficacy of XP-endo Finisher, Easy Clean, Passive ultrasonic irrigation, and conventional irrigation in the removal of calcium hydroxide in simulated internal root resorption cavities. *Res., Soc. Dev* 2021;10:e1510313023.
20. Schmidt TF, Teixeira CS, Felipe MCS, Felipe WT, Pashley DH, Bortoluzzi EA. Effect of ultrasonic activation of irrigants on smear layer removal. *J Endod* 2015;41:1359-1363.
21. Duque JA, Duarte MAH, Canali LCF, et al. Comparative effectiveness of new mechanical irrigant agitating devices for debris removal from the canal and isthmus of mesial roots of mandibular molars. *J Endod* 2017;43:326-331.
22. Kato AS, Cunha RS, Bueno CES, Pelegri RA, Fontana CE, Martin AS. Investigation of the efficacy of passive ultrasonic irrigation versus irrigation with reciprocating activation: an environmental scanning electron microscopic study. *J Endod* 2016;42:659–663.
23. Rodrigues MIQ, Frota MMA, Frota LMA. Uso da irrigação ultrassônica passiva como medida potenciadora na desinfecção do sistema de canais radiculares: revisão de literatura. *Rev Bras Odontol* 2016;73:320-324.
24. De-Deus G, Marins J, Neves AA, et al. Assessing accumulated hard-tissue debris using micro-computed tomography and free software for image processing and analysis. *J Endod* 2014;40:271-276.
25. De-Deus G, Simões-Carvalho M, Belladonna FG, et al. Arrowhead design ultrasonic tip as a supplementary tool for canal debridement. *Int Endod J* 2020;53:410-420.

26. Paqué F, Laib A, Gautschi, H, Zehnder M. Hard-tissue debris accumulation analysis by high-resolution computed tomography scans . J Endod 2009;35:1056-1059.
27. Silva EJNL, Carvalho CR, Belladonna FG, 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 Invest 2019;46:681-87.
28. Keles A, Alçin H, Souza-Neto MD, Versiani MA. Supplementary steps for removing hard tissue debris from isthmus-containing canal systems. J Endod 2016;42:677-1682.
29. Vertucci FJ. Root canal anatomy of the human permanent teeth. Oral Surg Oral Med Pathol 1984;58:589-599.
30. Paqué F, Al-Jadaa A, Kfir A. Hard-tissue debris accumulation created by conventional rotary versus self-adjusting file instrumentation in mesial root canal systems of mandibular molars. Int Endod J 2012;45:413-418.
31. Endal U, Shen S, Knut A, Gao Y, Haapasalo M. A high-resolution computed tomographic study of changes in root canal isthmus area by instrumentation and root filling. J Endod 2011;37:223-227.
32. Chan R, Versiani MA, Friedman S, et al. Efficacy of 3 supplementary irrigation protocols in the removal of hard tissue debris from the mesial root canal system of mandibular molars. J Endod 2019;45:923-929.
33. Zhao Y, Ventilador W, Xu T, Tay FR, Gutmann JL, Ventilador B. Evaluation of several instrumentation techniques and irrigation methods on the percentage of untouched canal wall and accumulated dentine debris in C-shaped canals. Int Endod J 2019;52:1354-1365.
34. Rödiger T, Koberg C, Baxter S, Konietschke F, Wiegand U, Rizk M. Micro-CT evaluation of sonically and ultrasonically activated irrigation on the removal of hard-tissue debris from isthmus-containing mesial root canal systems of mandibular molars. Int Endod J 2019;52:1173-1181.
35. Linden D, Boone M, Bruyne MD, Moor RD, Versiani MA, Meire M. Adjunctive steps for the removal of hard-tissue debris from the anatomical complexities of the mesial root canal system of mandibular molars: a micro-CT study. J Endod 2020;46:1508-1514.
36. Boutsoukis C, Lambrianidis T, Verhaagen B, et al. The effect of needle-insertion depth on the irrigant flow in the root canal: evaluation using an unsteady computational fluid dynamics model. J Endod 2010; 36: 1664-1668.

37. Pérez R, Neves AA, Belladonna FG, Silva EJNL, Souza EM, Fidel S, et al. Impact of needle insertion depth on the removal of hard-tissue debris. *Int Endod J* 2017;50(6):560-568.
38. 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):605-621.
39. Cesario F, Duarte MAH, Duque JA, et al. Microcomputing computed tomography comparisons of the efficiency of different irrigation techniques for the removal of dentin remains from artificial furrows. *J Conserv Dent* 2018;21:383-387.
40. Tang W, Wu Y, Smales RJ. Identifying and reducing risks for potential fractures in endodontically treated teeth. *J Endod* 2010;36:609-17.
41. Corsentino G, Padulla E, Castelli L, et al. Influence of access cavity preparation and remaining tooth substance on fracture strength of endodontically treated teeth. *J Endod* 2018;44:416-421.

Tables:

Table 1- Mean and standard deviation of the values attributed to the percentage of debris and dentin removed with the different final irrigation protocols.

Irrigation protocol	Initial volume (mm ³)	Debris removeds (%)	Dentin removed (%)
Conventional	6,29±2,57	41,24±24,43	0,64±0,17
Easy Clean	5,87±2,30	48,12±7,55	2,48±1,33
Ultrasonic	5,53±1,80	49,71±6,59	2,29±1,00
XP clean	6,40±2,50	49,60±13,60	2,60±1,20
XP-endo Finisher	5,93±2,29	58,93±15,13	2,80±1,05

Figure Legend:

Figure 1- Three-dimensional micro-CT images of each group, showing the presence of debris (in gray on the left) before the final irrigation and after the final irrigation (in red on the right).

