

# UFBA

Universidade Federal da Bahia  
Instituto de Ciências da Saúde

GIOVANNA BOMFIM BENDOCCHI ALVES

PROCESSOS INTERATIVOS  
DOS ÓRGÃOS E SISTEMAS  
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO • ICS • UFBA



**AVALIAÇÃO, *IN VITRO*, DA EFICÁCIA DE  
PROTOCOLOS DE IRRIGAÇÃO E DE  
AGENTES DESMINERALIZANTES DA  
DENTINA NA LIMPEZA DO TERÇO APICAL DO  
CANAL RADICULAR DE HUMANOS E ANÁLISE  
DA EXTRUSÃO DE DETRITOS**

Salvador  
2016



**Universidade Federal da Bahia**  
**Instituto de Ciências da Saúde**  
**Programa de Pós-Graduação**  
**em Processos Interativos dos Órgãos e Sistemas**



**GIOVANNA BOMFIM BENDOCCHI ALVES**

**AVALIAÇÃO, *IN VITRO*, DA EFICÁCIA DE PROTOCOLOS DE IRRIGAÇÃO E DE AGENTES DESMINERALIZANTES DA DENTINA NA LIMPEZA DO TERÇO APICAL DO CANAL RADICULAR DE HUMANOS E ANÁLISE DA EXTRUSÃO DE DETRITOS**

Salvador  
2016

**GIOVANNA BOMFIM BENDOCCHI ALVES**

**AVALIAÇÃO, *IN VITRO*, DA EFICÁCIA DE PROTOCOLOS DE IRRIGAÇÃO E DE AGENTES DESMINERALIZANTES DA DENTINA NA LIMPEZA DO TERÇO APICAL DO CANAL RADICULAR DE HUMANOS E ANÁLISE DA EXTRUSÃO DE DETRITOS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação Processos Interativos dos Órgãos e Sistemas do Instituto de Ciências da Saúde da Universidade Federal da Bahia, como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em Processos Interativos dos Órgãos e Sistemas

Orientador: Prof. Dr. Roberto Paulo Correia de Araújo

Salvador  
2016

Bendocchi Alves, Giovanna Bomfim.

Avaliação, *in vitro*, da eficácia de protocolos de irrigação e de agentes desmineralizantes da dentina na limpeza do terço apical do canal radicular de humanos e análise da extrusão de detritos./ [Manuscrito]. Giovanna Bomfim Bendocchi Alves . – Salvador, 2016.

142 f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Roberto Paulo Correia de Araújo.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal da Bahia. Instituto de Ciência da Saúde. Programa de Pós-Graduação em Processos Interativos dos Órgãos e Sistemas, Salvador, 2016.

1. Camada de Esfregaço. 2. Quelantes. 3. Irrigantes do Canal Radicular.

I. Araújo, Roberto Paulo Correia de. II. Universidade Federal da Bahia. Instituto de Ciências da Saúde. Programa de Pós-Graduação em Processos Interativos dos Órgãos e Sistemas. III. Título

CDD 617.634 2- 23. ed.

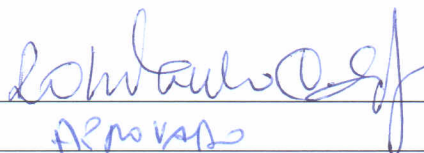
UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE



ATA DA SESSÃO PÚBLICA DO COLEGIADO DO PROGRAMA DE PÓS- GRADUAÇÃO  
PROCESSOS INTERATIVOS DOS ÓRGÃOS E SISTEMAS

Aos vinte e dois dias do mês de novembro de dois mil e dezesseis, reuniu-se em sessão pública o Colegiado do Programa de Pós- Graduação Processos Interativos dos Órgãos e Sistemas com a finalidade de apreciar a **Defesa Pública de Tese** da Doutoranda **Giovanna Bomfim Bendocchi Alves**, através da Comissão Julgadora composta pelos **Professores Roberto Paulo Correia de Araújo, Silvio José Albergaria da Silva, Luis Cardoso Rasquin, Alessandro Leite Cavalcanti e José Antonio Poli de Figueiredo**. O título da Tese apresentada foi **Avaliação, *in vitro*, da eficácia de protocolos de irrigação e de agentes desmineralizantes da dentina na limpeza do terço apical do canal radicular de humanos e análise da extrusão de detritos**. Ao final dos trabalhos, os membros da mencionada Comissão Examinadora emitiram os seguintes pareceres:

Prof. Dr. Roberto Paulo Correia de Araújo

 - Aprovado

Prof. Dr. Silvio José Albergaria da Silva



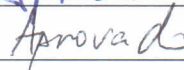
Prof. Dr. Luis Cardoso Rasquin



Prof. Dr. Alessandro Leite Cavalcanti



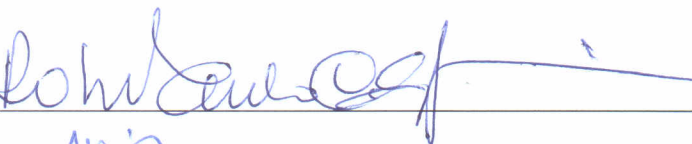
Prof. Dr. José Antonio Poli de Figueiredo



Franqueada a palavra, como não houve quem desejasse fazer uso da mesma lavrou-se a presente ata que após lida e aprovada, foi assinada por todos.

Salvador, Bahia, 22 de novembro de 2016

Prof. Dr. Roberto Paulo Correia de Araújo



Prof. Dr. Silvio José Albergaria da Silva



Prof. Dr. Luis Cardoso Rasquin



Prof. Dr. Alessandro Leite Cavalcanti



Prof. Dr. José Antonio Poli de Figueiredo



## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por mais uma oportunidade de aprendizado.

A meu marido, minha mãe e minha irmã, pelo apoio incondicional durante toda esta caminhada.

Ao meu orientador, Professor Roberto Paulo Correia de Araújo, por sua dedicação à docência, orientação segura, acolhimento, disponibilidade, otimismo e valiosos aconselhamentos.

À equipe do Laboratório de Bioquímica Oral do Instituto de Ciências da Saúde da Universidade Federal da Bahia, em especial à Professora Elisângela de Jesus Campos, por sua atenção, carinho, generosidade e disponibilidade.

Ao Professor Carlos Maurício Cardeal, pela análise estatística e preciosas observações.

À Professora Maria de Fátima Malvar e ao Professor Sílvio Albergaria, por terem despertado em mim, ainda durante o curso de graduação em Odontologia, a paixão pela Endodontia, minha admiração, respeito e eterna gratidão.

À Universidade Estadual de Feira de Santana, pelo apoio institucional, e aos meus colegas Almiro da Silva Vasconcelos e Celso Emanuel Queiroz pela solidariedade durante a minha ausência.

Ao Instituto Gonçalo Moniz - FIOCRUZ/BA e toda a equipe do Serviço de Microscopia Eletrônica de Varredura, pela generosidade de me permitirem utilizar seus equipamentos.

Aos colegas do Centro de Especialidades Odontológicas da Prefeitura Municipal de Salvador, pelo apoio durante os últimos quatro anos.

À professora Vera Rollemberg, pela cuidadosa revisão deste trabalho.

A todos os que contribuíram, direta ou indiretamente, para a realização deste trabalho.

BENDOCCHI ALVES, Giovanna Bomfim. **Avaliação, *in vitro*, da eficácia de protocolos de irrigação e de agentes desmineralizantes da dentina na limpeza do terço apical do canal radicular de humanos e análise da extrusão de detritos.** 142 f.il. 2016. Tese (Doutorado) - Instituto de Ciências da Saúde, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2016.

## RESUMO

Os métodos de irrigação visam a remover os detritos de dentina e a camada residual do canal radicular sem, no entanto, promover sua extrusão pelo forame apical. Com esse objetivo, diversos protocolos de irrigação têm sido propostos, porém o terço apical do canal radicular permanece como uma área de difícil limpeza. O presente estudo objetivou avaliar, *in vitro*, a eficácia de protocolos de irrigação combinados com agentes desmineralizantes da dentina e métodos de agitação manual e automatizados, em relação ao volume do material extruído pelo forame apical e ao grau de remoção dos detritos e da camada residual procedentes do terço apical do canal radicular. Sessenta e cinco dentes humanos unirradiculares extraídos foram preparados empregando-se o instrumento RECIPROC® 50 e hipoclorito de sódio. Os dentes foram distribuídos, mediante sorteio, em seis grupos experimentais (n=10) e um grupo controle (n=5). No grupo controle, constituído apenas para a microscopia eletrônica de varredura, não foi realizada a irrigação final. Os grupos experimentais foram submetidos a protocolos de irrigação final que associaram o EDTA ou o QMix à irrigação passiva, à agitação manual ou automatizada pelo ultrassom, durante o período de um minuto. O microscópio eletrônico de varredura foi empregado para avaliação da permanência de detritos e da camada residual. Para a quantificação dos detritos e irrigantes extruídos pelo forame apical, seu peso foi mensurado em balança analítica de precisão, e o teor de cálcio nos detritos extruídos foi determinado por colorimetria. A análise estatística foi realizada ao nível de significância de 5%. Para os dados de remoção da camada residual e dos detritos, foram aplicados o teste Exato de Fisher, o teste para comparações múltiplas de Fischer, e o teste do Qui-Quadrado. O coeficiente de Kendall foi empregado avaliação da concordância entre os examinadores quanto aos escores atribuídos. Os dados de extrusão pelo forame apical e da concentração de cálcio no resíduo extruído foram submetidos aos testes de Kruskal-Wallis e de Wilcoxon. Diante dos resultados obtidos, concluiu-se que: nenhum dos protocolos de irrigação empregados foi capaz de remover completamente a camada residual, a 3 mm e a 6 mm do ápice radicular. Os protocolos de irrigação em que a agitação foi empregada, manualmente ou pelo ultrassom, não apresentaram diferenças significativas quanto à remoção da camada residual e de detritos, a 3 mm e a 6 mm do ápice radicular; a remoção de detritos no terço apical foi efetiva, independentemente do emprego de agentes desmineralizantes da dentina ou dos métodos de agitação; os protocolos de irrigação associados ao EDTA a 17% foram mais eficazes na remoção da camada residual, apenas a 3 mm do ápice; a extrusão de resíduos do canal radicular ocorreu de forma semelhante entre os grupos experimentais, independentemente da natureza química dos irrigantes, do tipo de agitação aplicado e das substâncias desmineralizantes da dentina empregadas; constatou-se que a quantidade de cálcio no resíduo sólido extruído pelo forame apical é proporcional ao método de agitação empregado na irrigação do canal radicular.

**Palavras-chave:** Camada de esfregaço. Quelantes. Irrigantes do canal radicular.

BENDOCCHI ALVES, Giovanna Bomfim. **Evaluation, *in vitro*, of the effectiveness of irrigation protocols and dentin desmineralizing agents in cleaning the apical root canal of humans and analysis of debris extrusion.** 142 f.il. 2016.Thesis (Ph.D.) - Institute of Health Sciences, Federal University of Bahia, Salvador, 2016.

## ABSTRACT

Irrigation methods are intended to remove the dentine debris and residual layer of the root canal without, however, promoting its extrusion through the apical foramen. To this end, several irrigation protocols have been proposed, but the apical third of the root canal remains an area difficult to clean. This study aimed to evaluate, *in vitro*, the effectiveness of irrigation protocols combined with dentin demineralizing agents and methods of manual and automated agitation in relation to the volume of extruded material through the apical foramen and the degree of removal of debris and layer residual coming from the apical third of the root canal. Sixty-five human extracted unrooted teeth were prepared employing the instrument 50 RECIPROC<sup>®</sup> and sodium hypochlorite. Teeth were divided by lot, into six groups (n = 10) and a control group (n = 5). In the control group, consisting only for scanning electron microscopy, the final irrigation was not performed. Experimental groups were subjected to final irrigation protocols associating EDTA or QMix<sup>™</sup> to passive irrigation, automated or manual agitation by ultrasound during a period of one minute. Scanning electron microscope was used to evaluate the debris remaining and residual layer. To quantify the debris and irrigation extruded by the apical foramen, its weight was measured in analytical precision scale, and the calcium content of extruded debris was determined by colorimetry. Statistical analysis was performed at a significance level of 5%. For smear layer and debris removal data, Fisher's Exact test, the Fischer's multiple comparison test, and the Chi-Square test were applied. The Kendall coefficient was used to evaluate the agreement between the examiners regarding the assigned scores. Extrusion data by the apical foramen and the calcium concentration in the extruded debris were subjected to the Kruskal-Wallis and Wilcoxon tests. Before the results achieved, it was concluded that: any of the protocols employing irrigation was able to completely remove the residual layer, 3 mm and 6 mm from the apex. Irrigation protocols in which agitation was applied, manually or by ultrasound, showed no significant differences in the removal of the residual layer and debris, 3 mm and 6 mm from the root apex; apical debris removal was effective regardless dentin desmineralizing agents or agitation methods employed; irrigation protocols associated with EDTA 17% were more effective in removing the residual layer just 3 mm from the apex; extrusion of root canal waste was similar among groups, regardless of the chemical nature of the irrigants, the type of applied agitation and dentin demineralizing substances used; it was found that the calcium amount in the solid waste extruded by the apical foramen is proportional to the agitation method applied on root canal irrigation.

Keywords: Smear Layer; Chelating agents; Root Canal Irrigants



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Quadro 1	Distribuição dos grupos experimentais de acordo com o método de agitação e protocolo .....	71
Figura 1	Raiz posicionada na cera .....	67
Figura 2	Superfície externa da raiz impermeabilizada com duas camadas de esmalte	68
Figura 3	Aparato para coleta do conteúdo extruído .....	70
Figura 4	Aparato posicionado no Erlenmeyer .....	70
Figura 5	Pesagem do frasco de coleta do material extruído em balança de precisão	73
Figura 6	Hemiface da raiz com pontos de avaliação demarcados a 3 mm e a 6 mm do ápice radicular .....	74
Figura 7	Porta-amostra (A) e inserção no MEV (B) .....	74
Figura 8	Grupo controle, fotomicrografias da camada residual (1000x): A, B e C, a 3 mm do ápice radicular; D, E, F, a 6 mm do ápice radicular .....	79
Figura 9	Distribuição percentual de escores nos grupos experimentais em função da remoção da camada residual a 3 mm do ápice radicular .....	80
Figura 10	Distribuição percentual de escores nos grupos experimentais em função da remoção da camada residual a 6 mm do ápice radicular .....	83
Figura 11	Fotomicrografias da camada residual a 3 mm do ápice radicular (1000x).....	85
Figura 12	Fotomicrografias da camada residual a 6 mm do ápice radicular (1000x).....	86
Figura 13	Grupo controle, fotomicrografias dos detritos (200x): A, B e C a 3 mm do ápice radicular; D, E, F a 6 mm do ápice radicular .....	87
Figura 14	Distribuição percentual de escores nos grupos controle e experimentais quanto à remoção de detritos a 3 mm do ápice radicular .....	88
Figura 15	Distribuição percentual dos escores nos grupos controle e experimentais quanto à remoção de detritos a 6 mm do ápice radicular .....	90
Figura 16	Fotomicrografias da remoção de detritos a 3 mm do ápice radicular (200x) ...	93
Figura 17	Fotomicrografias da remoção de detritos a 6 mm do ápice radicular (200x) ...	94
Figura 18	<i>Boxplots</i> da quantidade de irrigante EDTA somado aos detritos extruídos pelo forame apical .....	97
Figura 19	<i>Boxplots</i> da quantidade de irrigante QMix™ somado aos detritos extruídos pelo forame apical .....	97
Figura 20	<i>Boxplots</i> da quantidade de detritos extruídos pelo forame apical após a evaporação do irrigante EDTA .....	97
Figura 21	<i>Boxplots</i> da quantidade de detritos extruídos pelo forame apical após a evaporação do irrigante QMix™ .....	97
Figura 22	<i>Boxplots</i> da concentração de cálcio (mg/dL) mensurada no material extruído pelo forame apical	98

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Distribuição dos escores para os grupos experimentais quanto à remoção da camada residual a 3 mm do ápice radicular .....	80
Tabela 2	Comparação entre os grupos experimentais quanto à remoção da camada residual a 3 mm do ápice radicular .....	81
Tabela 3	Distribuição e proporção dos escores para os grupos experimentais quanto aos irrigantes EDTA e QMix™ a 3 mm do ápice radicular .....	82
Tabela 4	Distribuição dos escores para os grupos experimentais quanto à remoção da camada residual a 6 mm do ápice radicular .....	83
Tabela 5	Distribuição e proporção dos escores para os grupos experimentais quanto aos irrigantes EDTA e QMix™ a 6 mm do ápice radicular.....	84
Tabela 6	Distribuição dos escores para os grupos controle e experimentais quanto à remoção de detritos a 3 mm do ápice radicular .....	88
Tabela 7	Distribuição e proporção dos escores para os grupos experimentais quanto à remoção de detritos e quanto aos irrigantes EDTA e QMix™ a 3 mm do ápice radicular .....	89
Tabela 8	Distribuição dos escores para os grupos controle e experimentais quanto à remoção de detritos a 6 mm do ápice radicular .....	90
Tabela 9	Distribuição e proporção dos escores para os grupos experimentais quanto à remoção de detritos e quanto aos irrigantes EDTA e QMix a 6 mm do ápice radicular .....	91
Tabela 10	Peso (g) do irrigante EDTA somado ao dos detritos extruídos pelo forame apical .....	95
Tabela 11	Peso (g) dos detritos extruídos pelo forame apical após a evaporação do irrigante EDTA .....	95
Tabela 12	Peso (g) do irrigante QMix™ somado ao dos detritos extruídos pelo forame apical .....	96
Tabela 13	Peso (g) dos detritos extruídos pelo forame apical após a evaporação do irrigante QMix™ .....	96
Tabela 14	Quantidade de cálcio (mg/dL) determinado no material extruído .....	98
Tabela 15	Valor de “p” originado da comparação entre os grupos experimentais	99

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CRT	Comprimento real de trabalho
dL	Decilitro
EDTA	Ácido etileno diamino tetra-acético (solução aquosa)
IUP	Irrigação ultrassônica passiva, PUI
MDA	Manual dynamic agitation, ativação manual dinâmica
MEV	Microscopia / Microscópio eletrônico de varredura
Mg	Miligrama
mL	Mililitro
MTAD	BioPure™ MTAD®, mistura de isômero de tetraciclina (doxiciclina), um ácido (ácido cítrico) e um detergente (Tween 80)
NaOCl	Hipoclorito de sódio
Nm	Nanômetro
pH	Potencial hidrogeniônico
PUI	Passive ultrasonic irrigation, irrigação ultrassônica passiva
SAF	Self Adjusted File
QMix™	Agente desmineralizante da dentina composto pela associação de EDTA, clorexidina e detergente
Mm	Micrômetro ou micron
#	Número

# SUMÁRIO

1	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	13
2	<b>JUSTIFICATIVA</b> .....	17
3	<b>HIPÓTESES</b> .....	19
4	<b>OBJETIVOS</b> .....	21
4.1	GERAL .....	22
4.2	ESPECÍFICOS .....	22
5	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	23
5.1	DETRITOS E CAMADA RESIDUAL .....	24
5.2	IRRIGAÇÃO DO SISTEMA DE CANAIS RADICULARES .....	27
5.2.1	<b>Métodos de irrigação</b> .....	28
5.2.1.1	<i>Técnicas manuais de agitação</i> .....	28
5.2.1.1.1	<i>Seringa e agulha</i> .....	28
5.2.1.1.2	<i>Limas e cones de guta-percha</i> .....	30
5.2.1.2	<i>Sistemas automatizados de agitação do irrigante - ultrassom</i> .....	31
5.3	SUBSTÂNCIAS IRRIGADORAS .....	32
5.3.1	<b>Hipoclorito de sódio</b> .....	32
5.3.2	<b>EDTA</b> .....	34
5.3.3	<b>Qmix™ 2 in 1®</b> .....	42
5.4	REMOÇÃO DA CAMADA RESIDUAL PELOS MÉTODOS DE AGITAÇÃO DO IRRIGANTE .....	47
5.5.	EXTRUSÃO DE IRRIGANTES E DETRITOS PARA A REGIÃO PERIAPICAL .....	52
5.5.1	<b>Fatores que interferem na extrusão</b> .....	54
5.5.1.1	<i>Tipo de agulha utilizada na irrigação</i> .....	54
5.5.1.2	<i>Fluxo de irrigação e profundidade de penetração da agulha durante a irrigação</i> .....	55
5.5.1.3	<i>Diâmetro da constrição apical e diâmetro do canal</i> .....	58
5.5.1.4	<i>Método de irrigação</i> .....	59

<b>6</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	64
6.1	SELEÇÃO DA AMOSTRA E PREPARO DOS ESPÉCIMES .....	65
6.2	PREPARO DOS CANAIS RADICULARES .....	67
6.3	DISTRIBUIÇÃO DOS ESPÉCIMES NOS GRUPOS EXPERIMENTAIS .....	69
6.4	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL .....	69
<b>6.4.1</b>	<b>Agitação do agente desmineralizante e quantificação dos irrigantes e detritos extruídos pelo forame apical</b> .....	69
<b>6.4.2</b>	<b>Determinação da permanência dos detritos e da camada residual por meio de MEV</b> .....	73
<b>6.4.3</b>	<b>Determinação do teor de cálcio nos detritos extruídos pelo forame apical</b> .....	76
6.5	ANALISE ESTATÍSTICA .....	76
<b>7</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	78
7.1	REMOÇÃO DA CAMADA RESIDUAL E DE DETRITOS .....	79
<b>7.1.1</b>	<b>Remoção da camada residual</b> .....	79
<b>7.1.2</b>	<b>Remoção de detritos</b> .....	87
7.2	EXTRUSÃO PELO FORAME APICAL .....	95
7.3	DETERMINAÇÃO DO TEOR DE CÁLCIO .....	98
<b>8</b>	<b>DISCUSSÃO</b> .....	101
<b>9</b>	<b>CONCLUSÕES</b> .....	123
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	125
	<b>ANEXO A</b> .....	142

# 1 INTRODUÇÃO

A endodontia é responsável pela prevenção ou pelo tratamento da periodontite apical, doença que tem como principal agente etiológico os microrganismos presentes no sistema de canais radiculares (KAKEHASHI; STANLEY; FITZGERALD, 1965; SUNDQVIST, 1976; MOLLER et al., 1981). Assim sendo, a remoção de tecido pulpar, vital ou necrótico, dos microrganismos e suas toxinas do sistema de canais radiculares é essencial para o bom prognóstico do tratamento endodôntico (GU et al., 2009; BASRANI; HAAPASALO, 2012). Esse procedimento é obtido mediante o preparo químico-mecânico do canal radicular, etapa que conjuga a instrumentação mecânica e a irrigação associada ao emprego de substâncias químicas (YOUNG; PARASHOS; MESSER, 2007).

Durante o processo de limpeza e modelagem do canal radicular, a ação dos instrumentos endodônticos sobre a dentina produz uma considerável quantidade de detritos que podem permanecer em áreas de maior complexidade do canal radicular, como os istmos e as reentrâncias, obliterar os túbulos dentinários e permanecer retidos na dentina, sob a forma de uma fina camada, denominada camada residual, ou ser extruídos, particularmente, pelo forame apical (HÜLSMANN; RUMMELIN; SCHAFERS, 1997).

A necessidade de remoção da camada residual foi muito discutida no passado. Alguns defenderam a sua permanência, principalmente em dentes com vitalidade pulpar, nos quais a presença da camada residual atuaria como uma barreira à eventual contaminação bacteriana (DRAKE et al., 1994, GALVAN et al., 1994); outros manifestaram-se a favor da sua remoção, sobretudo nos casos de infecção, pela possibilidade de essa estrutura alojar microrganismos, favorecer a infiltração na obturação do canal radicular ou impedir a atuação, na dentina, de substâncias químicas ou medicamentos intracanaís (MADER; BAUMGARTNER; PETERS, 1984; CAMERON, 1987; MERYON; BROOK, 1990; VIOLICH; CHANDLER, 2010). Atualmente, parece ser consensual a relevância da sua remoção, em decorrência dos resultados de frequentes pesquisas científicas laboratoriais que a apontam como um fator importante no processo de desinfecção e na adaptação dos materiais obturadores à dentina radicular (SHAHRAVAN, 2007; VIOLICH; CHANDLER, 2010; ANDRABI et al., 2012; KAMEL; KATAIA, 2014; MOZO et al., 2014).

A irrigação é uma etapa fundamental para a limpeza do sistema de canais, uma vez que complementa o processo de desinfecção, sobretudo nas áreas em que

a ação mecânica dos instrumentos endodônticos não é efetiva. Existem evidências científicas (BENDOCCHI ALVES, 1997; PAQUÉ et al., 2009, 2010; PAQUÉ; BOESSLER; ZEHNDER, 2011) de que grande parte da dentina permanece intocada pelos instrumentos endodônticos após a instrumentação do canal radicular, o que fica bem evidente nos 4 mm apicais (PAQUÉ et al., 2010).

Os objetivos da irrigação podem ser químicos, mecânicos e biológicos. Os químicos e mecânicos referem-se à capacidade em expulsar detritos, lubrificar o canal, dissolver material orgânico e inorgânico, evitar a formação da camada residual durante a instrumentação, ou dissolvê-la. A função biológica está relacionada com o efeito antimicrobiano do irrigante, mais especificamente, com a capacidade de atuar sobre microrganismos planctônicos ou organizados em biofilme e a inativação de endotoxinas. Além disso, espera-se que o irrigante, quando empregado durante a irrigação, não seja tóxico ou cáustico para os tecidos vitais (BASRANI; HAAPASALO, 2012).

Contrariamente, estudos científicos (ANDRABI et al., 2012; PEREIRA et al., 2012; KAMEL; KATAIA, 2014) demonstram que os métodos de irrigação vigentes não são capazes de remover os detritos e a camada residual de forma homogênea no canal radicular, sendo sua ação mais efetiva nos terços cervical e médio desse canal. No terço apical, sua complexidade anatômica, seu reduzido diâmetro e sua baixa permeabilidade dificultam o contato direto do irrigante com as paredes do canal radicular (JIANG et al., 2010; RIBEIRO et al., 2010).

No intuito de favorecer o contato direto do irrigante e sua ação efetiva em todo o canal radicular, esforços vêm sendo continuamente empreendidos com foco no melhoramento das propriedades do irrigante ou no desenvolvimento de sistemas mais eficazes para seu transporte e sua agitação (GU et al., 2009; BASRANI; HAAPASALO, 2012). O hipoclorito de sódio é amplamente empregado na irrigação do sistema de canais radiculares; entretanto, quando utilizado isoladamente, apresenta limitações para a remoção dos contaminantes do canal radicular, sobretudo para o conteúdo inorgânico (GU et al., 2009). Seu uso associado aos quelantes, como o EDTA, ou aos agentes desmineralizantes é indicado para remoção de detritos e da camada residual, com ação efetiva sobre os componentes orgânicos e inorgânicos (KHEDMAT; SHOKOUHINEJAD, 2008; VIOLICH; CHANDLER, 2010).



O QMix™ é um agente desmineralizante que conjuga em sua composição um quelante, o EDTA, um antimicrobiano, a clorexidina, e um detergente. Este último, que é um surfactante, objetiva diminuir a tensão superficial e facilitar a umectação da substância às paredes do canal radicular. Diversas pesquisas indicam que essa substância, além de apresentar atividade antimicrobiana, é capaz de remover com eficácia a camada residual (STOJICIC et al., 2012; WANG; SHEN; HAAPASALO, 2012; ELIOT et al., 2014; BANODE et al., 2015; GRUNDLING et al., 2015; ZHANG et al., 2015).

A extrusão de detritos e irrigantes para os tecidos periapicais é outro problema inerente aos procedimentos de limpeza e modelagem do canal radicular. Chapman, Collee e Beagrie (1968) foram os primeiros a verificar a expulsão de material infectado do canal radicular durante a instrumentação, sendo consenso que todas as técnicas de instrumentação e irrigação atualmente utilizadas na terapia endodôntica resultam em alguma quantidade de detritos e irrigante além do forame apical. A injúria aos tecidos periapicais bem como o desconforto pós-operatório decorrentes desse extravasamento são altamente indesejáveis (BOUTSIUKIS; PSIMMA; VAN DER SLUIS, 2013; TANALP; GUNGOR, 2014).

A escolha do irrigante e do método de irrigação para o tratamento endodôntico deve estar baseada em dois objetivos principais: a efetividade de limpeza e a capacidade de oferecer menor risco à região apical (HAAPASALO et al., 2010).

Esses aspectos, avaliados em conjunto, justificam o desenvolvimento e a investigação de protocolos de irrigação seguros, no intuito de evitar-se ou minimizar-se o extravasamento de detritos e irrigantes para a região periapical, visando a uma melhor remoção da camada residual e à adequada limpeza do canal radicular, condição que será perpetuada pelo selamento promovido pela obturação do canal.

## **2 JUSTIFICATIVA**

A necessidade de realização de uma limpeza do sistema de canais radiculares de forma eficaz tem resultado em variadas propostas de protocolos de irrigação. Entretanto, o acesso e a manipulação do terço apical do canal radicular são procedimentos que permanecem vulneráveis, por se tratar de uma área anatômica para a qual ainda não se dispõe de uma solução definitiva no tocante a um protocolo de irrigação que assegure a eficácia de limpeza e o mínimo de extrusão de material ao periápice. O desafio da irrigação do terço apical reside no favorecimento efetivo do contato do irrigante em toda a extensão do canal radicular, principalmente nas áreas não atingidas pelo instrumento endodôntico, entendendo-se, dessa forma, a complexidade anatômica e a natureza multifatorial que envolve essa etapa do tratamento. A desinfecção do sistema de canais radiculares, além de depender da eficácia dos medicamentos antibacterianos empregados, deve estar pautada no desenvolvimento de tecnologias amplamente testadas que incluam não só a agitação do irrigante, quanto o aprimoramento das substâncias químicas utilizadas para esse fim. Visando à certificação da limpeza da região apical do canal radicular, é recomendável a opção por protocolos de irrigação que resultem da combinação de métodos capazes de assegurar o efeito benéfico das substâncias químicas de alta tensoatividade contidas nos produtos irrigantes, associados ao processo físico de agitação. São essas as razões motivadoras da proposta em pauta que tem como meta a investigação científica em direção a um protocolo de irrigação seguro e aliado à eficácia do processo de remoção de detritos e de camada residual presentes no terço apical do canal radicular com um mínimo de extravasamento no periápice.

### **3 HIPÓTESES**

1) Existe diferença entre os protocolos de irrigação que empregam agentes desmineralizantes da dentina, associados ou não à agitação, quanto ao grau de remoção da camada residual e dos detritos depositados no terço apical do canal radicular.

2) Os métodos de agitação de irrigantes, manual ou automatizado, aplicados no canal radicular favorecem maior remoção da camada residual e de detritos no terço apical em comparação com os efeitos da irrigação passiva.

3) Os métodos de agitação de irrigantes, manual ou automatizado, aplicados nos canais radiculares, visando à remoção de camada residual e detritos, resultam em maior extrusão foraminal.

4) O agente desmineralizante EDTA a 17% é menos eficaz na remoção da camada residual e dos detritos depositados no terço apical do canal radicular em comparação com a ação do QMix™.

5) O teor de cálcio mensurado nos resíduos extruídos pelo forame apical é maior ao serem empregados protocolos de irrigação que utilizam os métodos de agitação comparados com aqueles que empregam o método de irrigação passiva.

## **4 OBJETIVOS**

#### 4.1 GERAL

Avaliar, *in vitro*, a eficácia de protocolos de irrigação combinados com agentes desmineralizantes da dentina e métodos de agitação manual e automatizados, em relação ao volume do material extruído pelo forame apical e ao grau de remoção de detritos e de camada residual procedentes do terço apical do canal radicular.

#### 4.2 ESPECÍFICOS

- Avaliar, comparativamente, por meio da microscopia eletrônica de varredura, a eficácia na remoção de detritos e de camada residual no terço apical do canal radicular mediante a utilização de protocolos de irrigação constituídos pelos agentes desmineralizantes EDTA e QMix™ associados ao hipoclorito de sódio e ao emprego de agitação manual ou automatizada.
- Determinar, quantitativamente, o volume/peso de irrigantes contendo detritos extruídos pelo forame apical.
- Determinar, quantitativamente, a concentração de cálcio em mg/dL no material extruído pelo forame apical.

## **5 REVISÃO DE LITERATURA**



## 5.1 DETRITOS E CAMADA RESIDUAL

A ação do instrumento endodôntico em paredes de dentina mineralizada durante o preparo químico-mecânico do canal radicular resulta na formação de detritos e de camada residual (HAAPSALO; QUIAN; SHEN, 2012).

Detritos são lascas de dentina, restos pulpare e de tecido necrótico frouxamente ligados à parede do canal radicular (HÜLSMANN, RUMMELIN, SCHAFERS, 1997). Se forem acumulados e obstruírem o canal, favorecem a ocorrência de desvios e perfurações radiculares e, pelo efeito de êmbolo dos instrumentos endodônticos, podem ser forçados para os tecidos perirradiculares, onde atuariam como agentes irritantes (LOPES; SIQUEIRA; ELIAS, 2010).

A camada residual é uma película superficial de detritos retida na dentina e em outras superfícies, derivada da ação mecânica dos instrumentos rotatórios ou manuais nas paredes do canal radicular (AMERICAN ASSOCIATION OF ENDODONTISTS, 2012), inicialmente identificada em um canal radicular instrumentado por McComb e Smith (1975). Geralmente, essa película tem a espessura de 1-2  $\mu\text{m}$  (MADER; BAUMGARTNER; PETERS, 1984), quando examinada ao microscópio eletrônico de varredura (MEV), possui aparência amorfa, irregular e granulosa. Pode se apresentar como duas subcamadas confluentes: uma superficial, de aparência amorfa, irregular e granular; outra constituída de um material com partículas finas que penetram nos túbulos dentinários, contendo mais mineral que a primeira, cuja textura superficial e profundidade são variáveis (até 40  $\mu\text{m}$ ), e se denominam *smear plugs* (MCCOMB; SMITH, 1975; MADER; BAUMGARTNER; PETERS, 1984, VIOLICH; CHANDLER, 2010; HAAPSALO; QUIAN; SHEN, 2012). A compactação nos túbulos dentinários é o resultado da ação de instrumentos na dentina (BRÄNNSTRÖM; NORDENVALL; GLANTZ, 1980; MADER; BAUMGARTNER; PETERS, 1984). A penetração da camada residual nos túbulos dentinários também é resultado de forças adesivas entre os túbulos dentinários e o material, a chamada ação por capilaridade (CENGIZ; AKTENER; PISKIN, 1990).

A camada residual, também denominada lama endodôntica, magma dentinário, barro dentinário ou *smear layer* (LOPES; SIQUEIRA JR.; ELIAS, 2010), constitui-se de dentina mineralizada, pré-dentina, remanescentes pulpare e bactérias e seus produtos (PASHLEY, 1992). Visto que microrganismos e seus

produtos fazem parte dessa camada, é consensual a necessidade de sua remoção (TORABINEJAD et al., 2002; VIOLICH; CHANDLER, 2010; HAAPSALO; QUIAN; SHEN, 2012).

Tanto a camada residual como os detritos podem interferir negativamente no prognóstico do tratamento endodôntico, seja permanecendo em áreas de maior complexidade anatômica, como istmos e reentrâncias do canal radicular, dificultando, assim, a ação química das substâncias empregadas na desinfecção do canal (WANG; SHEN; HAAPASALO, 2013; ZARGAR et al., 2015), seja interferindo na qualidade e na adaptação do material obturador à dentina, seja prejudicando o processo de reparo, quando da sua extrusão pelo forame apical (GU et al., 2009; HAAPSALO; QUIAN; SHEN, 2012; CASTAGNA et al., 2013; TANALP; GUNGOR, 2014).

Para avaliar o resultado da remoção da camada residual na infiltração apical de dentes obturados endodonticamente, Shahravan e outros (2007) realizaram uma revisão sistemática de 26 artigos científicos publicados entre 1975 e 2005 e concluíram que a remoção dessa camada favorece a obtenção de um selamento eficaz do sistema de canais radiculares, independentemente da técnica e do cimento utilizado na obturação.

Em uma revisão da literatura sobre a importância da camada residual para a endodontia, Violich e Chandler (2010) constataram que a sua remoção aumentaria a desinfecção do canal radicular e promoveria uma melhor adaptação dos materiais endodônticos às suas paredes.

Pesquisando-se o efeito da utilização de agentes desmineralizantes na remoção da camada residual e na força de adesão de um cimento obturador endodôntico, observou-se que, nas raízes das quais a camada residual não foi removida, a força de adesão do cimento à dentina foi muito menor do que naquelas em que foi realizada essa remoção (ARANDA-GARCIA et al., 2013a).

Estudos têm demonstrado o impacto negativo da camada residual sobre os irrigantes endodônticos (WANG; SHEN; HAAPASALO, 2013; ZARGAR et al., 2015).

Em uma avaliação da efetividade da clorexidina, do hipoclorito de sódio e da iodopovidona em canais infectados por *Candida albicans* e *Actinomyces israelii*, os canais contaminados foram expostos aos irrigantes por 5, 30 e 60 minutos, na ausência e na presença da camada residual, concluindo-se que a presença dessa

camada diminuiu a eficácia antibacteriana dos irrigantes testados (ZARGAR et al., 2015).

Wang, Shen e Haapasalo (2013) também observaram que a presença da camada residual interferiu na efetividade de irrigantes endodônticos sobre canais infectados por *Enterococcus faecalis* e atribuíram esse efeito a dois diferentes mecanismos: (i) a camada residual simplesmente atua como uma barreira física, impedindo o alcance do irrigante, em uma concentração efetiva, aos túbulos dentinários; (ii) os irrigantes são parcialmente inativados ao penetrarem na referida camada.

Acresce-se a isso a constatação de que a ação mecânica dos instrumentos endodônticos no canal radicular não é uniforme. Os resultados de investigações científicas e, mais recentemente, de estudos em que foi utilizada a microtomografia computadorizada têm demonstrado que algumas áreas do canal radicular permanecem intocadas pelos instrumentos endodônticos após o preparo (PAQUÉ et al., 2009, 2010).

Investigando-se o efeito da instrumentação nas paredes do canal radicular, observou-se que o acúmulo de detritos era particularmente evidente em áreas intocadas pelos instrumentos, como os istmos em molares (PAQUÉ et al., 2009), ou seja, nos locais em que o instrumento endodôntico não atua nas paredes do canal, há o acúmulo de detritos em direção a essas paredes, em extensões ovais ou istmos e reentrâncias, no delta apical e na região apical (WU; WESSELINK, 2001; HÜLSMANN; PETERS; DUMMER, 2005).

O acúmulo de detritos em áreas intocadas ou istmos e anastomoses do canal radicular lhes é particularmente prejudicial se estiverem contaminados por microrganismos (HAAPSALO; QUIAN; SHEN, 2012) que podem se alojar e interferir no processo de reparo, estejam eles confinados ao canal radicular ou extruídos pelo forame para a região apical, onde podem causar reação inflamatória, dano tecidual e *flare-ups* (TANALP; GUNGOR, 2014).

Detritos de dentina que não foram removidos pela instrumentação e pela irrigação podem comprometer o selamento da obturação do canal radicular, em consequência da migração de microrganismos ou substrato microbiano causada pela massa de detritos de dentina acumulados nesses locais (WU; WESSELINK, 2001; WU et al., 2001).

## 5.2 IRRIGAÇÃO DO SISTEMA DE CANAIS RADICULARES

A limpeza do canal radicular é obtida pela remoção mecânica da dentina e de restos pulpaes por meio da instrumentação e da irrigação do canal, a que se associa o emprego de substâncias químicas, etapa denominada desbridamento químico-mecânico.

A irrigação tem como objetivos a destruição dos microrganismos, a remoção da *smear layer* do sistema de canais e de detritos residuais, seja pelo efeito de lavagem mecânica ou por sua dissolução pela ação química dos irrigantes (HAAPSALO; QUIAN; SHEN, 2012). Esses objetivos variam conforme a fase do preparo do canal radicular. Na fase inicial, durante a exploração, a irrigação atua na lubrificação e altera a tensão superficial, permitindo a movimentação do instrumento de cervical para apical. Durante o preparo e alargamento, quando é realizada a instrumentação, a ação do instrumento endodôntico na parede do canal libera raspas de dentina e restos pulpaes, que alteram a viscosidade do irrigante e formam o magma dentinário, que pode ser compactado na região apical pelo “efeito pilão” dos instrumentos utilizados. A função básica do irrigante nesse estágio é a de expulsar esses detritos por meio da frequente injeção do irrigante. Para maior eficácia, o ideal é que esse irrigante seja dispensado o mais apical possível. Além disso, durante toda a fase de preparo, a irrigação tem a função de dissolver e desestruturar tecidos orgânicos, biofilme microbiano e toxinas dos sistemas de canais radiculares (GULABIVALA; GILBERTSON; EAMES, 2010).

O terço apical é uma área de grande complexidade anatômica e de difícil ação dos instrumentos e substâncias irrigadoras. Existem nesse terço uma grande parte de canais laterais, anastomoses e deltas apicais, daí a importância do desbridamento efetivo (VERTUCCI, 1984). Uma grande parte do canal permanece não instrumentada, especialmente nos 4 mm apicais, o que reforça a necessidade de o irrigante atingir o comprimento total do canal radicular para que tenha atuação efetiva sobre o biofilme bacteriano e promova a remoção de detritos (PAQUÉ et al., 2010).

Diversos fatores podem influir na eficácia dos métodos de irrigação, sobretudo na região apical: a anatomia, a dimensão e o comprimento do canal radicular, o diâmetro apical, o volume do irrigante, o tempo de irrigação, o tipo e a profundidade de penetração da agulha de irrigação e o efeito *vapor lock* (USMAN;

BAUMGARTNER; MARSHALL, 2004; VAN DER SLUIS et al., 2007; GU et al., 2009; PARK; SHEN; HAAPASALO, 2012).

### **5.2.1 Métodos de irrigação**

Diversos sistemas de irrigação e substâncias irrigadoras têm sido preconizados visando a uma efetiva limpeza e desinfecção do sistema de canais radiculares. Esses sistemas são distribuídos em duas categorias, de acordo com o tipo de agitação do irrigante: as técnicas manuais de agitação e os sistemas automatizados de agitação (GU et al., 2009).

#### *5.2.1.1 Técnicas manuais de agitação*

Dentre as técnicas de agitação do irrigante no canal radicular, a agitação manual é a mais simples e pode ser executada por meio da movimentação vertical de um instrumento no canal após o seu preenchimento com uma substância química. Nessa técnica são empregados: lima endodôntica, pequenas escovas (NaviTip FX<sup>®</sup>, Endobrush<sup>®</sup>), cone de guta-percha no comprimento real de trabalho, técnica denominada agitação manual dinâmica (MDA), ou as próprias seringa e agulha utilizadas na irrigação. Normalmente, a ativação é realizada com movimentos de penetração e tração, com 2-3 mm de amplitude (MALVAR et al., 2003; GU et al., 2009; PARK; SHEN; HAAPASALO, 2012; PLOTINO et al., 2016).

##### *5.2.1.1.1 Seringa e agulha*

A irrigação convencional, constituída de seringas associadas a agulhas, é amplamente utilizada na endodontia e tem-se mostrado eficiente para a limpeza do canal radicular (VAN DER SLUIS et al., 2006; GU et al., 2009). Nesse método, o irrigante é dispensado no canal radicular por meio de cânulas e agulhas de diversos tipos e diâmetros, passivamente ou sob agitação, pelo movimento de penetração e tração do conjunto seringa-agulha (GU et al., 2009).

A eficácia da irrigação convencional consiste em dois componentes: o mecânico ou efeito de lavagem, importante para a remoção de tecido pulpar, microrganismos e detritos; e o químico, que confere a dissolução tecidual e as

propriedades antimicrobianas (VAN DER SLUIS et al., 2007). Essas ações são influenciadas por vários fatores como o tipo e o diâmetro da agulha empregada, o diâmetro do canal e a profundidade de penetração da agulha (PARK; SHEN; HAAPASALO, 2012).

Os sistemas de irrigação são responsáveis pelo bombeamento da substância irrigadora no canal. Na irrigação convencional, a energia é transferida ao irrigante pela força exercida pelo operador no êmbolo da seringa que, associada a características da agulha, determina o fluxo do irrigante. A agulha deve ser movida livremente no canal radicular para permitir o refluxo do irrigante, removendo os detritos pelo terço coronário e impedindo a extrusão do irrigante pelo ápice radicular, o que causaria grave reação tecidual no periápice (VAN DER SLUIS et al., 2007; GU et al., 2009; PARK; SHEN; HAAPASALO, 2012).

A utilização de seringas e agulhas tem como vantagem o controle da profundidade de penetração da agulha e do volume do irrigante dispensado (VAN DER SLUIS et al., 2006). Por outro lado, a ação de lavagem mecânica e remoção de detritos proporcionada pela irrigação convencional é relativamente fraca (GU et al., 2009) em vista do baixo fluxo do irrigante atingido por esse método (VAN DER SLUIS, 2007). Para uma irrigação efetiva, o irrigante deve ser dispensado em contato direto com a superfície do canal, principalmente no terço apical de canais com diâmetros reduzidos (ZEHNDER, 2006).

Ram (1977) observou que o alcance do irrigante é de apenas 1 mm além da posição da agulha no canal. Estudos computacionais sobre a dinâmica dos fluidos no canal radicular têm demonstrado que, ao término da agulha, forma-se um platô de estagnação do irrigante que limita seu efeito a poucos milímetros além da posição da agulha (ZEHNDER, 2006; GULABIVALA; GILBERTSON; EAMES, 2010; PARK; SHEN; HAAPASALO, 2012).

A eficácia da ação desse método poderia ser melhorada com o aumento da profundidade da agulha e o emprego de agulhas de calibres menores. Para uma maior efetividade do método, os protocolos de irrigação atuais recomendam a utilização de agulhas de pequeno diâmetro, posicionadas a 1 mm do ápice ou, no mínimo, no terço apical do canal radicular (ZEHNDER, 2006; BOUTSIUKIS et al., 2010a, 2010b). Entretanto, quanto mais próxima do término do canal radicular a agulha é posicionada, maior a chance de extrusão do irrigante para a região apical

e, conseqüentemente, menor a segurança do método (SELTZER; NAIDORF, 1985; GU et al., 2009).

#### 5.2.1.1.2 *Limas e cones de guta-percha*

A efetividade da irrigação está relacionada com a capacidade de a substância irrigadora atingir toda a extensão do canal radicular, favorecendo, dessa forma, seu contato direto com as paredes do canal (ZEHNDER, 2006). No terço apical, além das dificuldades impostas pela complexidade anatômica e pelo diâmetro reduzido, a formação e o posicionamento de bolhas de ar nas proximidades do forame, o denominado efeito *vapor lock*, impedem a penetração da substância irrigadora nas áreas mais profundas do canal (TAY et al., 2010; VERA et al., 2012; BOUTSIUKIS; PSIMMA; VAN DER SLUIS, 2013). Desse modo, preconiza-se a ativação manual do irrigante por meio de limas endodônticas ou cones de guta-percha, no intuito de favorecer o contato do irrigante com as paredes do canal radicular (CECIC; PETERS; GROWER, 1984; MALVAR et al., 2003; MCGILL et al., 2008; ANDRABI et al., 2013; ZART et al., 2014).

Estudos *in vitro* têm demonstrado que a agitação manual vertical de um cone de guta-percha ou de uma lima endodôntica, em associação com o irrigante, em movimentos de pequena amplitude, entre 2-3 mm, promove um efeito hidrodinâmico favorável à melhor ação do irrigante nas paredes do canal radicular (CECIC; PETERS; GROWER, 1984; MCGILL et al., 2008; GU et al., 2009; CARON et al., 2010; ANDRABI et al., 2013, 2014). McGill e outros (2008) constataram, *ex vivo*, que a ativação de um cone de guta-percha, na técnica conhecida como ativação manual dinâmica (MDA), foi mais eficaz do que a irrigação passiva e do que o RinsEndo® na remoção de um filme de colágeno biomolecular. Quando comparada com outros métodos de ativação do irrigante, quanto à remoção da camada residual, os resultados do estudo de Andrabi e outros (2014) indicaram um comportamento similar à ativação ultrassônica e superior à irrigação passiva. Caron e outros (2010) demonstraram uma maior efetividade dessa técnica na remoção da camada residual do terço apical do canal radicular quando comparada com o uso do RinsEndo® e da irrigação passiva.

Os resultados positivos da ativação manual dinâmica são atribuídos aos movimentos de penetração e tração do instrumento no canal radicular. A alta

frequência do movimento (100 movimentos/30s) propicia uma maior turbulência; durante o movimento de penetração, são geradas mudanças na pressão intracanal implicando uma maior dispersão do irrigante para as áreas não tocadas do canal, o que, provavelmente, favorece a mistura do irrigante já dispensado no canal radicular com aquele que é repostado (McGILL et al., 2008; GU et al., 2009).

As vantagens dessa técnica são a simplicidade e o baixo custo (GU et al. 2009; ANDRABI et al., 2013, 2014), entretanto, “a natureza trabalhosa deste procedimento, ativado manualmente, ainda dificulta a sua aplicação na prática clínica de rotina” (GU et al., 2009, p. 793).

#### *5.2.1.2 Sistemas automatizados de agitação do irrigante - ultrassom*

Diversos sistemas de irrigação automatizados estão presentes no arsenal endodôntico: escovas e limas plásticas associadas à peça de mão rotatória (Canal Brush™, F-file™, EasyClean®), ativação sônica, irrigação contínua durante a instrumentação (SAF™, ENAC™) e ativação por ultrassom (GU et al., 2009).

Os aparelhos de ultrassom foram introduzidos na endodontia por Richman em 1957. Embora não tenham se mostrado efetivos na instrumentação do canal radicular, têm eficácia comprovada na irrigação do sistema de canais radiculares. Existe a possibilidade de serem utilizados de duas maneiras: com irrigação simultânea à instrumentação do canal radicular ou sem a instrumentação do canal radicular, a denominada irrigação ultrassônica passiva (IUP) (VAN DER SLUIS et al., 2007; GU et al., 2009).

Weller e outros foram os primeiros a descrever, em 1980, a irrigação ultrassônica passiva (IUP) associando o termo “passiva” à ação não cortante da lima quando ativada pelo ultrassom nesse método de irrigação (VAN DER SLUIS et al., 2007; GU et al., 2009; MOZO et al., 2012).

Nessa técnica, a energia é transmitida por meio de ondas ultrassônicas que promovem dois fenômenos físicos: fluxo acústico e cavitação. O fluxo acústico é resultado de um rápido movimento do fluido em forma circular ou vórtice, em torno de uma lima vibratória. A cavitação é a criação de bolhas de vapor ou a expansão, contração e/ou distorção de bolhas pré-existentes em um líquido, nesse caso, o irrigante (MOZO et al., 2012).



Após a instrumentação, o canal radicular é preenchido com o irrigante, e uma lima endodôntica de pequeno diâmetro ou inserto próprio para IUP é introduzida profundamente no canal e vibrada pelo ultrassom, favorecendo, dessa forma, a limpeza e a penetração do irrigante na parte mais apical do canal radicular (VAN DER SLUIS, 2007). Diversos estudos conferem superioridade à IUP, em comparação com a irrigação convencional para a remoção de remanescentes pulpares, microrganismos e detritos do canal radicular (LEE et al., 2004; VAN DER SLUIS, 2007; BLANK-GONÇALVES et al., 2011).

Em relação à remoção da camada residual, os resultados das investigações são controversos (VAN DER SLOUIS, 2007), principalmente quando se investiga o terço apical do canal radicular. Em alguns estudos, a IUP é apontada como superior à irrigação convencional (LEE et al., 2004; VAN DER SLUIS, 2007; BLANK-GONÇALVES et al., 2011) e, em outros, os dois métodos são considerados semelhantes quanto à remoção dessa camada (MAYER et al., 2002; RÖDIG et al., 2010; SABER; HASHEM, 2011; CASTAGNA et al., 2013).

### 5.3 SUBSTÂNCIAS IRRIGADORAS

O emprego de substâncias químicas durante a irrigação é essencial no desbridamento do sistema de canais radiculares.

Um irrigante ideal deve ser um antimicrobiano de amplo espectro, capaz de atuar sobre microrganismos aeróbios e facultativos organizados em biofilme e de dissolver remanescentes de tecido pulpar, inativar endotoxinas, prevenir a formação da camada residual durante a instrumentação, ou removê-la, se formada. Além disso, em contato com tecidos vitais, deve ser atóxico, não cáustico para os tecidos periapicais e não deve causar reações anafiláticas (ZEHNDER, 2006).

Apesar dos esforços para se descobrir o irrigante que apresente todas essas propriedades, ele ainda não existe. Assim sendo, faz-se necessária a utilização de mais de uma substância irrigante para a limpeza do canal radicular (ZEHNDER, 2006; DUTNER; MINER; ANDERSON, 2012).

#### 5.3.1 Hipoclorito de sódio

O hipoclorito de sódio (NaOCl), substância química de amplo uso na endodontia contemporânea para irrigação do sistema de canais radiculares, foi utilizado pela primeira vez em 1789, na França. Obtido pela passagem de gás clorídrico no carbonato de sódio, recebeu a denominação de *eau de Javelle* — água de Javelle —, uma solução fraca de hipoclorito de sódio. Inicialmente, as soluções de hipoclorito de sódio eram utilizadas como agentes clareadores. A substância foi aceita como desinfetante no século 19, durante a 1ª Guerra Mundial, quando Henry Drysdale Dakin empregou uma solução tamponada de hipoclorito de sódio a 0,5% para desinfecção de feridas infectadas (ZEHNDER, 2006; BASRANI; HAAPASALO, 2012). Em 1917, Barret difundiu o uso da solução de Dakin para irrigação de canais radiculares e apontou a eficiência dessa solução como antisséptico. Coolidge, em 1919, também empregou o hipoclorito de sódio para melhorar o processo de limpeza e de desinfecção do canal radicular (ESTRELA, 2000). Walker (1936) indicou a utilização do hipoclorito de sódio a 5% (soda clorada) para o preparo de canais radiculares de dentes com polpas necrosadas.

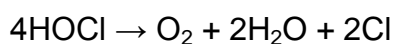
A grande aceitação do hipoclorito de sódio para irrigação do canal radicular se deve às suas propriedades de oxidação, dissolução de matéria orgânica, inativação de endotoxinas e ao seu poder antimicrobiano (VAN DER SLUIS, 2007), sendo esse o único irrigante endodôntico capaz de dissolver tecido orgânico vital e necrosado. Já se disse que “É difícil imaginar uma irrigação do canal radicular bem-sucedida sem a utilização do hipoclorito” (HAAPASALO et al., 2010, p. 293).

O mecanismo de ação do NaOCl ocorre pelas seguintes reações:

a) a solução de hipoclorito de sódio exibe um equilíbrio dinâmico na equação



b) o ácido hipocloroso sofre decomposição pela ação do ar, do calor e da luz, liberando cloro livre e oxigênio nascente



c) o hidróxido de sódio (NaOH) formado é um potente solvente orgânico e de gordura, provocando reação de saponificação. Já o ácido hipocloroso (HOCl), além de ser um solvente orgânico, é um excelente agente antimicrobiano por liberar cloro nascente que se combina com o grupo amina das proteínas, formando as cloraminas, e, dessa forma, oxida e hidrolisa as proteínas celulares, sob a influência do pH da solução. Em meio ácido ou neutro, predomina a forma ácida não dissociada, mais instável e ativa, e, em meio alcalino, prevalece a forma iônica

dissociada, estável e menos ativa (ESTRELA; FIGUEIREDO, 1999, LOPES; SIQUEIRA JR; ELIAS, 2010 ).

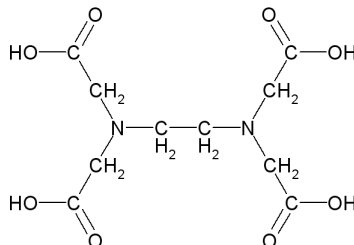
A concentração ideal para emprego do hipoclorito de sódio na desinfecção dos canais radiculares é muito controversa (ZEHNDER, 2006), sendo utilizado na endodontia em concentrações que variam entre 0,5% e 6% (HAAPASALO et al., 2010).

A capacidade das soluções irrigadoras para remoção da camada residual tem sido extensivamente estudada. Devido à composição orgânica e inorgânica dessa camada, um único irrigante não é capaz de removê-la, inclusive o NaOCl, que afeta, apenas, sua parte orgânica (HAAPASALO et al., 2012). Assim sendo, o protocolo de utilização do hipoclorito é associado a um quelante, o EDTA ou ácido cítrico, que atua na parte inorgânica da camada residual (ZEHNDER, 2006; HAAPASALO et al., 2012).

A efetividade de ação do NaOCl no sistema de canais radiculares está condicionada à sua concentração, ao tempo de atuação, ao volume da substância irrigadora, à anatomia do canal radicular, à agitação e à presença de matéria orgânica, como exsudato inflamatório e remanescentes pulpares (BASRANI; HAAPASALO, 2012).

### 5.3.2 EDTA

Nygaard-Östby (1957 apud HÜLSMANN; HECKENDORFF; LENNON, 2003) indicou, para a instrumentação de canais atresiadados, o EDTA (ácido etileno diaminotetra-acético), substância que possui a fórmula molecular  $C_{10}H_{16}N_2O_8$  e a seguinte fórmula estrutural plana:



Sob a forma salina, apresenta propriedade quelante por sua habilidade de “sequestrar” íons metálicos, a exemplo do  $\text{Ca}^{2+}$ , de um complexo molecular (LOPES; SIQUEIRA JR; ELIAS, 2010).

A quelação é um fenômeno físico-químico pelo qual um íon metálico é incorporado em uma cadeia fechada heterocíclica por meio da partilha de elétrons em uniões coordenadas e o composto resultante dessa combinação é denominado quelato (LOPES; SIQUEIRA JR; ELIAS, 2010).

A desmineralização da dentina ocorre por quelação. Quando o canal radicular é irrigado com o EDTA, há uma solubilização inicial da dentina em uma quantidade muito pequena de moléculas de fosfato de cálcio. O EDTA “sequestra”, ou seja, incorpora o cálcio por meio de ligações bivalentes com o oxigênio existente em sua estrutura, fechando-o em uma cadeia heterocíclica e originando o quelato de cálcio. Dessa forma, ocorre uma quebra da constante de solubilidade (K) da dentina que, na tentativa de suprir a falta de cálcio e restabelecer essa constante (K), volta a solubilizar-se, liberando novos íons  $\text{Ca}^{++}$ , que são novamente incorporados às moléculas do EDTA. O mecanismo de descalcificação da dentina é interrompido pela saturação do quelante e interrupção dessa reação química. (LOPES; SIQUEIRA JR; ELIAS, 2010; MALVAR, 2013).

Os quelantes, como o EDTA, têm pouco ou nenhum efeito sobre o material orgânico e, quando utilizados isoladamente, não apresentam atividade antibacteriana. Assim, o EDTA é comumente empregado na concentração de 17% na forma líquida ou em gel, por alguns minutos, após a utilização do hipoclorito de sódio ao final da instrumentação. A remoção da camada residual pelo EDTA favorece o efeito antibacteriano de agentes desinfetantes utilizados localmente nas camadas profundas da dentina (HAAPASALO et al., 2010).

Não existe consenso em relação ao tempo necessário de atuação do EDTA para remoção da camada residual. Os resultados das investigações científicas indicam entre 30 segundos e 15 minutos (ÇALT; SERPER, 2002; TEIXEIRA; FELIPPE, M.; FELIPPE, W., 2005; LOPES; SIQUEIRA JR.; ELIAS, 2010; BASRANI; HAAPSALO, 2012; HAAPASALO et al., 2012). Existem evidências de que tempos superiores a um minuto não aumentam a efetividade do EDTA quanto à remoção da camada residual (TEIXEIRA; FELIPPE, M.; FELIPPE, W., 2005; KUAH et al., 2009).

Em uma investigação para testar-se o efeito do EDTA nas concentrações de 3%, 5%, 10% e 17%, empregado no tempo de um e três minutos para remoção da

camada de magma dentinário, os dentes utilizados foram instrumentados, submetidos ao EDTA em diferentes concentrações e agitados pelo tempo determinado para cada grupo por uma lima de diâmetro 0,15 mm. Os resultados indicaram que o terço apical apresentou grau de limpeza inferior aos terços cervical e médio, e as soluções de EDTA a 10% e 17% foram mais eficazes, independentemente dos tempos de aplicação, concluindo-se que a eficácia do EDTA não se altera com o aumento do tempo de aplicação (MALVAR et al., 2009).

Por meio da microscopia eletrônica de varredura avaliou-se o efeito do tempo de irrigação com o hipoclorito de sódio e com o EDTA na remoção da camada residual do canal radicular, utilizando-se 21 caninos humanos. Após preparo do canal, 18 dentes foram distribuídos em três grupos experimentais e os 3 dentes restantes serviram como grupo controle. Os grupos experimentais foram irrigados com 3 mL de EDTA a 15% e 3 mL de solução de hipoclorito de sódio a 1%. No grupo 1, a irrigação foi realizada por um minuto para cada substância; no grupo 2, por três minutos; e no grupo 3, por cinco minutos. O grupo controle, grupo 4, não foi submetido à irrigação final. Escores de limpeza foram aplicados para análise da remoção da camada residual nos três terços do canal radicular. A camada residual foi removida nos três grupos nos terços cervical e médio. No terço apical, as raízes apresentaram-se parcialmente cobertas pela camada residual, especialmente no grupo 1. O tempo de aplicação não influenciou a limpeza do canal, e os grupos apresentaram resultados semelhantes quanto à remoção da camada residual (TEIXEIRA; FELIPPE, M.; FELIPPE, W., 2005)

McComb e Smith (1975) inferiram que o EDTA apresentava especial habilidade de limpeza, ao constatar, em seu estudo, que a superfície do canal instrumentado se apresentava livre de resíduos.

A partir dessas observações, numerosos trabalhos foram desenvolvidos, com a utilização de várias soluções irrigadoras para remover a camada de magma dentinário (MALVAR, 2013).

Em investigação sobre o efeito do EDTA a 17%, BioPure MTAD™ e ácido cítrico a 42% na remoção da camada residual do terço apical dos canais radiculares, 96 dentes humanos, unirradiculares, tiveram seus canais preparados por instrumentos de níquel titânio (Sistema GT®) até o diâmetro 30.04 e foram, distribuídos, aleatoriamente, em quatro grupos (n=24) de acordo com a substância empregada na irrigação final. A irrigação foi realizada com seringa e agulha 30G

posicionada entre 1-2 mm do comprimento real de trabalho. Foi dispensado 1 mL de cada substância durante três minutos, seguindo-se a irrigação de 3 mL de NaOCl a 5,25%. O grupo controle foi submetido ao mesmo protocolo dos grupos experimentais, empregando-se apenas o NaOCl a 5,25%. A avaliação da remoção da camada residual foi realizada por meio da microscopia eletrônica de varredura a 2 mm do forame apical, com a aplicação de escores graduados. Após avaliação estatística, os resultados indicaram não haver diferenças significativas entre as substâncias dos grupos teste quanto à remoção da camada residual. O EDTA e o BioPure MTAD™ foram significativamente superiores ao NaOCl, aplicado ao grupo controle, concluindo-se que nenhuma substância empregada foi capaz de limpar ou remover completamente a camada residual do terço apical dos canais radiculares (MANCINI et al., 2009).

Adigüzel e outros (2011) compararam o EDTA e o MTAD™ quanto à capacidade de remoção da camada residual, utilizados em associação ao NaOCl a 1,3% e à SAF, em um sistema fechado. Quarenta e cinco incisivos superiores foram distribuídos em dois grupos experimentais. No grupo 1 (n=20), a SAF foi utilizada com irrigação contínua de NaOCl por dois minutos, seguindo-se mais dois minutos com EDTA a 17%. No grupo 2 (n=20), foi empregado o mesmo protocolo, substituindo-se o EDTA a 17% pelo MTAD™. As raízes foram avaliadas em MEV, aplicando-se uma escala gradual de cinco escores para a remoção de detritos e da camada residual. No grupo em que o EDTA foi empregado, os terços coronário, médio e apical apresentaram-se livres de detritos em 95%, 90% e 85%, e livres da camada residual em 85%, 60% e 50%, respectivamente. O grupo do MTAD™ apresentou um percentual de limpeza para detritos nos terços cervical, médio e apical de 95%, 90% e 95% e para a camada residual de 85%, 70% e 60%, respectivamente. Não foram encontradas diferenças significativas entre os dois irrigantes quanto à limpeza do canal radicular, e concluiu-se que os protocolos de irrigação, quando associados à SAF, foram efetivos no desbridamento dos terços do canal radicular, inclusive no terço apical.

Com o objetivo de comparar-se a capacidade do EDTA a 17% com a do Biopure MTAD™ de remover a camada residual no terço apical do canal radicular, 25 dentes unirradiculares foram preparados por instrumentos manuais associados ao NaOCl a 1% e distribuídos, aleatoriamente, segundo o protocolo de irrigação: o grupo controle foi irrigado apenas com o NaOCl durante a instrumentação; o grupo 1

foi irrigado com 10mL de EDTA e 10 mL de NaOCl a 1%; e, no grupo 2,5 mL de MTAD™ foram empregados de acordo com as orientações do fabricante. Uma das faces da raiz foi avaliada em MEV, e a remoção da camada residual foi classificada em uma escala de quatro escores. Embora nenhuma das substâncias testadas tenha sido eficaz na remoção dessa camada no terço apical do canal radicular, a associação EDTA a 17%/NaOCl a 1% mostrou maior eficácia quando comparada com o MTAD™, particularmente a 6 mm a partir do forame apical (MALVAR et al., 2015).

O efeito da agitação ultrassônica e a adição de surfactantes na capacidade de remoção da camada residual e detritos pelo EDTA foram investigados por Lui, Kuah e Chen (2007), utilizando-se 75 pré-molares, com curvatura inferior a 30 graus, instrumentados pelo sistema Profile® e lima manual diâmetro 40 associados ao NaOCl a 1%. Os dentes foram distribuídos em cinco grupos para emprego do protocolo de irrigação final: o grupo A foi irrigado com 5 mL de hipoclorito de sódio a 1% por um minuto, seguido de 5 mL de NaOCl a 1%; o grupo B foi irrigado com 5 mL de EDTA a 17% por um minuto seguido de 5 mL de NaOCl a 1%; o grupo C teve protocolo igual ao do grupo B, exceto pela agitação do EDTA pelo ultrassom; o grupo D foi irrigado por 5 mL de SmearClear™, que é o EDTA associado a um surfactante, seguido de 5 mL de NaOCl a 1%; no grupo E, utilizou-se o mesmo protocolo do grupo D, exceto pela agitação de SmearClear™ por um minuto. Após a irrigação, os 2 mm e os 6 mm apicais dos canais radiculares foram avaliados pela MEV a partir de uma escala de remoção de camada residual e de detritos constituída por três escores. A análise estatística demonstrou que os grupos D e E não foram superiores aos grupos B e C e que o grupo C se comportou melhor que o grupo B, o que permitiu concluir que a adição de surfactantes ao EDTA não promoveu uma melhor remoção da camada residual e que o emprego do ultrassom no EDTA a 17% favoreceu essa remoção.

Com a utilização da MEV, avaliou-se o efeito do EDTA associado ou não à agitação ultrassônica na remoção da camada residual do terço apical do canal radicular. Cento e cinco pré-molares humanos foram instrumentados até o diâmetro apical de 0,40 mm e distribuídos, aleatoriamente, em sete grupos a que se aplicaram diferentes protocolos de irrigação. No grupo A, o ultrassom foi associado à solução salina, por três minutos; nos grupos B e C, o NaOCl a 1% foi empregado sem e com o ultrassom por três minutos, respectivamente; nos grupos D e E, empregou-se o

EDTA a 17%; no D, apenas o EDTA; no E, o EDTA associado ao ultrassom durante três minutos; nos grupos F e G, o EDTA foi utilizado durante um minuto, no grupo G, com ativação ultrassônica. As avaliações em MEV foram realizadas a 2 mm e a 6 mm de distância do forame apical, e aplicados escores para medir-se a permanência da camada residual e de detritos. Os resultados indicaram uma superioridade na remoção de detritos e camada residual dos grupos nos quais o EDTA foi associado ao ultrassom, não se registrando diferenças entre os tempos de utilização nesses grupos. Concluiu-se que o uso combinado do EDTA com o ultrassom durante um minuto foi eficaz na remoção de detritos e da camada residual no terço apical do canal radicular (KUAH et al., 2009).

O EDTA a 17% e o SmearClear™ associados ou não à técnica de agitação manual dinâmica foram comparados quanto à capacidade de remoção da camada residual (ANDRABI et al., 2013). Cinquenta dentes humanos unirradiculares recém-extraídos foram preparados pelo sistema ProTaper® associado ao NaOCl a 3%, até o instrumento F3 e distribuídos em cinco grupos, segundo o protocolo de irrigação empregado. O tempo total de irrigação foi de três minutos. No grupo A ou controle negativo, 5 mL de NaOCl a 3% foram empregados na irrigação convencional; no grupo B, os dentes foram irrigados com 5 mL de EDTA a 17%; no grupo C, com 1 mL de EDTA a 17% e agitação manual dinâmica de um cone de guta-percha F3 por dois minutos, mais irrigação com 4 mL de EDTA a 17% por um minuto; 5 mL de SmearClear™ foram empregados pela irrigação convencional no grupo D; e no grupo E, 1 mL de SmearClear™ foi associado à agitação pela técnica manual dinâmica por 2 min e irrigação com 4 mL de SmearClear™ durante um minuto. As raízes foram avaliadas por meio da microscopia eletrônica de varredura, e as áreas representativas dos terços cervical, médio e apical foram classificadas em uma escala constituída por três escores. O terço apical dos grupos nos quais foi realizada a agitação manual dinâmica apresentaram-se significativamente mais limpos do que nos grupos nos quais foi realizada apenas a irrigação.

Perez de Arce, Rodríguez e Echeverri (2014) investigaram o efeito da agitação sônica e ultrassônica do EDTA na remoção da camada residual do terço apical do canal radicular em quarenta dentes humanos distribuídos, aleatoriamente, em quatro grupos. O grupo I foi irrigado com 9 mL de água destilada durante a instrumentação (controle negativo); o grupo II, com 9 mL de NaOCl a 5,25% durante a instrumentação, seguidos de 1 mL de EDTA a 10% por 30 segundos (controle



positivo); no grupo III, a irrigação foi feita com 9 mL de NaOCl a 5,25% durante a instrumentação, seguindo-se a irrigação final com 1 mL de EDTA a 10% e ativação sônica por 30 segundos; no grupo IV, empregou-se o mesmo protocolo do grupo III, exceto pelo uso do ultrassom para agitação. Os canais radiculares foram analisados em MEV quanto à remoção da camada residual e às áreas mais representativas foram atribuídos escores de limpeza. O grupo I demonstrou a menor limpeza, com maior quantidade de camada residual. Comparados os outros três grupos, não houve diferença significativa entre eles, com semelhante efeito sobre a camada residual, constatando-se que a ativação sônica e ultrassônica do EDTA a 10% não teve efeito significativo na remoção da camada residual.

Vários estudos (HENNEQUIN; PAJOT; AVIGNANT, 1994; DOĞAN; ÇALT, 2001; ARI; ERDEMIR, 2005; SAYIN et al., 2007; COBANKARA; ERDOGAN; HAMURCI, 2011; ARANDA-GARCIA et al., 2013b) demonstraram que substâncias químicas utilizadas na irrigação do canal radicular, entre elas o EDTA, são capazes de provocar alterações na composição química da dentina. Qualquer alteração na relação de cálcio pode alterar a proporção original dos componentes orgânicos e inorgânicos, o que, por sua vez, altera a dureza, a permeabilidade e as características de solubilidade da dentina, além de afetar as propriedades de adesão e resistência à infiltração de alguns materiais dentários, tais como cimentos obturadores do canal radicular à base de resina (PERDIGÃO et al., 2001; GARCIA-GODOY et al., 2005; ARANDA-GARCIA et al., 2013a, 2013b).

A concentração de cálcio em alguns quelantes após sua utilização como irrigantes e a capacidade de remoção da camada residual proporcionada pelo seu emprego no canal radicular foram avaliadas em 25 caninos humanos preparados por meio de instrumentos acionados a motor associados ao NaOCl a 1% e, distribuídos em cinco grupos (n=5) de acordo com a solução utilizada para a irrigação final. Os dentes tiveram suas raízes introduzidas em um tubo Falcon para coleta da substância que foi extruída pelo forame apical, e 5 mL de cada substância foram dispensados no canal por uma agulha acoplada a uma seringa, durante três minutos. Os cinco grupos foram submetidos à irrigação final com uma das seguintes substâncias: EDTA a 15%, quitosana a 0,2%, ácido cítrico a 10% e ácido acético a 1%; o grupo controle não recebeu irrigação final. O líquido coletado foi submetido à espectrometria atômica com chama para determinação do cálcio, e as raízes foram seccionadas longitudinalmente e avaliadas quanto à remoção da camada residual

pela microscopia eletrônica de varredura, nos terços médio e apical. O EDTA, o ácido cítrico e a quitosana foram efetivos na remoção da camada residual quando comparados com o controle. A ação do ácido acético foi semelhante à do grupo controle e inferior à dos outros grupos. Quanto à quantidade de cálcio, o EDTA e a quitosana apresentaram os níveis mais elevados, seguidos pelo ácido cítrico e pelo ácido acético. Após análise estatística, o EDTA e a quitosana não apresentaram diferença significativa entre si, entretanto, ambos foram superiores às outras substâncias testadas (SILVA et al., 2013).

A capacidade de descalcificação do EDTA a 15%, do EDTA a 17% e do ácido cítrico a 10,5% associados ou não à cetrimida foi avaliada em um estudo com 15 secções transversais do terço cervical de raízes de caninos superiores divididas em quatro partes, resultando em 60 corpos de prova que foram distribuídos em seis grupos experimentais, conforme as substâncias utilizadas. No grupo 1: EDTA a 15%; no grupo 2: EDTA a 15% + cetrimida a 1%; no grupo 3: EDTA a 17%; no grupo 4: EDTA a 17% + cetrimida a 1%; no grupo 5: ácido cítrico a 10,5%; e no grupo 6: ácido cítrico a 10,5% + cetrimida a 1%. Os espécimes foram imersos em 20 mL de cada substância e, após 5, 10 e 15 minutos, 5 mL da substância foi submetida à espectrometria de emissão atômica por plasma acoplado indutivamente (ICP-AES), para determinação de cálcio em cada solução. Após análise estatística, não foram encontradas diferenças entre os grupos 1, 2, 3 e 4, os quais, entretanto, apresentaram menos cálcio do que os grupos 5 e 6. A adição da cetrimida não influenciou na quantidade de cálcio mensurada nas substâncias (POGGIO et al., 2014).

O efeito dos quelantes na região apical e o grau de inflamação provocado têm suscitado diversas investigações. Nygaard-Östby (1957 apud HÜLSMANN; HECKENDORFF; LENNON, 2003) observou, em situações clínicas, o efeito do EDTA a 15% (pH 7,3), nos tecidos pulpar e periapical, tanto na necrose quanto na polpa viva, e nenhuma alteração foi encontrada no tecido periapical durante os 14 meses de acompanhamento, mesmo quando a solução foi intencionalmente forçada pelo forame apical. O emprego do EDTA em pulpotomias por um período além de 28 dias também não foi capaz de provocar necrose.

Por outro lado, diversos estudos *ex vivo* têm demonstrado o potencial citotóxico (MARINS et al., 2012; BOTTON et al., 2015; PRADO et al., 2015) e inflamatório do EDTA (SOUSA; BRAMANTE; TAGA, 2005; AMARAL et al., 2007;

BALLAL et al., 2009; SCELZA et al., 2010). Existem evidências de que essa substância seja capaz de alterar os mecanismos da resposta imune e inflamatória, uma vez que já ficou demonstrado que o EDTA interferiu na adesão do polipeptídeo vasoativo intestinal (VIP) à membrana de macrófagos e foi capaz de diminuir, nos macrófagos, a capacidade de adesão ao substrato, sendo esse efeito dependente da dose e do tempo de exposição (SEGURA et al., 1996, 1997).

### 5.3.3 QMix™

QMix™ (QMix™ 2 in 1<sup>®</sup>, Dentsply Tulsa Dental Specialties, Tulsa, OK, USA) é uma solução aquosa constituída de EDTA, clorexidina e um detergente específico, o brometo de cetil trimetil amônio (STOJICIC et al., 2012; DOMINGUEZ, 2013), desenvolvida pelo Professor Markus Haapasalo, da Universidade British Columbia, Canadá, e preconizada como irrigante final para o sistema de canais radiculares, em substituição ao EDTA. Possui ação antimicrobiana, decorrente da presença da clorexidina em sua composição, associada à capacidade de remoção da camada residual (DAI et al., 2011; STOJICIC et al., 2012; UNIVERSITY OF BRITISH COLUMBIA, 2013; ELIOT et al., 2014; UZUNOGLU; TURKER; KARAHAN, 2015).

Estudos *in vitro* demonstraram que o QMix™ apresenta eficácia antibacteriana sobre os microrganismos *Enterococcus faecalis*, inclusive quando estão organizados em biofilme (STOJICIC et al., 2012; WANG; SHEN; HAAPASALO, 2012; GUERREIRO-TANOMARU, 2014; ZANG et al., 2015) e em presença da camada residual (WANG; SHEN; HAAPASALO, 2013). Além disso, foi capaz de atuar sobre endotoxinas de *Escherichia coli* (GRUNDLING et al., 2015) e apresentou efeito antibacteriano residual por 12 horas para *Enterococcus faecalis* (ZANG et al., 2015). Quando comparado com outros irrigantes, o QMix™ demonstrou atividade antibacteriana semelhante à do NaOCl (STOJICIC et al., 2012; WANG; SHEN; HAAPASALO, 2012; CECCHIN et al., 2015) e superior à do MTAD, do EDTA, da cetramida e da clorexidina (WANG; SHEN; HAAPASALO, 2012; GUERREIRO-TANOMARU et al., 2014; ZANG et al., 2015).

O brometo de cetil trimetil amônio presente no QMix™ atua como surfactante catiônico que facilita a umectação das paredes do canal radicular, reduzindo a tensão superficial e diminuindo a viscosidade da solução irrigadora. Proporciona, também, um efeito de emulsão que objetiva remover do canal radicular a lama

dentinária que se forma durante a etapa de instrumentação, não interfere na ação quelante do EDTA e favorece a ação antimicrobiana do irrigante (DOMINGUEZ, 2013).

O QMix™, o EDTA e o Biopure MTAD™ foram avaliados quanto à capacidade de remoção de detritos e *smear layer* do canal radicular em 50 dentes humanos unirradiculares que foram instrumentados e irrigados com NaOCl e, após o preparo, distribuídos em cinco grupos, de acordo com a substância química utilizada na irrigação final, ou seja: solução QMix I, pH 8,0 (grupo 1); solução QMix II, pH 7,5 (grupo 2); água destilada (grupo 3); EDTA a 17% (grupo 4); e Biopure MTAD™ (grupo 5). Os terços apical, médio e cervical do canal foram avaliados por meio da MEV, tendo sido atribuídos escores de remoção para detritos e *smear layer*. Não foram encontradas diferenças entre os grupos quanto à remoção de detritos. Para a *smear layer*, considerando-se todo o canal, foram encontradas diferenças entre os grupos, exceto o 1 *versus* o 4 e o 2 *versus* o 4. Concluiu-se que as duas versões do QMix foram tão efetivas quanto o EDTA a 17% para a remoção da camada de *smear layer* das paredes do canal radicular, após o emprego do NaOCl a 5,25% (DAI et al., 2011).

A capacidade do QMix™ e do EDTA de remover a camada residual foi investigada em três dentes humanos unirradiculares que tiveram suas coroas e seu terço apical seccionados. Após o preparo do canal radicular com brocas LN de números 1 a 6, os dentes foram seccionados perpendicularmente ao longo eixo em discos de 2 mm de espessura. Cinco discos de cada dente foram divididos em quartos, e três quartos de cada disco foram alocados em três grupos experimentais. Todos os espécimes foram imersos em 10 mL das soluções: NaOCl a 6% por cinco minutos, água destilada por um minuto, e QMix™, EDTA a 17% ou água por cinco minutos, seguindo-se uma lavagem final com água destilada por um minuto. Os experimentos foram realizados em um *beker* de 20 mL e agitados em um misturador a 60 rpm em temperatura ambiente, e os espécimes foram avaliados por meio da microscopia eletrônica de varredura na magnificação de 2000x. A quantidade de túbulos dentinários abertos foi calculada pelo programa Adobe Photoshop CS3 em nove áreas de cada espécime. Embora algumas áreas apresentassem detritos e camada residual, não houve diferença significativa entre a remoção dessa camada, ou seja, comparando-se o QMix™ com o EDTA, os percentuais de túbulos abertos foram 0,88 e 0,85, respectivamente (STOJICIC et al., 2012).

Diferentes terços do canal radicular foram observados comparando-se a ação do EDTA a 17% à de três formulações de QMix™ quanto à sua capacidade de remoção de *smear layer*. Foram aplicadas variações no pH do QMix™ e nos tempos de exposição às substâncias, isso é, 60 segundos e 90 segundos. Oitenta dentes foram instrumentados com hipoclorito de sódio a 6,15% e sistema ProTaper® até o diâmetro 40.06. Após o preparo, oito grupos (n=10) foram irrigados com seringa e agulha 30G com 3 mL das soluções: QMix A, QMix B, QMix C e EDTA durante 60 segundos e 90 segundos. Os terços cervical, médio e apical foram observados em microscopia eletrônica de varredura, com aumento de 1000x, e atribuídos cinco escores à presença de *smear layer*. Combinados os dados referentes aos dois tempos de exposição às substâncias, o QMix A e o QMix C revelaram-se superiores ao EDTA. Nos 90 segundos de exposição às substâncias, todas as formulações de QMix™ promoveram melhor limpeza do que o EDTA (ELIOT et al., 2014).

O efeito de alguns protocolos de irrigação final na remoção da camada residual e detritos foi investigado em quarenta caninos humanos instrumentados por meio do sistema ProTaper® e irrigados com hipoclorito de sódio à 2,5%. Em seguida, foram distribuídos em quatro grupos, de acordo com o protocolo de irrigação final utilizado: água destilada (G1-controle); EDTA a 17%, mantido no canal por 3 min (G2); SmearClear™ por 1 minuto (G3); e QMix™ durante dois minutos (G4). O hipoclorito de sódio esteve presente em todos os grupos, como irrigante final, para neutralizar as substâncias. As amostras foram submetidas a avaliação no MEV, com ampliação de 500x e 2000x, para detritos e *smear layer*, respectivamente. Nos segmentos cervical e apical do canal radicular, quatro áreas foram demarcadas, e foram atribuídos escores referentes à remoção de *debris* e *smear layer*. Embora nenhuma das soluções testadas tenha sido capaz de remover completamente os detritos e a camada residual do canal radicular, os grupos experimentais que utilizaram QMix™, SmearClear™ e EDTA a 17% foram superiores ao grupo controle, mas não foram observadas diferenças significativas entre os grupos experimentais nos terços estudados (ARANDA-GARCIA et al., 2013a).

O emprego conjunto da agitação sônica pelo EndoActivator® e do QMix™ no debridamento do canal radicular foi investigado utilizando-se 48 canais radiculares humanos, que foram instrumentados com NaOCl a 5% e distribuídos em seis grupos de acordo com o tempo de aplicação do QMix™ e o tempo e a sequência da agitação sônica. Os grupos controles positivo e negativo foram irrigados de forma

passiva com QMix™ e solução salina, respectivamente. Os quatro grupos experimentais foram submetidos aos seguintes protocolos de irrigação: 15s de QMix™ + 15s de ativação (grupo 1A); 30s de QMix™ + 30s de ativação (grupo 1B); 15s de QMix™ com ativação + 15s de QMix™ (grupo 2A); 30s de QMix™ com ativação + 30s de QMix™ (grupo 2B). O terço apical (1-5 mm), médio (6-10 mm) e cervical (10-15 mm) foram analisados em MEV com aumento de 2000x. Dez imagens foram obtidas de cada terço de cada canal, a que foram atribuídos escores de 1 a 5, referentes ao grau de limpeza do canal para detritos e camada residual. A média de limpeza obtida pelo grupo controle positivo e pelos quatro grupos experimentais foi comparada estatisticamente. Embora a limpeza completa dos canais não tenha sido atingida, diferenças significativas foram encontradas entre os grupos: o grupo 1B obteve resultados semelhantes aos do grupo 2B e melhores do que os do 2A, que foram superiores aos do 1A. Concluiu-se que a remoção da camada residual e de detritos do canal radicular foi favorecida pela ativação do irrigante por 30s no protocolo de utilização do QMix™ por um minuto, independentemente da sequência de ativação sônica empregada com o EndoActivator® (NIU et al, 2014).

Banode e outros (2015) compararam a capacidade de remoção da camada de magma dentinário do QMix™, do EDTA a 17% e do ácido cítrico a 10%. Vinte dentes humanos unirradulares tiveram seus canais preparados por instrumentos rotatórios de níquel titânio associados ao NaOCl a 5% e foram distribuídos, segundo o protocolo de irrigação final empregado, em quatro grupos (n=5): no grupo 1 (controle), a irrigação foi realizada com NaOCl a 1% e 10 mL de água destilada por um minuto; no grupo 2, foram empregados 5 mL de NaOCl a 5%, seguidos de água destilada por um minuto, 1 mL de ácido cítrico a 10% por um minuto e 10mL de água destilada por um minuto; o grupo 3 recebeu o mesmo protocolo do grupo 2, tendo-se substituído o ácido cítrico pelo EDTA a 17%; no grupo 4, os dentes foram irrigados com 5 mL de NaOCl a 5%, seguidos de água destilada por um minuto e 1 mL de QMix™ por um minuto. Uma das faces da raiz foi avaliada pela microscopia eletrônica de varredura. Da área mais representativa de cada terço do canal de cada espécime foi obtida uma fotomicrografia, e as imagens foram classificadas em uma escala com quatro escores representativos da capacidade de remoção da camada de magma dentinário. A análise estatística indicou não haver diferenças significativas entre as substâncias testadas, e os resultados de todos os grupos

foram superiores aos do grupo controle. Nos terços cervical e médio, a limpeza foi adequada em todos os grupos, entretanto, esse resultado não foi obtido no terço apical, no qual a limpeza não se efetivou.

No processo de remoção do magma dentinário, o emprego de irrigantes pode provocar alterações na composição química da dentina; é provável que a redução de sua microdureza seja uma dessas alterações, e a mensuração desse efeito propicia evidência indireta das alterações no conteúdo mineral de tecidos duros (ARENDS; TEM BOSCH, 1992; DOĞAN; ÇALT, 2001; CRUZ-FILHO et al., 2002; ARI; ERDEMIR, 2005). Os resultados de um estudo de Taneja, Kumari e Anand (2014) demonstraram que há uma correlação negativa entre a perda de cálcio e a redução da microdureza da dentina.

O efeito do QMix™ na alteração da composição da dentina foi investigado *in vitro* e comparado com outros irrigantes empregados durante a irrigação do canal radicular. O QMix™ foi capaz de diminuir a microdureza da dentina, entretanto sua ação foi semelhante à do EDTA (ARANDA-GARCIA et al., 2013b; TANEJA; KUMARI; ANAND, 2014).

A associação da clorexidina com o hipoclorito de sódio durante a irrigação do sistema de canais radiculares produz um precipitado marrom contendo paracloroanilina, substância que, além de ocluir os túbulos dentinários (BUI; BAUMGARTNER; MITCHEL, 2008), está associada à carcinogênese em modelos animais, apresenta citotoxicidade para células humanas e tem a capacidade de provocar metahemoglobinemia em recém-nascidos. Um estudo piloto detectou que, ao se misturar o QMix™ com o NaOCl, não é formado um precipitado, mas ocorre uma mudança de cor na substância (KOLOSOWSKI et al., 2014).

A identificação do precipitado de paracloroanilina nos túbulos dentinários e na superfície do canal radicular irrigados com NaOCl e subsequente irrigação com EDTA, NaOCl e CHX ou solução salina e QMix™ foi objeto de estudo com 12 blocos de dentina obtidos de quatro molares superiores humanos, embebidos em resina. Os espécimes foram distribuídos em dois grupos: os do grupo 1 foram imersos em 5 mL de NaOCl a 2,5% por três minutos, seguindo-se imersão em EDTA a 17% por um minuto, NaOCl a 2,5% por dois minutos e imersão final em CHX a 2%, por um minuto; e os do grupo 2 foram imersos em 5 mL de NaOCl a 2,5% por três minutos, seguindo-se imersão em 5 mL de solução salina e 5 mL de QMix™ por um minuto. O espectrômetro de massa foi empregado para análise de secções transversais de três

blocos de dentina em cada grupo, e dos três blocos remanescentes, que foram seccionados longitudinalmente. No grupo 1, o precipitado e a paracloroanilina, produto da decomposição da CHX, foram detectados nas superfícies dentinárias, ocluindo os túbulos dentinários, e no seu interior. Por outro lado, o grupo 2 não apresentou precipitado nem paracloroanilina (KOLOSOWISKI et al., 2014).

O comportamento biológico do QMix™ foi investigado em estudos *ex vivo*, como, por exemplo, o que comparou o QMix™ com o EDTA a 17%, o NaOCl a 3% e a clorexidina a 2% quanto à resposta inflamatória, após a injeção dos irrigantes em tecido subcutâneo de ratos. Dentre os irrigantes testados, o QMix™ apresentou melhor biocompatibilidade (CHANDRASEKHAR et al., 2013).

A citotoxicidade do QMix™ foi comparada com a do NaOCl em células tronco mesenquimais de medula óssea. As análises da viabilidade celular e da morfologia das células foram realizadas após exposição aos irrigantes por períodos de 2 a 4 horas, concluindo-se que as duas substâncias foram tóxicas para as células tronco mesenquimais. Em vista das diferenças na indução de morte celular, mais lenta para o QMix™, esse irrigante foi considerado menos agressivo e mais biocompatível para os tecidos do que o NaOCl (ALKAHTANI et al., 2014).

#### 5.4 REMOÇÃO DA CAMADA RESIDUAL PELOS MÉTODOS DE AGITAÇÃO DO IRRIGANTE

Tem sido demonstrado que a eficácia dos irrigantes na limpeza do sistema de canais radiculares pode ser aumentada pela utilização de diversos sistemas de agitação do irrigante (AHMAD et al., 1988; GU et al., 2009; RÖDIG et al., 2010; MANCINI et al., 2013). Entretanto, a ação desses sistemas no canal radicular, não tem sido capaz de remover completamente a camada residual. Essa dificuldade é mais evidente no terço apical, fato que induz a diversas investigações em busca de uma técnica ou sistema que demonstre uma maior eficiência (SALMAN et al., 2010; KAMEL; KATAIA, 2014; VINHORTE et al., 2014).

Saber e Hashem (2011) investigaram quatro métodos de irrigação para remoção da camada residual nos três terços do canal radicular, com a utilização de 40 pré-molares humanos unirradiculares que foram instrumentados até o instrumento ProTaper® F4, associados ao NaOCl a 2,5%, e distribuídos em quatro



grupos, segundo o método de irrigação final empregado: irrigação passiva (PI), irrigação ultrassônica passiva (PUI), agitação manual dinâmica e irrigação por pressão apical negativa - EndoVac<sup>®</sup> (ANP). Após a irrigação, a MEV foi empregada para avaliação da remoção da camada residual, e foram atribuídos escores de limpeza de 1 a 5, submetendo-se, então, os dados à análise estatística. Embora nenhum dos métodos tenha removido completamente a camada residual, a irrigação passiva e a irrigação ultrassônica passiva apresentaram comportamento semelhante, exibindo o pior desempenho, inclusive para o terço apical do canal radicular. A agitação manual dinâmica e a irrigação por pressão apical negativa apresentaram os melhores escores de remoção da camada residual, também sem diferenças entre si. Avaliados os terços do canal radicular quanto à limpeza, o terço apical obteve o pior resultado, seguido pelo terço médio e pelo terço cervical, em todas as técnicas de irrigação.

Após o preparo até o instrumento ProTaper<sup>®</sup> F2, 62 raízes mesiovestibulares de molares inferiores foram distribuídas em três grupos experimentais (n=20), dois deles servindo como controle, com a finalidade de testar a efetividade de diferentes técnicas de agitação do irrigante na remoção da camada residual em canais curvos. Para a irrigação final, foram utilizados 5 mL de EDTA a 17% e 5 mL de NaOCl a 2,5%. No grupo da irrigação convencional, o EDTA e o NaOCl foram injetados passivamente e permaneceram no canal por 60 e 30 segundos, respectivamente. Nos grupos que empregaram ultrassom e agitação sônica (EndoActivator<sup>®</sup>), o protocolo empregado foi o mesmo, e os referidos sistemas de agitação foram utilizados durante os tempos acima mencionados. A análise da remoção da camada residual foi realizada por meio da microscopia eletrônica de varredura associada a uma escala qualitativa de escores graduados. A irrigação convencional, ou sem agitação, foi inferior aos sistemas de agitação do irrigante quanto à limpeza no terço apical. Não houve diferença significativa entre os sistemas ultrassônico e sônico quanto à limpeza desse terço. Nenhuma das técnicas removeu completamente a camada residual no terço apical de canais radiculares apresentando curvatura (BLANK-GONÇALVES et al., 2011).

A capacidade de limpeza do terço apical do canal radicular pela irrigação convencional foi comparada com a irrigação ultrassônica passiva por Agrawal e Kappor (2012). Pré-molares unirradiculares foram preparados, distribuídos em quatro grupos e submetidos à irrigação convencional com solução salina, irrigação

ultrassônica passiva com NaOCl a 1%, irrigação com seringa e agulha com NaOCl a 1%, e irrigação com seringa e agulha com NaOCl a 2,5%. Após a irrigação final, o terço apical dos canais radiculares foi avaliado por meio da microscopia eletrônica de varredura, e a remoção de detritos foi classificada empregando-se escores graduados. Os resultados indicaram que o emprego da agitação ultrassônica passiva associada ao NaOCl a 1% foi significativamente superior aos métodos de irrigação convencionais, e a irrigação ultrassônica passiva de NaOCl a 1% foi mais efetiva para a remoção de detritos do que a irrigação por seringa, mesmo empregando-se uma concentração maior da solução, o NaOCl a 2,5%.

O efeito da irrigação ultrassônica passiva na remoção da camada residual e de detritos nos terços cervical e apical do canal radicular foi investigado com a utilização de 25 incisivos bovinos, que foram instrumentados e distribuídos em três grupos: o grupo controle foi irrigado com 17 mL de NaOCl a 2,5% por meio de seringa e agulha 30G. Os dois grupos experimentais tiveram o EDTA associado a uma irrigação final de NaOCl de 12 mL e 5 mL, respectivamente. Em um dos grupos, o EDTA foi irrigado continuamente por três minutos e, no outro, 4 mL de EDTA foram ativados pelo ultrassom associado a uma lima ultrassônica #35 por 30 segundos, procedimento que foi repetido três vezes, totalizando 12 mL do irrigante. Os três milímetros iniciais do terço cervical e os três milímetros apicais dos canais radiculares foram avaliados quanto à presença de camada residual e detritos pela microscopia eletrônica de varredura, com aumento de 2000x. Uma escala de quatro escores foi empregada na análise das fotomicrografias e os resultados demonstraram que a irrigação ultrassônica passiva não foi mais efetiva na remoção da camada residual em nenhum dos terços avaliados. A agitação do EDTA pelo ultrassom apenas aumentou a remoção de detritos no terço cervical e também não foi superior para o terço apical (CASTAGNA et al., 2013).

O efeito da irrigação ultrassônica passiva e da irrigação convencional, sem agitação, para a remoção de detritos das paredes do canal radicular e para a limpeza dos túbulos dentinários foi observado em dentes unirradiculares extraídos. Empregou-se a microscopia eletrônica de varredura para determinação da quantidade de detritos e túbulos dentinários patentes, e os dados foram comparados pelo teste de Kruskal-Wallis. Embora nenhum dos métodos tenha removido completamente os detritos e promovido a patência de todos os túbulos da superfície dentinária avaliada, o método de agitação pelo ultrassom foi mais efetivo do que a

irrigação convencional nos terços apical e cervical. Não foram encontradas diferenças entre os métodos para o terço médio do canal radicular (MOZO et al., 2014).

Os resultados da irrigação convencional, da irrigação ultrassônica passiva e do EndoVac<sup>®</sup> na remoção da camada residual no canal radicular foram comparados após o emprego da solução de hipoclorito de sódio a 5% isoladamente ou em associação com o EDTA a 15%, em cada método de irrigação testado. Empregando-se a MEV para avaliação da presença da camada residual nos três terços do canal radicular, observou-se que não ocorreu sua remoção nos grupos nos quais o NaOCl foi empregado sem associação com o EDTA. Nos grupos em que houve o emprego do NaOCl e do EDTA, não foram encontradas diferenças entre os métodos de irrigação, uma vez que a camada residual foi removida de forma eficaz no terço cervical, o mesmo não tendo ocorrido no terço médio e, principalmente, no terço apical do canal radicular (AHMETOGLU et al., 2014).

O emprego da irrigação por seringa e agulha, da irrigação ultrassônica passiva, do EndoVac<sup>®</sup> e da agitação manual dinâmica foi avaliado para a irrigação final de canais radiculares curvos. Após o tratamento estatístico dos dados, os resultados indicaram que a irrigação convencional obteve o pior desempenho para remoção da camada residual em todos os terços do canal; a MDA e a PUI foram semelhantes quanto à limpeza do canal, com melhor desempenho do que a irrigação convencional; no terço apical, a técnica de agitação manual dinâmica foi superior à irrigação ultrassônica passiva, e esta última revelou-se superior à irrigação convencional, porém nenhuma das técnicas removeu completamente a camada residual do canal radicular (AHUJA et al., 2014).

A irrigação convencional e a irrigação ultrassônica passiva foram comparadas, dentre outras técnicas, por Ekim e Erdemir (2015). A MEV foi empregada para avaliar a capacidade de remoção da camada residual após a irrigação final de 3 mL de NaOCl a 2,5% e 3mL de EDTA a 17% por 80 segundos, em canais de dentes unirradiculares humanos. No grupo da irrigação convencional, as substâncias foram dispensadas no canal radicular por seringa e agulha NaviTip<sup>®</sup> 30G, com movimentos de penetração e tração, a 1 mm do comprimento real de trabalho, utilizando-se 40 segundos para cada substância. No grupo da irrigação ultrassônica passiva, os irrigantes foram empregados em ciclos de 5 segundos de irrigação e 5 segundos de agitação, num total de 40 segundos por irrigante. A

ativação foi realizada por uma ponta ultrassônica posicionada a 1 mm do CRT e ativada na intensidade 1/2 do aparelho de ultrassom. Após análise estatística dos dados, ficou demonstrado que a irrigação ultrassônica passiva foi mais efetiva na remoção da camada residual do que a irrigação convencional em todos os terços do canal radicular. Quando comparados os terços do canal radicular, independentemente da técnica empregada, a remoção dessa camada foi significativamente melhor nos terços coronários e médios do que no terços apicais.

Schmidt e outros (2015) avaliaram em MEV a influência da agitação ultrassônica passiva do EDTA e do NaOCl na remoção da camada residual em 32 dentes unirradiculares humanos, distribuídos em quatro grupos (n=8) após a instrumentação até o instrumento ProTaper® F4. O grupo 1 recebeu irrigação convencional com seringa e agulha; no grupo 2, o EDTA foi associado ao ultrassom e, posteriormente, irrigado com o NaOCl (PUI EDTA); no grupo 3, os canais foram irrigados com o EDTA e o NaOCl foi ativado com o ultrassom (PUI NaOCl); as duas substâncias foram associadas ao ultrassom no grupo 4 (PUI EDTA e PUI NaOCl). Nos três grupos, as substâncias foram ativadas pelo ultrassom associado a uma ponta Irrisonic® por um minuto. O percentual de túbulos dentinários abertos foi determinado nas fotomicrografias por meio do programa Image J. O percentual de túbulos abertos foi maior em cervical, seguido pelo terço médio e pelo apical. Não foram encontradas diferenças entre os grupos, exceto para o terço cervical, em que o grupo PUI EDTA foi melhor do que o grupo PUI EDTA e PUI NaOCl. Os pesquisadores concluíram que a irrigação ultrassônica passiva não demonstrou maior eficácia do que a irrigação convencional quando empregada com NaOCl a 1% e posicionada a 1 mm do forame apical.

Investigou-se a limpeza promovida pela irrigação convencional, pela Roeko CanalBrush® e pelo EndoVac®, distribuindo-se canais achatados em três grupos de acordo com o protocolo de irrigação. Os dentes foram seccionados e avaliados pela MEV quanto à remoção de detritos e da camada residual nos três terços do canal. Foram atribuídos escores de limpeza às fotomicrografias obtidas a 35x e 1000x. Após análise estatística, os métodos de irrigação convencional e o de pressão apical negativa se mostraram mais efetivos quanto à remoção de detritos. Quanto à remoção da camada residual, a irrigação por pressão apical negativa foi superior aos outros métodos. Entretanto, comparando-se a efetividade dos métodos quanto ao terço do canal, o terço apical demonstrou-se difícil de limpar, recebendo os piores

escores. Nenhum dos métodos testados promoveu uma remoção efetiva de detritos e da camada residual no terço apical do canal radicular, e não houve diferença significativa entre os métodos testados (MENDONÇA et al., 2015).

Kato e outros (2016) compararam a irrigação ultrassônica passiva com um sistema de agitação recíprocante, o Easyclean<sup>®</sup>, quanto à limpeza em seis depressões realizadas na raiz mesial de molares em uma hemiface da raiz de 10 dentes com distância de 1 mm entre elas a partir do 1 mm apical da raiz. A limpeza promovida pelos métodos de agitação do irrigante foi avaliada por escores atribuídos à remoção de dentina dessas depressões, avaliadas em MEV. O controle negativo se constituiu de depressões totalmente preenchidas de dentina, e o controle positivo, denominado branco, foi constituído de depressões totalmente livres de camada residual ou dentina. Nos dois grupos experimentais, as depressões foram preenchidas com dentina associada a NaOCl e submetidas ao protocolo de irrigação. Foram utilizados três ciclos de ativação de 20 segundos em cada protocolo para os irrigantes NaOCl, EDTA e NaOCl, utilizados em sequência com 5 mL de volume cada. A agitação recíprocante promoveu limpeza semelhante à do grupo branco nas seis depressões. Já a PUI apresentou escores de limpeza semelhante ao controle negativo nas três depressões próximas ao forame e escores semelhantes aos do branco nas outras três mais distantes do forame apical. Os investigadores atribuíram o melhor desempenho da PUI nas depressões mais cervicais ao maior diâmetro do canal nessa área, quando comparada com as depressões mais apicais, que permitiu que a ponta ultrassônica atuasse mais livremente do que nas regiões mais apicais; nessas áreas, a ponta trabalhou mais confinada, permitindo contato com as paredes do canal radicular e impactando negativamente na condução da energia ultrassônica.

## 5.5 EXTRUSÃO DE IRRIGANTES E DETRITOS PARA A REGIÃO PERIAPICAL

Um dos problemas inerentes aos procedimentos de limpeza e modelagem do canal radicular é a extrusão de detritos e irrigantes para os tecidos periapicais (SELTZER; NAIDORF, 1985; TANALP; GUNGOR, 2014). Materiais obturadores, microrganismos, tecido necrótico, detritos de dentina e irrigantes podem atingir a região periapical durante a etapa de preparo do canal radicular, provocando danos a

esses tecidos (HUANG et al., 2007). Chapman, Colee e Cheung (1968) analisaram a ocorrência de extrusão decorrente da utilização de alargadores e limas e verificaram que a extrusão de material infectado do canal radicular ocorreu em 24 dos 28 dentes instrumentados, com prevalência de 86%. Entretanto, foram Vande Visse e Brilliant (1975) que demonstraram a importância da irrigação na extrusão do material proveniente do canal radicular, comparando a quantidade de material extruído em 64 canais radiculares, distribuídos em dois grupos experimentais. Em um dos grupos, a instrumentação foi realizada sem irrigação; no outro, foi associada a 5 mL de solução de NaOCl a 5,25%. Os canais instrumentados com irrigação apresentaram uma quantidade coletável de material extruído. Contrariamente, no grupo no qual a instrumentação foi realizada sem a irrigação, não ocorreu a extrusão de material pelo forame apical. Pairokh e outros (2012) também não observaram extrusão quando os canais foram instrumentados sem irrigação, o que foi atribuído à formação de um *plug* apical pela dentina acumulada na região.

No aspecto clínico, a extrusão do conteúdo do canal radicular para a região periapical apresenta consequências indesejadas, como indução de inflamação, dor pós-operatória e dificuldade de reparo periapical (SIQUEIRA JR, 2003; HÜLSSMAN; RÖDIG; NORDMEYER, 2009; TANALP; GUNGOR, 2014). Diversos tipos de irritação química ou física apresentam a capacidade de interromper a integridade e o equilíbrio da região periapical, representando um risco potencial para uma reação inflamatória (TANALP; GUNGOR, 2014). Há diversos relatos na literatura científica sobre essa ocorrência associada a pronunciado dano tecidual e sintomatologia (SOARES et al., 2007; HÜLSSMAN; RÖDIG; NORDMEYER, 2009; SERMENO et al., 2009; GONDIM, 2010; BOUTSIUKIS; PSIMMA; VAN DER SLUIS, 2013; RAMAMOORTHY; NIVEDHITHA; DIVYANAND, 2015). A verdadeira frequência desses acidentes é desconhecida, e muitos deles, por não apresentarem sintomas severos em vista da pequena extrusão, não são notificados (BOUTSIUKIS, PSIMMA; VAN DER SLUIS, 2013). Kleier, Averbach e Mehdipour (2008) entrevistaram 314 especialistas da Câmara Americana de Endodontia em pesquisa sobre a etiologia de acidentes com NaOCl e verificaram que 42% desses profissionais já haviam experimentado, pelo menos uma vez, um acidente pela extrusão dessa substância química.

A extrusão pode ser provocada por variáveis como técnicas de instrumentação e de desobstrução do canal radicular, métodos de irrigação

(BOUTSIUKIS; PSIMMA; VAN DER SLUIS, 2013; TANALP; GUNGOR, 2014). Entretanto, é consenso entre os pesquisadores que, para a limpeza efetiva do canal, a substância química deve estar em contato direto com suas paredes (SEDGLEY et al., 2005; ZEHNDER, 2006). Portanto, é importante garantir que o irrigante atinja todo o sistema de canais radiculares para que exerça sua ação, mas também é necessário que ele não seja extruído para os tecidos periapicais (SEAL et al., 2002). A escolha do método de irrigação e do irrigante deve ser pautada pelo balanço entre a efetividade da irrigação e a segurança para o paciente (HAAPASALO, 2010).

Com essa premissa, diversos protocolos, técnicas e materiais de irrigação têm sido criados e investigados quanto aos fatores que podem interferir na extrusão.

### **5.5.1 Fatores que interferem na extrusão**

#### *5.5.1.1 Tipo de agulha utilizado na irrigação*

Diferentes modelos de agulha foram idealizados para minimizar a extrusão. Em algumas, o irrigante é dispensado pela extremidade e, em outras, a extremidade é fechada, e o irrigante dispensado por aberturas laterais (GU et al., 2009). É essencial que exista espaço entre a agulha e as paredes do canal radicular durante a irrigação, para permitir o maior refluxo da substância irrigadora, removendo os detritos coronariamente e minimizando, dessa forma, a ocorrência da extrusão (VAN DER SLUIS, 2007; BOUTSIUKIS et al., 2010b).

Estudos computacionais sobre a dinâmica do fluido indicam que os diferentes tipos de agulha determinam padrões distintos de distribuição do irrigante no canal radicular e promovem diferentes pressões no forame apical (BOUTSIUKIS; LAMBRIANIDIS; LASTRINAKIS, 2009; BOUTSIUKIS et al., 2010a). Agulhas de menor diâmetro necessitam de maior esforço para dispensar o irrigante, e, conseqüentemente, a pressão exercida no corpo da seringa é maior (BOUTSIUKIS et al., 2007).

Os modelos de agulha têm sido investigados quanto ao potencial para extrusão de irrigantes e detritos para a região apical. Os resultados dos estudos *in vitro* (ALTUNDASAR et al., 2011; PSSIMA et al., 2013a; YETER et al., 2013; BOUTSIUKIS; PSIMMA; KASTRINAKIS, 2014; CHANG; CHEUNG, A.; CHEUNG, G., 2015) indicam que as agulhas que apresentam extremidade fechada, nas quais o

irrigante é dispensado lateralmente, proporcionam uma menor extrusão quando comparadas com as de extremidade aberta. Contrariamente, TANOMARU-FILHO e outros (2014) não encontraram diferenças no volume de contraste radiológico extruído para a região apical ao utilizarem agulhas 27G com extremidade aberta ou abertura lateral. Chang, A. Cheung e G. Cheung (2015) analisaram o efeito da dimensão do canal, do tipo de agulha e do fluxo de injeção na extrusão apical em canais simulados e encontraram diferenças significativas entre as agulhas quando o fluxo de injeção foi superior a 100  $\mu\text{L/s}$  ou o diâmetro do canal inferior a 40.06 e as agulhas com abertura lateral proporcionaram uma menor extrusão do irrigante; entretanto, quando o fluxo aplicado foi de até 100  $\mu\text{L/s}$ , as agulhas não tiveram diferente comportamento quanto ao potencial para extrusão.

#### *5.5.1.2 Fluxo de irrigação e profundidade de penetração da agulha durante a irrigação*

A velocidade com a qual o irrigante atinge as paredes do canal radicular é um fator relevante para o efeito de lavagem por ele promovido e para sua efetiva atuação em determinadas áreas do canal radicular, influenciando diretamente a efetividade da irrigação (BOUTSIUKIS et al., 2007). O emprego de um elevado fluxo do irrigante está associado à extrusão do conteúdo do canal radicular para a região periapical (FUKUMOTO; YOSHIOKA; SUDA, 2004; BOUTSIUKIS; PSIMMA; VAN DER SLUIS, 2013; BOUTSIUKIS; PSIMMA; KASTRINAKIS, 2014); assim sendo, evitá-la é uma indicação para reduzir esse risco. Entretanto, não se tem conhecimento de qual é o fluxo do irrigante capaz de provocar extrusão, e não existe uma definição ou consenso sobre um valor que caracterize o fluxo do irrigante empregado como alto ou baixo para a irrigação endodôntica. Também não está determinado o valor ótimo de fluxo a ser empregado, de modo a garantir segurança à região periapical e, dessa forma, ao paciente (BOUTSIUKIS; PSIMMA; VAN DER SLUIS, 2013; PARK; SHEN; HAAPASALO, 2012).

Boutsoukis e outros (2007) mensuraram o fluxo do irrigante obtido durante a irrigação convencional do canal radicular realizada por dentistas que atuam na endodontia. Apesar de todos os envolvidos na pesquisa admitirem a importância do emprego de um fluxo baixo de irrigante para impedir a ocorrência da extrusão para a região periapical, constatou-se que o valor do fluxo do irrigante variou entre 0,6



mL/min e 60 mL/min. Os investigadores ressaltaram a dificuldade de padronização e controle do método de irrigação realizado por seringa e agulha.

Park e outros (2013) avaliaram, por meio do clareamento de um gel previamente corado, a pressão no periápice promovida por diferentes tipos de agulha empregados em fluxos de irrigação entre 1 e 15 mL/min utilizadas a 1, 3 e 5 mm do forame apical. Os resultados demonstraram que houve uma relação direta entre o aumento do fluxo do irrigante e o clareamento do gel quando as agulhas foram posicionadas a 3 mm do ápice. Entretanto, um platô de clareamento foi atingido com o fluxo de 4 mL/min, e todas as agulhas possibilitaram o clareamento entre 2 mm e 3 mm de extensão do gel. Uma relação de dependência também foi encontrada entre o aumento do fluxo do irrigante e a pressão no periápice. Quando as agulhas foram posicionadas a 3 mm e a 1 mm do ápice, foi detectada uma pressão entre 0,34 mm Hg a 52,43 mm Hg e 0,38 mm Hg a 87,26 mm Hg, respectivamente. Os autores ressaltaram que não existem dados sobre a pressão necessária para provocar a extrusão do irrigante para a região periapical. Contudo, os dados de pressão observados excederam a pressão correspondente àquela dos capilares quando a irrigação foi realizada próxima ao forame, mesmo em baixo fluxo, representando risco potencial para extrusão.

A quantidade de irrigante extruído foi avaliada em uma simulação de dentes com ápice aberto. Trinta incisivos centrais superiores tiveram seus canais padronizados em 9 mm e foram distribuídos em dois grupos (n=15); seus ápices foram alargados para o diâmetro de 1,10 mm e 1,70 mm por brocas de piso #3 ou #6, respectivamente, com o intuito de simular dentes com rizogênese incompleta. As raízes foram inseridas em frascos de vidro de 10 mL contendo solução salina. Na tampa dos frascos, foi posicionada uma agulha com o objetivo de coletar o líquido extruído pela abertura apical da raiz, que foi mensurado em uma seringa de insulina. A solução irrigadora foi inserida por seringa e agulha 27G, posicionada a 2 mm ou a 4 mm do término da raiz. Verificou-se que a profundidade de penetração da agulha e o diâmetro apical interferiram na extrusão do irrigante. No grupo com o diâmetro apical de 1,10 mm, não foram encontradas diferenças significativas na extrusão do irrigante nas duas profundidades de penetração da agulha. No grupo com diâmetro apical de 1,70 mm, foi observado um aumento de 32% do volume extruído na profundidade de penetração de 2 mm quando comparada com a de 4 mm. O grupo de maior diâmetro apical apresentou o maior volume de irrigante extruído, com

aumentos de 34% e 68% nas profundidades de penetração a 2 mm e a 4 mm, respectivamente (AKSEL et al., 2014).

Boutsioukis, Psimma e Kastrinakis (2014) avaliaram, entre outros aspectos, o efeito da taxa de fluxo e a profundidade de inserção da agulha na extrusão do irrigante. Trinta e dois dentes foram irrigados com 2 mL de NaOCl a 2,5%, empregando-se diferentes taxas de fluxo de irrigação, de 0,14 mL/s e de 0,26 mL/s, e posicionando-se a agulha de irrigação no canal entre 1 mm e 3 mm apicais. Uma sonda de condutividade foi utilizada para detecção do volume do irrigante extruído do dente no modelo experimental utilizado. Os resultados obtidos demonstraram que o aumento no fluxo do irrigante implicou um maior volume de irrigante extruído e, à medida que se distanciou a agulha de irrigação do comprimento real de trabalho, menor a extrusão encontrada. A posição da agulha a 1 mm do CRT possibilitou maior extrusão do que a 3 mm do CRT. Os autores concluíram que o fluxo do irrigante e a profundidade de inserção da agulha empregados durante a irrigação têm efeito significativo para a extrusão.

Chang, A. Cheung e G. Cheung (2015) analisaram o efeito do fluxo de injeção na extrusão apical em canais simulados. Em um sistema fechado, 3 mL de água destilada foram injetados em fluxos programados de 50, 100, 200 ou 300  $\mu$ L/s ou manualmente por meio de seringa acoplada a dois tipos de agulha. Os canais foram instrumentados até os diâmetros 25.06, 30.06 ou 40.06. O método de avaliação empregado foi a pesagem dos blocos de resina antes e após a irrigação, e o valor encontrado entre as pesagens determinou a quantidade de material extruído. A extrusão foi detectada em todos os espécimes indiferentemente do aspecto testado. O fluxo de injeção foi considerado um fator significativo para a extrusão, e foi mais evidente quando superior a 100  $\mu$ L/s; a quantidade de extrusão foi mais variável e em maior quantidade na injeção manual do que na programada, e a média de fluxo de injeção manual esteve entre 88 e 137  $\mu$ L/s, sendo maior entre os homens participantes da amostra.

Utilizando-se a radiografia digital e a subtração de imagens para avaliar-se a influência do fluxo da irrigação e da profundidade de penetração da agulha na extrusão do irrigante e na limpeza dos canais radiculares, 12 incisivos inferiores humanos com canal único foram instrumentados e, após ampliação foraminais com diferentes diâmetros (LK #40 e #60), os canais radiculares foram preenchidos com solução de contraste radiológico espessada com propilenoglicol e óxido de zinco.

Foram utilizados dois tipos de agulha de irrigação 27G com diferentes desenhos (abertura apical ou lateral), dois fluxos correspondentes a 15 ou a 25 mL/min, com penetração das agulhas em duas profundidades (a 3 mm e a 6 mm aquém do ápice). A extrusão foi uma ocorrência comum a todos os protocolos de irrigação avaliados, entretanto, não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas para os diferentes fluxos de irrigação e posicionamento das agulhas (TANOMARU-FILHO et al., 2014).

#### *5.5.1.3 Diâmetro da constrição apical e diâmetro do canal*

O efeito da ampliação do forame apical e do diâmetro do canal na extrusão do conteúdo do canal tem sido objeto de diversas investigações, embora seus resultados sejam controversos (PSSIMA et al., 2013b).

No intuito de investigar-se o efeito da ampliação da constrição apical na extrusão, foram ampliados os forames de dentes extraídos, conferindo-lhes o diâmetro de 0,2 mm e 0,4 mm. O volume do irrigante e o peso dos detritos extruídos pelo forame foram mensurados após o emprego do irrigante no canal radicular. Os resultados demonstraram que existiu uma relação direta entre a ampliação da constrição apical e a quantidade de material extruído (TINAZ et al., 2005). Contrariamente, outras investigações indicaram que o maior diâmetro da constrição apical não interferiu na extrusão do irrigante para a região apical (PSSIMA et al., 2013b; AKSEL et al., 2014; BOUTISIOUKIS; PSIMMA; KASTRINAKIS, 2014).

O diâmetro final do preparo foi objeto de um estudo de Mitchell, Baumgartner e Sedgley (2011) no qual os canais foram instrumentados até o diâmetro 35.06 e 50.06, e a extrusão do irrigante foi mensurada pela descoloração do gel de agarose. A extrusão foi detectada em 36% dos dentes ampliados até o instrumento 35.06 e em 60% dos dentes preparados até o instrumento 50.06. Essa relação entre o aumento do diâmetro no preparo apical e o aumento da extrusão também foi verificada em outras investigações (BORGES et al., 2011; RUNGCHAROENPORN; PIMKHAOKHAM, 2014).

Em um estudo com objetivo semelhante, não foram encontradas diferenças na extrusão apical do irrigante em canais preparados até os instrumentos 40 e 60 (TANOMARU-FILHO et al., 2014). Outros pesquisadores (PSSIMA et al., 2013a, 2013b; CHANG; CHEUNG, A.; CHEUNG, G., 2015) demonstraram que houve um

decréscimo na quantidade de irrigante extruído quando os canais apresentavam um diâmetro apical maior, e o aumento do diâmetro apical para 0,40 mm diminuiu a extrusão apical em todos os grupos analisados por Chang, A. Cheung e G. Cheung (2015).

#### 5.5.1.4 Método de irrigação

Ainda que o método de irrigação convencional, constituído de seringa e agulha, seja amplamente empregado na endodontia, existe um contínuo aprimoramento de sistemas de irrigação no intuito de facilitar a distribuição e o fluxo do irrigante no interior do canal radicular e, adicionalmente, prover segurança para a região periapical (GU et al., 2009; TANALP; GUNGOR, 2014).

Brown e outros (1995) determinaram por espectrofotometria a quantidade de hipoclorito de sódio extruído pelo forame apical com o emprego de irrigação com agulha e com seringa. Em um grupo de dentes, a irrigação foi realizada com a agulha posicionada a 1 mm do forame e, no outro, a solução foi depositada na câmara pulpar sem a introdução da agulha no canal. Os autores concluíram que o emprego de um reservatório de irrigante no acesso coronário promoveu menor extrusão do que a penetração da agulha. Fukumoto e outros (2006) propuseram um método que combina irrigação e aspiração da solução irrigadora para diminuir a extrusão.

Tasdemir e outros (2008) compararam a extrusão de hipoclorito de sódio promovida pela irrigação com seringa e agulha com a irrigação ultrassônica passiva. O volume do irrigante extruído pelo forame apical em 20 incisivos humanos foi mensurado após a utilização dos métodos de irrigação por três minutos. No grupo em que foi empregada, a PUI promoveu um volume médio de substância extruída de 2,15  $\mu\text{L}$ , e a irrigação com seringa e agulha produziu 14  $\mu\text{L}$  de substância extruída. Os autores concluíram que a agitação de uma lima passivamente pelo ultrassom por 3 minutos promoveu baixo risco de extrusão apical da solução irrigadora.

Malentacca e outros (2012) avaliaram a eficácia e a segurança de cinco sistemas de irrigação para os canais radiculares: irrigação ultrassônica passiva, EndoVac<sup>®</sup>, agulhas ultrassônicas (ProUltra<sup>®</sup>) utilizadas em modo injeção e aspiração e irrigação convencional, seringa e agulha, esta última como controle. Um modelo de resina preenchido com tecido pulpar bovino corado por fucsina foi utilizado para

simular a anatomia do canal radicular com canais laterais em diferentes posições e a região apical. Os sistemas de irrigação foram associados ao NaOCl e empregados à distância de 1 mm, 3 mm e 5 mm do ápice; as áreas de dissolução tecidual foram mensuradas em fotografias realizadas durante o experimento; a extrusão apical foi mensurada pela área de dissolução tecidual obtida simulando-se a região periapical no modelo em resina. Foi possível concluir-se que as agulhas associadas ao ultrassom, em irrigação ou aspiração, foram mais eficazes quanto à limpeza do canal; o EndoVac<sup>®</sup> se mostrou o mais seguro, e a agulha ultrassônica no modo injeção apresentou maior risco para extrusão. Todos os sistemas, exceto o EndoVac<sup>®</sup> e o do grupo controle, apresentaram extrusão, que foi maior quanto mais próximo estava do ápice. A irrigação ultrassônica passiva promoveu uma extrusão menor do que 1 mm<sup>2</sup> a 3 mm e a 5 mm do ápice e de 2,04 mm<sup>2</sup> a 1 mm do ápice. Segundo os pesquisadores, o sistema que melhor conciliou efetividade e segurança foi a agulha ultrassônica utilizada em modo aspiração do NaOCl e posicionada a partir de 2 mm do ápice.

A irrigação ultrassônica passiva, a irrigação convencional e o sistema EndoVac<sup>®</sup> foram comparados quanto à extrusão de detritos utilizando-se 30 pré-molares inferiores humanos instrumentados até o diâmetro 40 e montados em um aparato para coleta do material extruído pelo ápice. A irrigação foi realizada associando-se um dos métodos de irrigação ao hipoclorito de sódio a 3%. O irrigante coletado no aparato foi evaporado, e o conteúdo sólido extruído foi pesado em balança de precisão. O uso de seringa e agulha foi o método que proporcionou maior extrusão de detritos, seguido pela agitação ultrassônica e pelo sistema EndoVac<sup>®</sup>, concluindo-se que a incidência de *flare-ups* poderia ser reduzida pela utilização do sistema EndoVac<sup>®</sup> (TAMBÉ et al., 2013).

Rodrigues-Figueroa, McClanahan e Bowles (2014) avaliaram a extrusão de NaOCl promovida durante a irrigação a partir de 114 dentes humanos unirradiculares, divididos em 6 grupos experimentais, 3 grupos (n=18) constituídos de dentes com canais retos e 3 grupos (n=20) contendo dentes com canais curvos. Após o preparo dos canais radiculares até o diâmetro 40.04, procedeu-se à irrigação por um dos seguintes métodos: seringa e agulha com abertura lateral, irrigação ultrassônica passiva e EndoActivator<sup>®</sup>. O volume de irrigante extruído foi calculado pela espectrofotometria associada a uma curva padrão das concentrações conhecidas. Os resultados demonstraram que (i) houve uma grande incidência de

dentes sem extrusão, entre 61% e 78%; (ii) a extrusão foi mínima em todos os métodos empregados; (iii) detectou-se uma extrusão de 1-3 $\mu$ L em 10% da amostra de canais curvos e em 11% da de canais retos; (iv) dois dentes com canais retos do grupo da irrigação com seringa e agulha, e dois dentes com canais curvos do grupo em que se empregou o EndoActivator<sup>®</sup> apresentaram extrusão no volume de 3-10  $\mu$ L; (v) nos demais, a extrusão, quando presente, foi menor do que 1  $\mu$ L. Os investigadores concluíram que o emprego da irrigação ultrassônica deve ser indicado porque alia segurança e aumento de limpeza, principalmente nos istmos, e atuação no biofilme e detritos necróticos.

O efeito da agitação do irrigante na extrusão para a região periapical foi avaliado por Boutsoukis, Psimma e Kastrianakis (2014) em 16 dentes humanos em que foram dispensados 2 mL de solução de hipoclorito de sódio a 6% a 3 mm do comprimento de trabalho por meio de seringa e agulha. Os métodos empregados foram a agitação ultrassônica com ponta Irrisafe<sup>®</sup>, a agitação sônica pelo sistema EndoActivator<sup>®</sup>, a agitação manual dinâmica associada a um cone de guta-percha 35.06, e a irrigação passiva (controle) com duração de 10 segundos. O volume de irrigante extruído foi determinado por uma sonda de eletrocondutividade. A agitação pela técnica manual dinâmica promoveu uma extrusão significativamente maior do que as outras técnicas, inclusive a do controle. Não foram encontradas diferenças entre a agitação sônica e a ultrassônica, e essas foram semelhantes à do grupo controle.

Em uma análise de diferentes sistemas de agitação do irrigante quanto à extrusão de detritos e irrigantes em sistemas aberto e fechado, o Lentulo, o EndoVac<sup>®</sup>, a Canal Brush<sup>®</sup>, o EndoActivator<sup>®</sup> e a irrigação ultrassônica passiva foram comparados com a irrigação com seringa e agulha. Nesses métodos, após o preparo do canal, 1 ml de Edta a 17% foi agitado por 30 segundos no canal e irrigados com seringa e agulha com água destilada. O volume de irrigante extruído foi mensurado com uma pipeta e, depois de evaporado, os detritos foram pesados em balança analítica. Com exceção do Lentulo e do EndoVac<sup>®</sup>, os sistemas que empregaram agitação do irrigante promoveram mais extrusão do que o controle. O sistema aberto, no qual não houve resistência no ápice para extrusão, foi extruída uma maior quantidade de detritos e irrigantes. O EndoVac<sup>®</sup> proporcionou menor extrusão, e a irrigação ultrassônica passiva, maior extrusão (GUPTA; NIKHIL; JHA, 2014).

O efeito na extrusão promovido pela irrigação por seringa e agulha foi comparado com quatro outros sistemas — irrigação ultrassônica passiva, emprego de Vibringe<sup>®</sup>, de EndoVac<sup>®</sup> e de SAF<sup>®</sup> —, utilizando-se 75 incisivos inferiores distribuídos em cinco grupos e irrigados com água destilada associada a cada um desses produtos. O material extruído foi coletado em tubos Eppendorf e submetido à temperatura de 37°C por 10 dias para evaporação do irrigante. O peso do material extruído foi obtido pela diferença entre as pesagens em balança analítica antes e após a evaporação do irrigante. Todos os sistemas de irrigação estiveram associados à extrusão apical de detritos, mas a utilização de SAF<sup>®</sup> promoveu uma extrusão significativamente menor do que a obtida com os outros métodos experimentais (KARATAS et al., 2015).

Alkahtani, Al Khudhairi e Anil (2014) compararam a extrusão de detritos e irrigante promovida pelo sistema EndoVac<sup>®</sup> e por dois tipos de agulha de irrigação com seringa em pré-molares humanos extraídos. Foram empregados 12 mL de hipoclorito de sódio a 5,25% na irrigação por cada um dos métodos experimentais e o conteúdo extruído foi coletado, comparando-se os pesos em µg. A agulha com abertura na ponta promoveu a maior extrusão ( $0,31 \pm 0,13$ ), seguida pela agulha de abertura lateral ( $0,20 \pm 0,09$ ) e do EndoVac<sup>®</sup> ( $0,09 \pm 0,03$ ).

Os métodos de irrigação seringa e agulha, SAF<sup>®</sup>, EndoVac<sup>®</sup> e irrigação ultrassônica passiva foram avaliados por Iriboz e outros (2015) quanto à extrusão de hipoclorito de sódio, em um modelo experimental de gel de agarose, com a utilização de 42 dentes humanos unirradiculares com diâmetros apicais de 30 mm e 50 mm. A avaliação da extrusão do irrigante foi realizada pela mudança de cor do gel, no qual estavam inseridos os ápices dos dentes, de lilás para amarelo quando em contato com o irrigante. Foram realizadas fotografias 20 minutos após a primeira irrigação com NaOCl, e a área de gel com a cor modificada foi mensurada em *pixels*, empregando-se o programa Adobe Photoshop 7. Independentemente do diâmetro apical, o percentual médio de extrusão foi de 40% para a irrigação com seringa e agulha, de 45% para o SAF<sup>®</sup>, de 40% para a irrigação ultrassônica passiva e de 10% para o EndoVac<sup>®</sup>. Embora o percentual de dentes que apresentaram extrusão pelo método SAF<sup>®</sup> tenha sido maior do que os submetidos à irrigação convencional, os autores enfatizaram que, na irrigação com seringa e agulha, a quantidade de irrigante extruído foi maior, devido ao maior número de *pixels* nas áreas de gel, fato esse relevante em vista do maior risco de possível dano aos tecidos periapicais.

A extrusão apical promovida pela irrigação ativada à laser (Pips<sup>®</sup> 0,3 W e Pips<sup>®</sup> 0,9 W) foi comparada com a agitação ultrassônica e a irrigação convencional com seringa e agulha de extremidade aberta (2015), preparando-se 64 pré-molares inferiores até o instrumento ProTaper<sup>®</sup> F3, distribuindo-os em quatro grupos e montando-os em um aparato para coleta do irrigante extruído. Uma esponja posicionada no ápice do dente foi utilizada para coleta do líquido e para simular a resistência da região periapical, e a extrusão foi mensurada pela diferença entre o peso da esponja antes e após a realização da irrigação. A análise estatística não revelou, porém, diferenças entre a quantidade de irrigante extruído nos quatro grupos de dentes examinados (ARSLAN et al., 2015).

As pesquisas incluídas nesta revisão demonstram que o terço apical do canal radicular se mantém como uma área de difícil limpeza. Essa constatação associada à diversidade de fatores que concorrem para a efetividade da irrigação motiva a investigação de protocolos de irrigação que associem o desbridamento efetivo desse terço do canal à segurança da região periapical.



## **6 METODOLOGIA**

Esta pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto de Ciências da Saúde da Universidade Federal da Bahia (UFBA), de acordo com os requisitos da Resolução nº 466, de 12 de dezembro de 2012, do Conselho Nacional de Saúde (CNS), em Parecer Consubstanciado nº 889.905, datado de 26/11/2014, sob o registro CAAE 36826114.5.0000.5662 (ANEXO A).

## 6.1 SELEÇÃO DA AMOSTRA E PREPARO DOS ESPÉCIMES

O tamanho da amostra foi determinado assumindo-se um efeito de 0,6, detectado por três ANOVA simultâneas com três variáveis dependentes, para  $\alpha$  ajustado em 0,0167 (0,05/3), com poder de 85% (SABER; HASHEM, 2011).

Selecionaram-se 65 dentes que foram distribuídos em seis grupos experimentais (n=10) e um grupo controle negativo, este último apenas para a microscopia eletrônica de varredura (MEV), constituído de cinco espécimes.

Um único operador calibrado foi responsável pela realização da etapa experimental.

Os 65 dentes foram escolhidos de um *pool* de 165 incisivos e caninos humanos extraídos e estocados em solução de timol a 0,1% até o início do experimento. Inicialmente, os 165 dentes foram inspecionados em lupa ótica com aumento de 3,5x e obtidas imagens digitais no sentido vestibulolingual e mesiodistal por meio de aparelho radiográfico (Spectro 70X Eletronic, Dabi Atlante, Ribeirão Preto, SP, Brasil) e sensor digital (New Ida, Dabi Atlante, Ribeirão Preto, SP, Brasil). Selecionaram-se, então, os espécimes que apresentaram raízes completamente formadas, canais retos (SCHNEIDER, 1971), únicos e circulares (DE DEUS et al., 2010a), ausência de cárie, reabsorções, calcificações, fratura radicular e tratamento endodôntico prévio.

Para a padronização do comprimento dos espécimes em 19 mm, as raízes foram medidas com o auxílio de uma régua milimetrada, e uma linha perpendicular ao longo eixo da raiz foi demarcada com lápis grafite preto. O excedente coronário foi removido por meio de um disco diamantado dupla face (7016, KG Sorensen, Medical Burs Ind. e Com. de Pontas e Brocas Cirúrgicas Ltda., Cotia, SP, Brasil) montado em mandril e acionado por um motor elétrico (Dentec, modelo 450N Rio de Janeiro-RJ, Brasil) posicionado na linha demarcada.

O acesso foi regularizado com uma broca troncocônica de ponta inativa (Endo Z, Dentsply-Maillefer, Tulsa, Oklahoma, USA). Para seleção da amostra foi realizado um esvaziamento prévio nos canais por meio da agitação de uma lima K 06 (Dentsply-Maillefer, Tulsa, Oklahoma, USA) associada à irrigação com hipoclorito de sódio (NaOCl) a 2,5% (Asfer Indústria Química Ltda., São Caetano do Sul, SP, Brasil) e aspiração. O comprimento de trabalho foi estabelecido introduzindo-se uma lima K 10 (Dentsply-Maillefer, Tulsa, Oklahoma, USA) no canal radicular, recuando-se 1 mm do comprimento obtido após sua visualização no forame apical. Foram selecionados dentes nos quais o diâmetro do forame apical fosse inferior ao diâmetro de um instrumento manual número 15, e excluídos os dentes nos quais a lima K 15 (Dentsply-Maillefer, Tulsa, Oklahoma, USA) foi extruída além do forame. Optou-se pelas raízes nas quais a lima K 30 (Dentsply-Maillefer, Tulsa, Oklahoma, USA) tivesse atingido o comprimento real de trabalho (CRT). Dentes com diâmetro inferior a 0,30 mm no CRT também foram excluídos da amostra.

Os 65 dentes que preencheram os critérios de seleção foram acondicionados em solução de timol a 0,1% em tubos Eppendorf numerados de 1 a 65. A seguir, foram lavados em água deionizada, transferidos para tubos de ensaio individuais numerados, contendo 2 mL de soro fisiológico, e armazenados em estufa a 37°C, 100% de umidade relativa, durante sete dias, para hidratação.

Uma lâmina de cera rosa número 7 (Lysandra Produtos Odontológicos Ltda., São Paulo, SP, Brasil) foi dobrada em forma de quadrado, e cada raiz posicionada no centro (FIGURA 1). Foram realizadas a marcação da linha de secção vertical nas faces vestibular e lingual com grafite e a confecção de sulcos longitudinais com uma broca troncocônica diamantada (Microdont, modelo 2200, São Paulo, SP, Brasil) associada a turbina de alta rotação. Esses sulcos serviram como guias para separação das hemifaces para análise posterior na microscopia eletrônica de varredura. Os sulcos foram executados superficialmente de forma a impedir a comunicação com o canal radicular.



**Figura 1** - Raiz posicionada na cera

## 6.2 PREPARO DOS CANAIS RADICULARES

Os dentes foram posicionados em um torno, envolvidos individualmente em uma compressa de gaze. Esse procedimento foi realizado com o objetivo de evitar a fratura da raiz durante a fixação no torno. Uma lima K 20 (Dentsply-Maillefer, Tulsa, Oklahoma, USA) foi utilizada para esvaziamento do conteúdo do canal radicular associada a 2,5 mL de solução de hipoclorito de sódio a 2,5%. Para padronizar o diâmetro da constrição apical, uma lima K 15 (Dentsply-Maillefer, Tulsa, Oklahoma, USA) foi transpassada 2,5 mm no forame, conferindo à constrição apical um diâmetro de 0,20 mm.

Os canais foram preparados utilizando-se instrumentos de níquel titânio RECIPROC<sup>®</sup> número 50 (VDW GmbH, Munique, Alemanha), associados ao motor RECIPROC Silver<sup>®</sup> (VDW GmbH, Munique, Alemanha). Antes da utilização do Sistema RECIPROC<sup>®</sup>, a velocidade de rotação e a precisão do torque do motor foram calibradas por meio da função “calibration/CAL”. A instrumentação dos canais radiculares foi realizada por um único operador, segundo as recomendações do fabricante. O instrumento foi utilizado em movimentos de bicada, em sentido apical, até atingir-se o comprimento de trabalho, passando, a seguir, a ser utilizado em movimento curto e circunferencial, de penetração e retrocesso, com pequena pressão apical, com o objetivo de tocar em toda a extensão do canal radicular. Entre os avanços do instrumento no canal radicular em cada terço, eles foram irrigados

com uma solução de NaOCl a 2,5%. A patência apical foi realizada com um instrumento endodôntico manual tipo K 10. As raspas de dentina presentes no instrumento rotatório foram removidas com gaze embebida em solução de NaOCl. O tempo de preparo foi padronizado em três minutos, incluindo-se as manobras de irrigação e aspiração. Nessa etapa, o volume de hipoclorito de sódio a 2,5% utilizado foi de 3 mL para cada canal instrumentado.

Os instrumentos foram descartados após o uso único, e foram realizadas uma nova irrigação com 2,5 mL de hipoclorito de sódio a 2,5% e uma irrigação final de 2 mL de água deionizada.

Para a irrigação, durante toda a etapa de preparo, foi utilizada seringa descartável de 05 mL tipo *luer lock* (Ultradent Products Inc., South Jourdan, EUA) e agulha NaviTip® 30G, 25 mm (Ultradent Products Inc., South Jourdan, EUA) associada à cânula de aspiração. A ponta da agulha de irrigação foi posicionada a 2 mm do comprimento real de trabalho, e o irrigante foi injetado de forma passiva. O fluxo de irrigação empregado foi de 6 mL/min (SHEN et al., 2010; JIANG et al., 2012); o controle do fluxo de irrigação foi realizado por meio do sistema volume/tempo (TANOMARU-FILHO et al., 2014). Para tanto, foi realizada uma calibração prévia do operador para que a pressão aplicada no êmbolo da seringa fosse compatível com o fluxo empregado.

Findo o preparo, os canais foram secos por meio de aspiração com cânula aspiradora durante 30 segundos e cones de papel.

As raízes foram secas, externamente, com jato de ar da seringa tríplice e compressas de gaze. Para garantir que a extrusão mensurada fosse proveniente exclusivamente do forame apical, a superfície externa de cada espécime foi impermeabilizada até as proximidades do forame apical, com duas camadas de esmalte para unhas (Risqué®, NIASI, Taboão da Serra, SP, Brasil), respeitado o



**Figura 2** - Superfície externa da raiz impermeabilizada com duas camadas de esmalte

tempo de quarenta segundos entre as aplicações de cada camada (FIGURA 2).

### 6.3 DISTRIBUIÇÃO DOS ESPÉCIMES NOS GRUPOS EXPERIMENTAIS

Os 65 espécimes foram distribuídos, mediante sorteio, em sete grupos, sendo seis experimentais (n=10) submetidos à irrigação final, de acordo com o protocolo estabelecido para cada grupo; o grupo controle negativo (n=5) foi utilizado apenas para avaliação da limpeza do canal, na microscopia eletrônica de varredura, e os canais, embora instrumentados, não foram submetidos ao protocolo de irrigação final com o emprego das soluções desmineralizantes.

A distribuição dos grupos experimentais quanto à substância química utilizada e ao método de agitação empregado foi a seguinte: Grupo A - EDTA sem agitação, Grupo B - QMix™ sem agitação, Grupo C – EDTA associado à agitação manual, Grupo D - QMix™ associado à agitação manual, Grupo E – EDTA associado à agitação ultrassônica passiva e Grupo F - QMix™ associado à agitação ultrassônica passiva (Quadro 1).

### 6.4 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

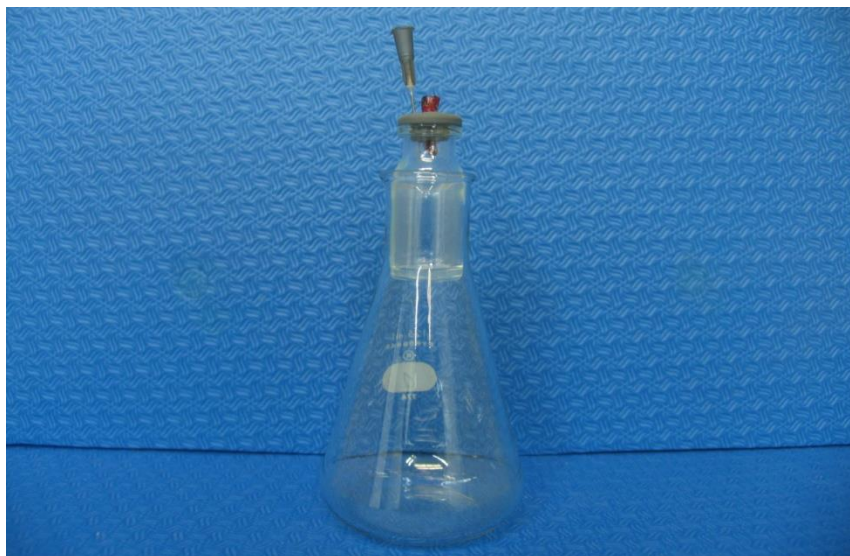
#### **6.4.1 Agitação do agente desmineralizante e quantificação dos irrigantes e detritos extruídos pelo forame apical**

Para coleta e avaliação da extrusão de irrigantes e detritos pelo forame apical, foi construído um aparato, baseado no modelo proposto por Myers e Montgomery (1991). Empregaram-se frascos de vidro de 10 mL (Frascolex Indústria e Comércio Ltda., São Paulo, Brasil) com tampa de borracha, que foi perfurada com uma espátula aquecida, e a raiz foi inserida nos frascos de coleta pelo orifício realizado nessa tampa. Dessa forma, o material extruído pelo forame apical foi coletado para posterior pesagem. Uma agulha hipodérmica 22G (BD, Becton Dickinson Indústria Cirúrgica Ltda., Curitiba, Brasil) foi inserida na tampa de borracha para equilibrar a pressão entre os meios externo e interno (FIGURA 3). Para garantir que apenas o conteúdo extruído pelo forame fosse coletado nos frascos, a interface dente/tampa foi vedada por meio da colagem da raiz pela junção cimento-esmalte na tampa de borracha com cola de silicone aquecida. Esse conjunto foi posicionado em um Erlenmeyer com capacidade de 125 mL, com o objetivo de evitar-se a

movimentação do frasco de coleta durante a irrigação (FIGURA 4). Todos os espécimes foram submetidos ao protocolo de irrigação e/ou agitação nesse aparato.



**Figura 3** - Aparato para coleta do conteúdo extruído



**Figura 4** - Aparato posicionado no Erlenmeyer

Antes do emprego dos protocolos de irrigação, os frascos para coleta do material extruído foram pesados, por três vezes, em balança analítica de precisão  $10^{-4}$  (Shimadzu, Modelo AY 220 - SHIMADZU Corporation, Kyoto, Japão), e a média do peso foi registrada.

Os dentes foram posicionados individualmente no aparato, e os protocolos de irrigação realizados conforme explicitado no Quadro 1.

GRUPO	MÉTODO DE AGITAÇÃO	PROTOCOLO
Grupo A (n=10)	Sem agitação	Inundação do canal radicular com 0,2 mL de EDTA a 17% (Maquira Ind. de Produtos Odontológicos Ltda., Maringá, PR), mantido no canal por um minuto.
Grupo B (n=10)	Sem agitação	Inundação do canal radicular com 0,2 mL de QMix™ (QMix™ 2in1® Dentsply, Tulsa Dental Specialties, Tulsa, Oklahoma), mantido no canal por um minuto.
Grupo C (n=10)	Manual associada ao instrumento endodôntico #20	Inundação do canal radicular com 0,2 mL de EDTA a 17% (Maquira Ind. de Produtos Odontológicos Ltda., Maringá, PR), ativado pela agitação manual do instrumento endodôntico #20, por um minuto.
Grupo D (n=10)	Manual associada ao instrumento endodôntico #20	Inundação do canal radicular com 0,2 mL de QMix™ (QMix™ 2in1®, Dentsply, Tulsa Dental Specialties, Tulsa, Oklahoma), ativado pela agitação manual do instrumento endodôntico #20, por um minuto.
Grupo E (n=10)	Automatizada. Irrigação ultrassônica passiva associada a ponta Irrisonic E1 (Helse Dental Technology, Santa Rosa de Viterbo, SP, Brasil)	Inundação do canal radicular com 0,2 mL de EDTA a 17% (Maquira Ind. de Produtos Odontológicos Ltda., Maringá, PR), ativado pelo ultrassom (potência 30Hz) associado a ponta Irrisonic E1, por um minuto.
Grupo F (n=10)	Automatizada. Irrigação ultrassônica passiva associada a ponta Irrisonic E1 (Helse Dental Technology, Santa Rosa de Viterbo, SP, Brasil)	Inundação do canal radicular com 0,2 mL de QMix™ (QMix™ 2in1®, Dentsply, Tulsa Dental Specialties, Tulsa, Oklahoma), ativado pelo ultrassom (potência 30Hz) associado a ponta Irrisonic E1, por um minuto.

Quadro 1 - Distribuição dos grupos experimentais de acordo com o método de agitação e protocolo

Fonte: Elaboração da autora.

Dez dentes foram submetidos à irrigação final em cada turno. Para impedir que o operador visualizasse a quantidade de material extruído, o frasco de coleta foi envolvido em papel laminado.

Os canais foram inundados com 0,2 mL do agente desmineralizante EDTA a 17% (Maquira Ind. de Produtos Odontológicos Ltda., Maringá, PR, Brasil) ou QMix™



2 in 1<sup>®</sup> (Dentsply, Tulsa Dental Specialties, Tulsa, Oklahoma), utilizando-se seringa e agulha 30G. O protocolo de irrigação foi aplicado em cada grupo, como preconizado, por um minuto.

Nos grupos em que a agitação não foi realizada, o irrigante foi dispensado passivamente, com a agulha de irrigação posicionada distante 2 mm do CRT e mantido no canal por um minuto.

Nos grupos em que se realizou a agitação, o instrumento utilizado foi posicionado a 2 mm do CRT. Nos grupos de agitação manual, 100 movimentos de penetração e tração, com amplitude de, aproximadamente, 3 mm foram realizados com uma lima endodôntica manual número 20 por um minuto.

Nos grupos de irrigação ultrassônica passiva (IUP), o aparelho de ultrassom (Piezon 200, E.M.S., Electro Medical Systems, Nyon, Suíça) foi empregado na intensidade 1. O inserto para IUP foi posicionado no centro do canal, evitando-se contato com suas paredes e vibrado por um minuto.

Decorrido o tempo determinado, o conteúdo do canal foi aspirado com uma ponta de sucção associada à ponta do sugador do equipo por 15 segundos. Essa cânula foi posicionada no terço cervical da raiz, distando 18 mm do seu ápice.

O conjunto tampa de borracha, raiz e agulha 22G foi removido dos frascos de coleta, que foi reservado para pesagem em balança analítica de precisão.

As raízes foram removidas da tampa de borracha, posicionadas num torno e submetidas a uma irrigação final por meio de seringa e agulha 30G, contendo 2,8 mL do agente desmineralizante, EDTA ou QMix<sup>™</sup>, de acordo com cada grupo experimental.

Nos grupos em que o EDTA foi empregado, foi realizada uma irrigação final com 2,0 mL de NaOCl a 2,5% e 2,0 mL de água deionizada. Nos grupos nos quais o QMix<sup>™</sup> foi empregado, utilizaram-se 4 mL de água deionizada para a irrigação final. Respeitou-se o fluxo de 6 mL/min. Os canais foram aspirados por 30 segundos com cânula de aspiração associada à ponta do sugador do equipo odontológico.

Após a realização dos procedimentos de irrigação final de cada grupo, os frascos de coleta do material extruído foram pesados, novamente, em balança analítica de precisão por três vezes, e registrada a média dessas pesagens (FIGURA 5). Determinou-se a quantidade do material extruído pelo forame, constituído de irrigantes e detritos, subtraindo-se o peso prévio do aparato do peso final após coleta.

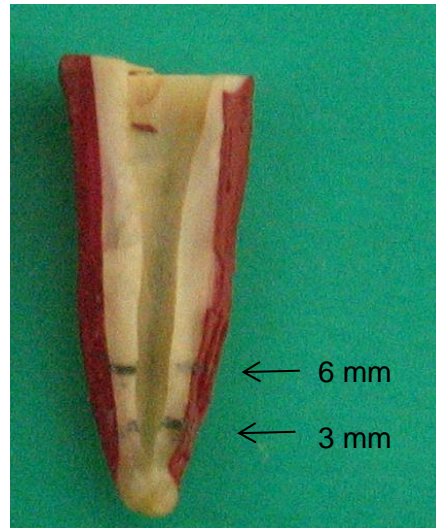
Terminada essa pesagem, os frascos de coleta com o material extruído foram colocados em estufa a 37°C por cinco dias, para evaporação do irrigante, realizando-se uma terceira pesagem. Determinou-se a quantidade do material sólido extruído subtraindo-se o peso prévio do aparato do peso final após coleta e evaporação do irrigante utilizado.



**Figura 5** - Pesagem do frasco de coleta do material extruído em balança de precisão

#### **6.4.2 Determinação da permanência dos detritos e da camada residual por meio de MEV**

Após os procedimentos de irrigação, as raízes foram posicionadas no suporte confeccionado de cera rosa. Com o auxílio de um cinzel e de um martelo cirúrgico, os espécimes foram clivados em hemisseções, com base nos sulcos realizados previamente nas faces vestibular e lingual. Em cada amostra, foram registradas com grafite as distâncias de 3 mm e de 6 mm a partir do ápice, limitando-se os dois pontos longitudinais, no terço apical, para análise em MEV (FIGURA 6). Os espécimes foram embalados, individualmente, em papel laminado, a fim de evitar-se contaminação por poeira.



**Figura 6** - Hemiface da raiz com pontos de avaliação demarcados a 3 mm e a 6 mm do ápice radicular

A hemiface que apresentou maior integridade no terço apical, após a secção, foi avaliada no microscópio eletrônico de varredura (JEOL, modelo JSM6390LV, Fundação Osvaldo Cruz, Salvador, BA, Brasil) com magnificação de 200x e 1000x para detritos e camada residual, respectivamente. Os espécimes foram posicionados no porta-amostra do microscópio com o auxílio de uma fita carbono e inseridos na câmara do MEV para avaliação (FIGURA 7). Os parâmetros utilizados foram: 10KV de velocidade de aceleração, distância entre 10 mm e 14 mm e *spot size* 40.



**Figura 7** - Porta-amostra (A) e inserção no MEV (B)

Foram obtidas 260 fotomicrografias, quatro de cada espécime tanto dos grupos experimentais como do grupo controle.

A área de análise foi a região central do canal preparado, nos pontos demarcados a 3 mm e a 6 mm do ápice radicular. A interpretação das imagens obtidas no MEV foi realizada por dois especialistas em endodontia, experientes na análise da camada residual e calibrados, não lhes tendo sido informado a que grupo as imagens pertenciam. Aplicaram-se os escores propostos por Hülsmann, Rummelin e Schafers (1997) para detritos e camada residual.

Detritos foram definidos como lascas de dentina, restos pulpares e de tecido necrótico frouxamente ligados à parede do canal radicular (HÜLSMANN, RUMMELIN, SCHAFERS, 1997). Os seguintes escores de limpeza foram estabelecidos para a análise da permanência de detritos:

- 1 - Parede do canal radicular limpa, poucas e pequenas partículas de detritos.
- 2 - Poucas e pequenas aglomerações de detritos.
- 3 - Muitas aglomerações de detritos que cobrem menos de 50% da parede do canal radicular
- 4 - Mais de 50% da parede do canal radicular coberta por detritos
- 5 - Paredes completamente ou quase totalmente cobertas por detritos.

A camada residual é uma película superficial de detritos retida na dentina e em outras superfícies, derivada da ação mecânica dos instrumentos rotatórios ou manuais nas paredes do canal radicular (AMERICAN ASSOCIATION OF ENDODONTISTS, 2012). Para a análise da permanência da camada residual, estabeleceram-se os escores a seguir:

- 1 - Ausência de camada residual, túbulos dentinários abertos.
- 2 - Pequena quantidade de camada residual, alguns túbulos dentinários abertos.
- 3 - Camada residual homogênea em toda a superfície do canal, poucos túbulos dentinários abertos.
- 4 - Parede do canal radicular coberta por uma camada residual homogênea, ausência de túbulos abertos.
- 5 - Camada residual não homogênea e pesada cobrindo por completo toda a superfície do canal radicular.

Para realização da análise estatística e comparação entre os grupos, assumiu-se que a efetividade dos protocolos de irrigação implica a ausência de detritos no canal radicular, conjugando-se, desse modo, os escores 1 e 2 em “remoção adequada” de detritos, e os escores 3, 4 e 5, em “remoção inadequada” de detritos.

Da mesma forma que para a remoção da detritos, assumiu-se que a efetividade da irrigação implica a ausência de camada residual; desse modo, os escores da avaliação qualitativa 1 e 2 foram agrupados e receberam a denominação “remoção adequada” da camada residual, e os escores 3, 4 e 5 foram agrupados sob a denominação “remoção inadequada” da camada residual.

A análise estatística foi realizada sob esses parâmetros.

#### **6.4.3 Determinação do teor de cálcio dos detritos extruídos pelo forame apical**

Determinou-se a concentração de cálcio nos detritos extruídos, que foram diluídos em 0,2 mL de água deionizada. Para a reação de colorimetria, empregou-se o kit de reagentes para determinação de cálcio, o cálcio arsenazo III (Bioclin, K051, Quibasa Química Básica Ltda., Belo Horizonte, MG, Brasil), e as amostras foram preparadas, segundo as orientações do fabricante, empregando-se 10 µL do resíduo extruído diluído para 1 mL do reagente. A espectrofotometria por colorimetria foi obtida por meio da mensuração da intensidade da cor azul, resultado da reação do cálcio com o arsenazo III, e a absorbância foi determinada no comprimento de onda 640 nm. As leituras em espectrofotômetro (Biospectro, modelo SP 220, Curitiba, PR, Brasil) foram realizadas em triplicata.

### **6.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA**

Os dados foram analisados com a utilização do pacote estatístico R (2016). Empregou-se o nível de significância de 5%.

O coeficiente de concordância para as variáveis ordinais de Kendall (1948) foi empregado para a avaliação da concordância entre os examinadores quanto aos escores da camada residual e dos detritos. Após a redução de escala das variáveis, camada residual e detritos, para qualitativas nominais, os grupos do estudo foram

comparados inicialmente por meio do teste exato de Fisher, dadas as condições marginais prefixadas no início do estudo. Em seguida, para a comparação dos grupos dois a dois, aplicou-se o teste para comparação de proporções múltiplas de Fisher, com o ajuste proposto por Benjamini e Hochberg (1995), o *false discovery rate*.

O teste Qui-Quadrado ou o teste exato de Fisher foram empregados para a comparação da proporção de inadequação entre os grupos dos irrigantes EDTA e QMix™.

Para a comparação dos pesos dos irrigantes e dos detritos, após a avaliação da aderência à distribuição normal, realizou-se apenas o teste de Kruskal-Wallis, uma vez que não houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos.

Para a comparação da medida do cálcio entre os grupos, uma vez que a distribuição dos seus valores não aderiu à distribuição normal, a partir da avaliação das assimetrias e achatamentos, utilizou-se a ANOVA não paramétrica (teste de Kruskal-Wallis). Em seguida, para a comparação dos grupos dois a dois, empregou-se o teste de comparação múltipla de Wilcoxon com o ajuste proposto por Benjamini e Hochberg (1995) (*false discovery rate*).

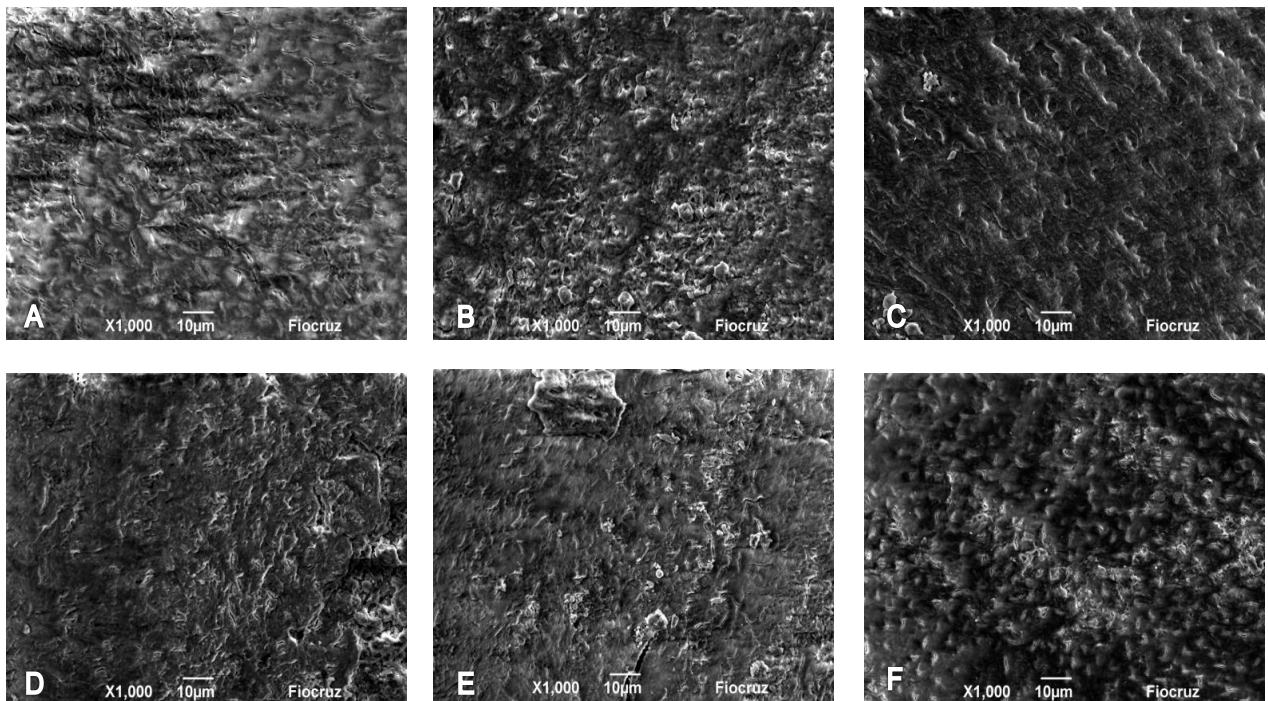
## **7 RESULTADOS**

## 7.1 REMOÇÃO DA CAMADA RESIDUAL E DE DETRITOS

### 7.1.1 Remoção da camada residual

Os valores apontados pelo coeficiente de Kendall, que indica a concordância entre os examinadores, para os escores atribuídos à remoção da camada residual, foram 0,973 a 3 mm do ápice radicular e 0,965 a 6 mm do ápice radicular, tendo-se observado uma alta concordância entre os examinadores.

No grupo controle, notou-se a presença significativa da camada residual nos dois pontos de observação do canal radicular. Na Figura 8, constam fotomicrografias obtidas pela microscopia eletrônica de varredura para esse grupo.



**Figura 8** - Grupo controle, fotomicrografias da camada residual (1000x):

A, B e C, a 3 mm do ápice radicular; D, E, F, a 6 mm do ápice radicular

Fonte: Elaboração da autora.

O grupo controle foi instrumentado apenas pelo NaOCl a 2,5%, sem irrigação adicional pelo agente desmineralizante da dentina. Em vista da presença maciça da camada residual, foram obtidos 100% de escores passíveis de conjugação em



“remoção inadequada” da camada residual, razão pela qual os dados desse grupo não foram incluídos na análise estatística.

A distribuição dos escores referentes à remoção da camada residual para os grupos experimentais a 3 mm do ápice radicular encontra-se expressa na Tabela 1 e na Figura 9.

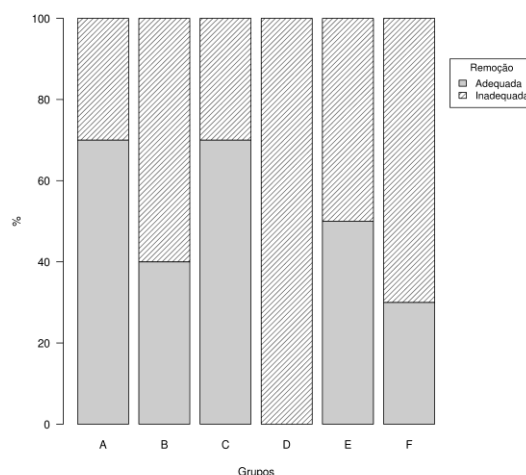
**Tabela 1** - Distribuição dos escores para os grupos experimentais quanto à remoção da camada residual a 3 mm do ápice radicular

Grupo	Escore		Total
	Remoção adequada n° escores (%)	Remoção inadequada n° escores (%)	
A	7 (70%)	3 (30%)	10
B	4 (40%)	6 (60%)	10
C	7 (70%)	3 (30%)	10
D	0 (0%)	10 (100%)	10
E	5 (50%)	5 (50%)	10
F	3(30%)	7 (70%)	10
Total	26	34	60

Fonte: Elaboração da autora.

Teste exato de Fischer (p=0,0079).

Notas: A-EDTA sem agitação; B-QMix™ sem agitação; C-EDTA com agitação manual; D- QMix™ com agitação manual; E-EDTA com agitação ultrassônica passiva; F- QMix™ com agitação ultrassônica passiva.



**Figura 9** - Distribuição percentual de escores nos grupos experimentais em função da remoção da camada residual a 3 mm do ápice radicular: A-EDTA sem agitação; B-QMix™ sem agitação; C-EDTA com agitação manual; D-QMix™ com agitação manual; E-EDTA com agitação ultrassônica passiva; F-QMix™ com agitação ultrassônica passiva.

Fonte: Elaboração da autora.

Uma vez que o teste exato de Fischer indicou que, a 3 mm do ápice radicular, existe diferença em pelo menos um dos grupos experimentais ( $p=0,0079$ ), realizou-se a comparação entre os grupos estudados, dois a dois, com o emprego do ajuste *false discovery rate*, e os valores de “p”, ao nível de significância de 5%, constam na Tabela 2.

**Tabela 2** - Comparação entre os grupos experimentais quanto à remoção da camada residual a 3 mm do ápice radicular

Grupo	A	B	C	D	E
B	0,61642	-	-	-	-
C	1,00000	0,6164	-	-	-
D	0,02322	0,3251	0,02322	-	-
E	0,81240	1,0000	0,81240	0,1625	-
F	0,44724	1,0000	0,44724	0,4511	0,8124

Fonte: Elaboração da autora.

Comparação de proporções múltiplas de Fischer, *false discovery rate*

Notas: A-EDTA sem agitação; B-QMix™ sem agitação; C-EDTA com agitação manual; D- QMix™ com agitação manual; E-EDTA com agitação ultrassônica passiva; F-QMix™ com agitação ultrassônica passiva.

Para os grupos experimentais em 3 mm do ápice radicular, o tratamento estatístico dos dados não apontou diferenças significativas entre os grupos, à exceção do grupo D (QMix™ sob agitação manual) que apresentou uma quantidade maior de escores para “remoção inadequada” da camada residual (10/100%) em comparação com o grupo A (EDTA sem agitação) (3/30%) e com o grupo C (EDTA agitado manualmente) (3/30%). Essa diferença foi considerada estatisticamente significativa ( $p<0,05$ ,  $p = 0,02322$ ), indicando um menor desempenho do QMix™ para a limpeza do terço apical, a 3 mm do ápice radicular no referido grupo D.

A Tabela 3 apresenta a distribuição e a proporção dos escores considerados como “remoção adequada e “remoção inadequada” da camada residual para os grupos dos irrigantes EDTA e QMix™ independentemente do método de agitação empregado, no ponto central de observação em MEV, em 3 mm do ápice radicular.

**Tabela 3** - Distribuição e proporção dos escores para os grupos experimentais quanto aos irrigantes EDTA e QMix™ a 3 mm do ápice radicular

Grupos	Remoção adequada Número / Proporção	Remoção inadequada Número / Proporção	Total
EDTA (A, C, E)	19 (63,3)	11 (36,7)	30
QMix™ (B, D, F)	7 (23,3)	23 (76,7)	30
Total	26	34	60

Fonte: Elaboração da autora.

( $p=0,0018$ ).

Notas: A-EDTA sem agitação; C-EDTA com agitação manual; E-EDTA com agitação ultrassônica passiva; B-QMix™ sem agitação; D-QMix™ com agitação manual; F-QMix™ com agitação ultrassônica passiva.

Nos grupos em que o EDTA foi empregado a 3 mm do ápice radicular, a remoção adequada da camada residual foi observada em 7 dos 10 (70%) espécimes do grupo A (sem emprego da agitação) e do grupo C (sob agitação manual), e em 5 dos 10 espécimes (50%) do grupo E, no qual foi empregado o ultrassom (Tabela 1 e Figura 9). Assim, independentemente da variável agitação, verificou-se a remoção adequada da camada residual em 19 dos 30 espécimes, ou seja, em 63,3% da amostra (Tabela 3).

Ainda a 3 mm do ápice radicular, quando foi utilizado o agente desmineralizante QMix™, a remoção adequada da camada residual foi identificada em 4 dos 10 (40%) espécimes do grupo B (sem agitação) e em 3 dos 10 (30%) do grupo F (em associação com o ultrassom). No grupo D (sob agitação manual) não foram observados escores de remoção adequada da camada residual (Tabela 1 e Figura 9). Desse modo, independentemente da variável agitação, verificou-se a remoção adequada da camada residual em 7 dos 30 espécimes, ou seja em 23,3% da amostra (Tabela 3).

A comparação entre esses resultados indica uma superioridade do EDTA (63,3%) sobre o QMix™ (23,3%), quanto à eficácia de remoção da camada residual a 3 mm do ápice radicular (Tabela 3).

A distribuição dos escores referentes à remoção da camada residual para os grupos experimentais a 6 mm do ápice radicular está expressa na Tabela 4 e na figura 10.

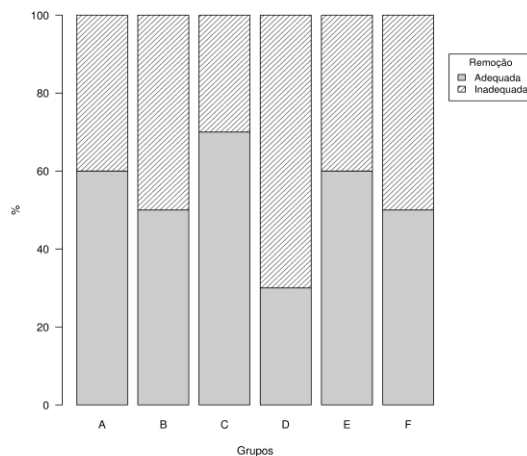
**Tabela 4** - Distribuição dos escores para os grupos experimentais quanto à remoção da camada residual a 6 mm do ápice radicular

Grupo	Escore		Total
	Remoção adequada n° escores (%)	Remoção inadequada n° escores (%)	
A	6 (60%)	4 (40%)	10
B	5 (50%)	5 (50%)	10
C	7 (70%)	3 (30%)	10
D	3 (30%)	7 (70%)	10
E	6 (60%)	4 (40%)	10
F	5 (50%)	5 (50%)	10
Total	32	28	60

Fonte: Elaboração da autora.

Teste exato de Fischer ( $p=0,67$ ).

Notas: A-EDTA sem agitação; B- QMix™ sem agitação; C-EDTA com agitação manual; D- QMix™ com agitação manual; E-EDTA com agitação ultrassônica passiva; F- QMix™ com agitação ultrassônica passiva.



**Figura 10** - Distribuição percentual de escores nos grupos experimentais em função da remoção da camada residual a 6 mm do ápice radicular: A-EDTA sem agitação; B-QMix™ sem agitação; C-EDTA com agitação manual; D-QMix™ com agitação manual; E-EDTA com agitação ultrassônica passiva; F-QMix™ com agitação ultrassônica passiva

Fonte: Elaboração da autora.

A comparação entre os grupos experimentais quanto à remoção da camada residual foi realizada por meio do teste exato de Fischer, que indicou não haver diferença estatística entre os grupos,  $p>0,05$  ( $p=0,67$ ), apresentando, portanto, um desempenho semelhante quanto à remoção da camada residual a 6 mm do ápice radicular.

Na Tabela 5 figuram a distribuição e a proporção de escores considerados como “remoção adequada” e “remoção inadequada” da camada residual para os

grupos dos irrigantes empregados, EDTA ou QMix™, independentemente do método de agitação, no ponto central de observação em MEV, a 6 mm do ápice radicular.

**Tabela 5** - Distribuição e proporção dos escores para os grupos experimentais quanto aos irrigantes EDTA e QMix™ a 6 mm do ápice radicular

Grupo	Remoção adequada Número / Proporção	Remoção inadequada Número / Proporção	Total
EDTA (A, C, E)	19 (63,3)	11 (36,7)	30
QMix™ (B, D, F)	11 (43,3)	23 (56,7)	30
Total	32	28	60

Fonte: Elaboração da autora.

(p= 0,12)

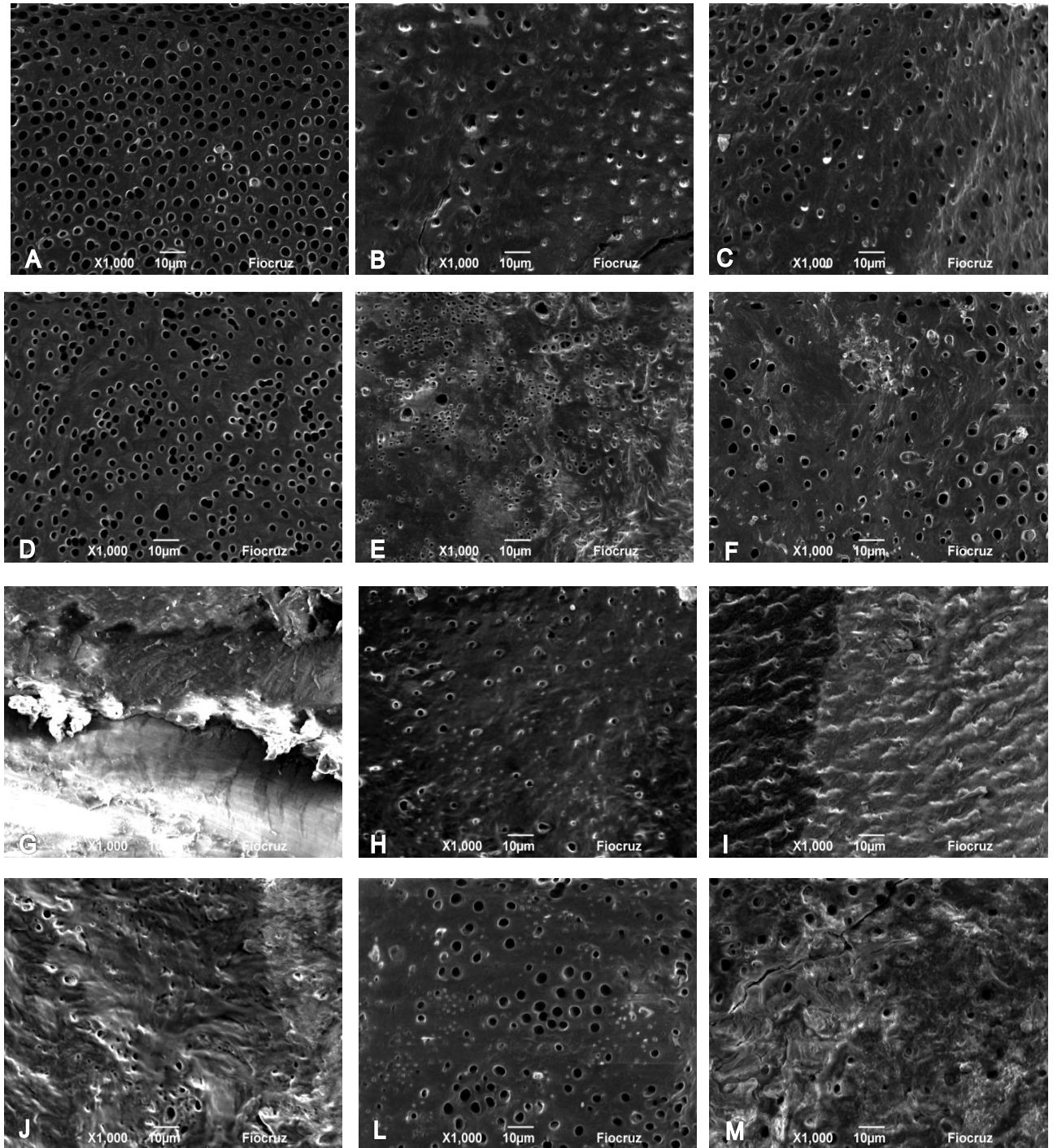
Notas: A-EDTA sem agitação; C-EDTA com agitação manual; E-EDTA com agitação ultrassônica passiva; B-QMix™ sem agitação; D-QMix™ com agitação manual; F-QMix™ com agitação ultrassônica passiva.

Nos grupos em que o EDTA foi empregado a 6 mm do ápice radicular, a remoção adequada da camada residual foi observada em 6 dos 10 (60%) espécimes do grupo A (sem agitação), em 7 dos 10 (70%) do grupo C (sob agitação manual), e em 6 dos 10 espécimes (60%) do grupo E, no qual foi empregado o ultrassom (Tabela 4 e Figura 10). Independentemente da variável agitação, observou-se a remoção adequada da camada residual para o irrigante EDTA em 19 dos 30 espécimes, ou seja, em 63,3% da amostra (Tabela 5).

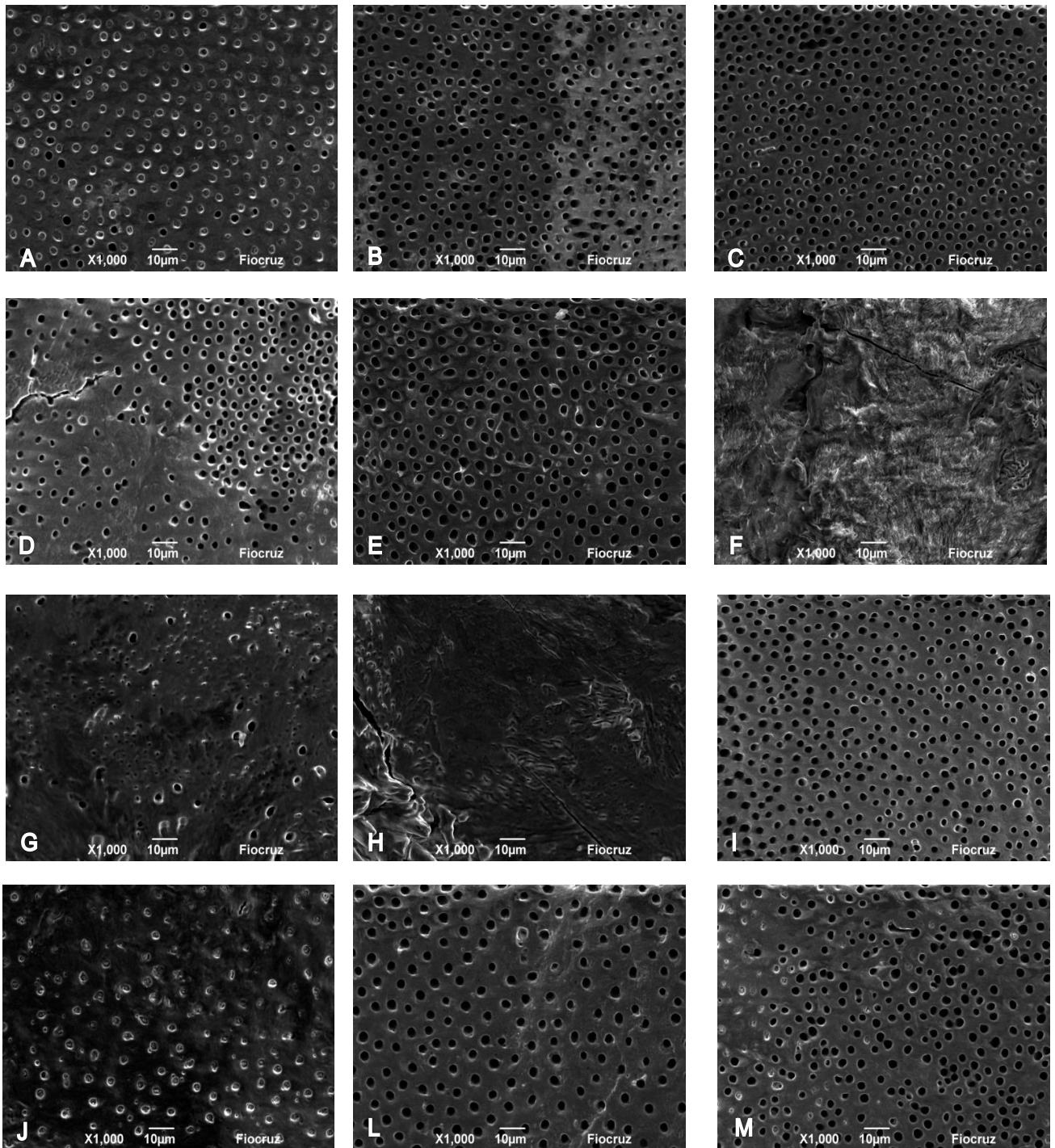
Nos grupos em que o agente desmineralizante QMix™ foi utilizado, a remoção adequada da camada residual foi identificada em 5 dos 10 (50%) espécimes do grupo B (sem agitação), em 3 dos 10 (30%) do grupo D (sob agitação manual), e em 5 de 10 (50%) do grupo F (associado ao ultrassom) (Tabela 4 e Figura 10). Assim sendo, independentemente da variável agitação, verificou-se a remoção adequada da camada residual para o irrigante QMix™ em 11 dos 30 espécimes, ou seja, em 43,3% da amostra (Tabela 5).

Embora esta última proporção tenha sido inferior àquela obtida pelo EDTA, a análise estatística não indicou diferença entre os irrigantes QMix™ e EDTA quanto à eficácia de limpeza nesse ponto de observação do canal radicular. (Tabela 5).

Nas figuras 11 e 12 constam as imagens, obtidas em microscopia eletrônica de varredura, de espécimes dos diversos grupos e os respectivos escores a eles atribuídos quanto à remoção da camada residual (HÜLSMANN; RUMMELIN; SCHAFERS, 1997).



**Figura 11** - Fotomicrografias da camada residual a 3 mm do ápice radicular (1000x): A) grupo A, escore 1; B) grupo A, escore 2; C) grupo B, escore 2; D) grupo B, escore 1; E) grupo C, escore 3; F) grupo C, escore 2; G) grupo D, escore 5; H) grupo D, escore 3; I) grupo E, escore 4; J) grupo E, escore 3; L) grupo F, escore 2; M) grupo F, escore 3  
 Fonte: Elaboração da autora.



**Figura 12** - Fotomicrografias da camada residual a 6 mm do ápice radicular (1000x): A) grupo A, escore 2; B) grupo A, escore 1; C) grupo B, escore 1; D) grupo B, escore 2; E) grupo C, escore 1; F) grupo C, escore 5; G) grupo D, escore 3; H) grupo D, escore 4; I) grupo E, escore 1; J) grupo E, escore 2; L) grupo F, escore 1; M) grupo F, escore 2

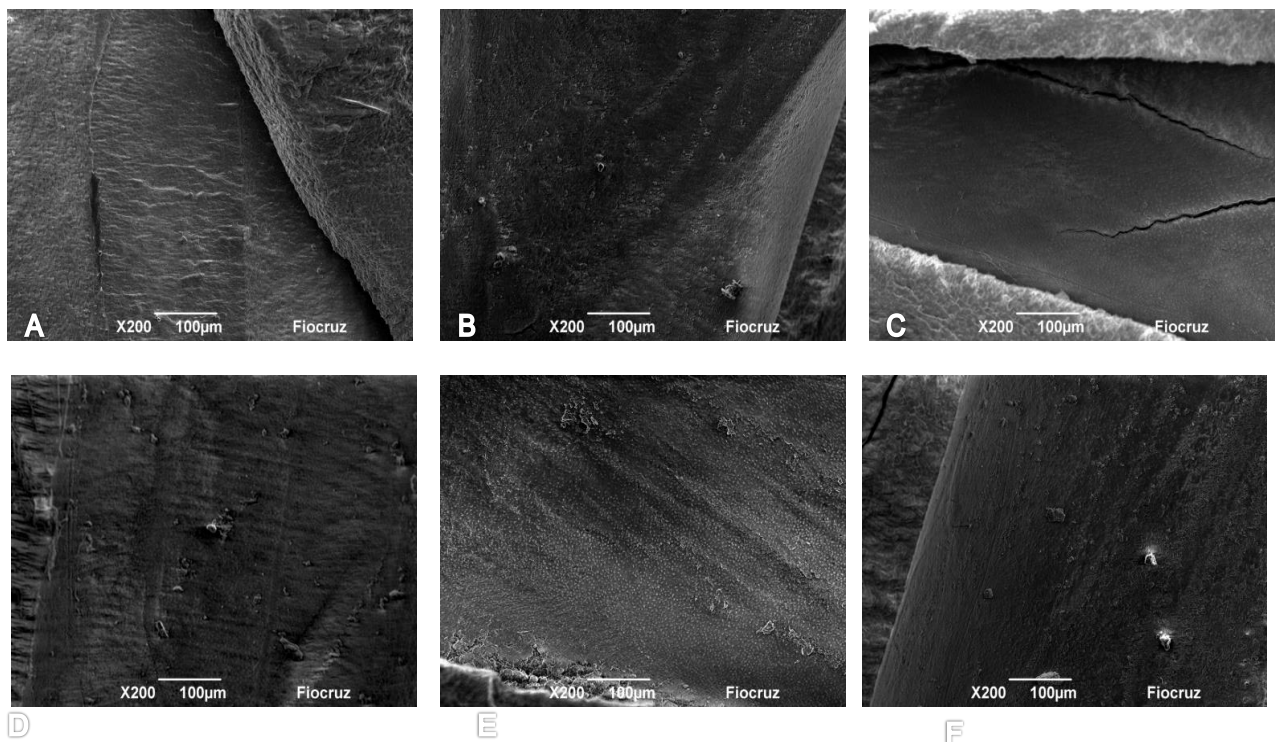
Fonte: Elaboração da autora.

### 7.1.2 Remoção de detritos

Os valores apontados pelo coeficiente de Kendall, que indica a concordância entre os examinadores para os escores atribuídos quanto à remoção de detritos, foram 0,948 a 3 mm do ápice radicular e 0,985 a 6 mm do ápice radicular, observando-se, portanto, uma alta concordância entre os examinadores.

O grupo controle, apesar de não ter sido submetido aos procedimentos de irrigação final pelo emprego de quelantes, apresentou poucos detritos e obteve, em sua totalidade, os escores 1 e 2. Nesse grupo, notou-se a remoção adequada de detritos nos dois pontos de observação pelo MEV, isto é, a 3 mm e a 6 mm do ápice radicular, optando-se, então, por incluí-lo na análise estatística.

As imagens, obtidas em MEV, para o grupo controle estão representadas na Figura 13.



**Figura 13** - Grupo controle, fotomicrografias dos detritos (200x): A, B e C a 3 mm do ápice radicular; D, E, F a 6 mm do ápice radicular

**Fonte:** Elaboração da autora.



Na Tabela 6 e na Figura 14 consta a distribuição dos escores referentes à remoção de detritos para os grupos controle e experimentais a 3 mm do ápice radicular.

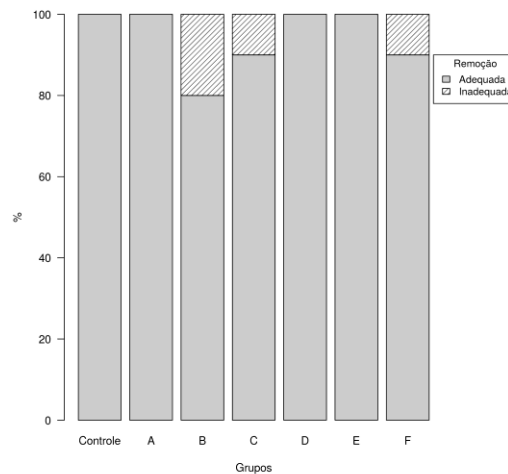
**Tabela 6** - Distribuição dos escores para os grupos controle e experimentais quanto à remoção de detritos a 3 mm do ápice radicular

Grupo	Escore		Total
	Remoção adequada n° escores (%)	Remoção inadequada n° escores (%)	
Controle	5 (100%)	0	5
A	10 (100%)	0	10
B	8 (80%)	2 (20%)	10
C	9 (90%)	1 (10%)	10
D	10 (100%)	0	10
E	10 (100%)	0	10
F	9 (90%)	1 (10%)	10
Total	61	4	65

Fonte: Elaboração da autora.

Teste exato de Fischer (p=0,63)

Notas: A-EDTA sem agitação; B-QMix™ sem agitação; C-EDTA com agitação manual; D-QMix™ com agitação manual; E-EDTA com agitação ultrassônica passiva; F-QMix™ com agitação ultrassônica passiva.



**Figura 14** - Distribuição percentual de escores nos grupos controle e experimentais quanto à remoção de detritos a 3 mm do ápice radicular: A-EDTA sem agitação; B-QMix™ sem agitação; C-EDTA com agitação manual; D-QMix™ com agitação manual; E-EDTA com agitação ultrassônica passiva; F-QMix™ com agitação ultrassônica passiva

Fonte: Elaboração da autora.

Comparando-se o grupo controle e os grupos experimentais, assim como os grupos experimentais entre si, o valor de “p” para o teste exato de Fischer foi 0,63,

não tendo sido, portanto, observadas diferenças estatisticamente significativas entre os grupos quanto à remoção de detritos a 3 mm do ápice radicular.

A Tabela 7 expressa a distribuição e a proporção de escores considerados como “remoção adequada” e “remoção inadequada” de detritos quanto aos irrigantes EDTA ou QMix™, independentemente do método de agitação empregado, no ponto central de observação em MEV, a 3 mm do ápice radicular.

**Tabela 7** - Distribuição e proporção dos escores para os grupos experimentais quanto à remoção de detritos e quanto aos irrigantes EDTA e QMix™ a 3 mm do ápice radicular

Grupo	Remoção adequada Número / Proporção	Remoção inadequada Número / Proporção	Total
EDTA (A, C, E)	29 (96,7)	1 (3,3)	30
QMix™ ( B, D, F)	27 (90,0)	3 (10,0)	30
Total	56	4	60

Fonte: Elaboração da autora.

( $p=0,61$ )

Notas: A-EDTA sem agitação; C-EDTA com agitação manual; E-EDTA com agitação ultrassônica passiva; B-QMix™ sem agitação; D-QMix™ com agitação manual; F-QMix™ com agitação ultrassônica passiva.

Os dados da Tabela 6 e da Figura 14 indicam que o emprego do quelante EDTA resultou em remoção adequada de detritos em 10 dos 10 (100%) espécimes do grupo A (sem agitação), 9 entre os 10 (90%) do grupo C (sob agitação manual) e em 10 dos 10 (100%) espécimes do grupo E (em associação com o ultrassom). Independentemente da variável agitação, o EDTA foi efetivo, portanto, para a remoção de detritos em 29 dos 30 (96,7%) espécimes da amostra para esse irrigante a 3 mm do ápice radicular (Tabela 7).

Nos casos em que o agente desmineralizante QMix™ foi utilizado a 3 mm do ápice radicular, a remoção adequada de detritos foi identificada em 8 dos 10 (80%) espécimes do grupo B (sem agitação), em 10 dos 10 (100%) do grupo D (sob agitação manual) e em 9 dos 10 (90%) do grupo F (em associação com o ultrassom) (Tabela 6 e Figura 14). Assim, independentemente da variável agitação, a remoção adequada da camada residual para o irrigante QMix™ foi verificada em 27 dos 30 espécimes, ou seja, em 90% da amostra para esse irrigante (Tabela 7).

Embora a proporção para remoção de detritos do agente desmineralizante QMix™ tenha sido inferior à proporção obtida pelo EDTA, a análise estatística não

indicou diferença significativa entre esses dois quelantes quanto à remoção de detritos nesse ponto de observação do canal radicular (Tabela 7).

Os dados da distribuição dos escores referentes à remoção de detritos para os grupos controle e experimentais a 6 mm do ápice radicular estão expressos na Tabela 8 e na Figura 15.

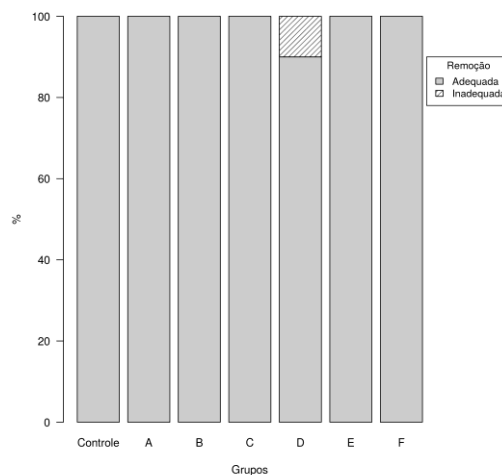
**Tabela 8** - Distribuição dos escores para os grupos controle e experimentais quanto à remoção de detritos a 6 mm do ápice radicular

Grupo	Escore		Total
	Remoção adequada n° escores (%)	Remoção inadequada n° escores (%)	
Controle	5 (100%)	0	5
A	10 (100%)	0	10
B	10 (100%)	0	10
C	10 (100%)	0	10
D	9 (90%)	1 (10%)	10
E	10 (100%)	0	10
F	10 (100%)	0	10
Total	64	1	65

Fonte: Elaboração da autora.

Teste exato de Fischer ( $p=1$ )

Notas: A-EDTA sem agitação; B-QMix™ sem agitação; C-EDTA com agitação manual; D- QMix™ com agitação manual; E-EDTA com agitação ultrassônica passiva; F-QMix™ com agitação ultrassônica passiva.



**Figura 15** - Distribuição percentual dos escores nos grupos controle e experimentais quanto à remoção de detritos a 6 mm do ápice radicular: A-EDTA sem agitação; B-QMix™ sem agitação; C-EDTA com agitação manual; D-QMix™ com agitação manual; E-EDTA com agitação ultrassônica passiva; F- QMix™ com agitação ultrassônica passiva

Fonte: Elaboração da autora.

A 6 mm do ápice radicular, ao aplicar-se o teste exato de Fisher para comparação dos dados entre os grupos controle e experimentais e experimentais entre si, não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas ( $p=1$ ) quanto à remoção de detritos.

A Tabela 9 expressa a distribuição e a proporção dos escores considerados como “remoção adequada” e “remoção inadequada” de detritos para os grupos em que foram empregados os dois irrigantes, independentemente do método de agitação, no ponto central de observação em MEV, a 6 mm do ápice radicular.

**Tabela 9** - Distribuição e proporção dos escores para os grupos experimentais quanto à remoção de detritos e quanto aos irrigantes EDTA e QMix™ a 6 mm do ápice radicular

Grupos	Remoção adequada Número / Proporção	Remoção inadequada Número / Proporção	Total
EDTA (A, C, E)	30 (100,0)	0	30
QMix™ (B, D, F)	29 (96,7)	1 (3,3)	30
Total	59	1	60

Fonte: Elaboração da autora.

( $p=1$ )

Notas: A-EDTA sem agitação; C-EDTA com agitação manual; E-EDTA com agitação ultrassônica passiva; B-QMix™ sem agitação; D-QMix™ com agitação manual; F-QMix™ com agitação ultrassônica passiva.

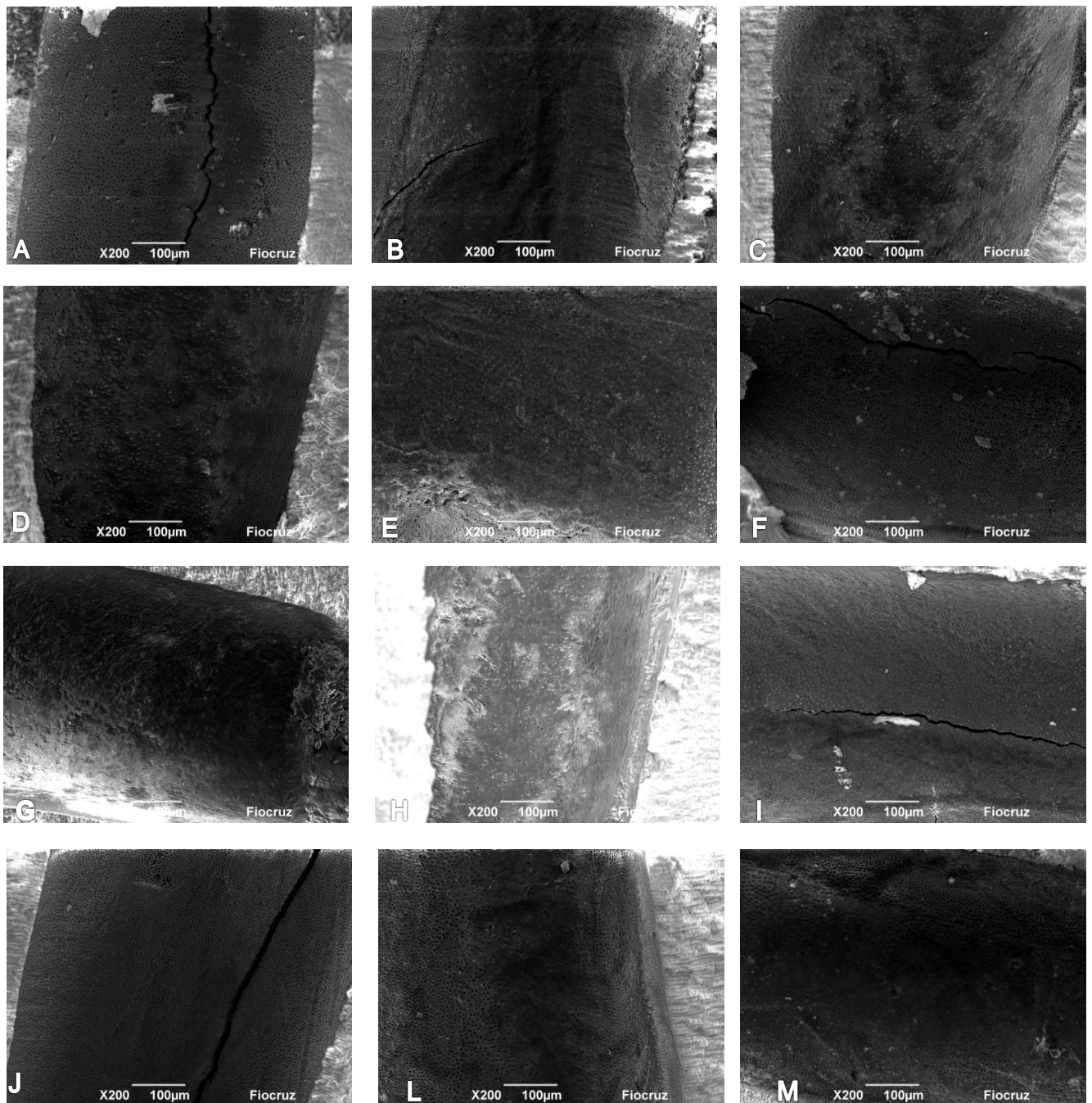
No ponto de observação em MEV a 6 mm do ápice radicular, em todos os grupos em que o EDTA foi empregado, independentemente do método de agitação aplicado, 10 dos 10 (100%) espécimes obtiveram remoção adequada de detritos (Tabela 8 e Figura 15).

Ao aplicar-se o agente desmineralizante QMix™, a remoção adequada de detritos foi verificada em 10 dos 10 (100%) espécimes do grupo B (sem agitação), em 9 dos 10 (90%) espécimes do grupo D (sob agitação manual) e em 10 dos 10 (100%) do grupo F (em associação com o ultrassom) (Tabela 8 e Figura 15). Independentemente da variável agitação, 29 dos 30 espécimes da amostra (96,7%) apresentaram, portanto, remoção adequada de detritos, nesse ponto de observação do canal radicular (Tabela 9).

Embora a proporção (96,7%) para remoção de detritos atribuída ao agente desmineralizante QMix™ tenha sido ligeiramente inferior à proporção obtida pelo

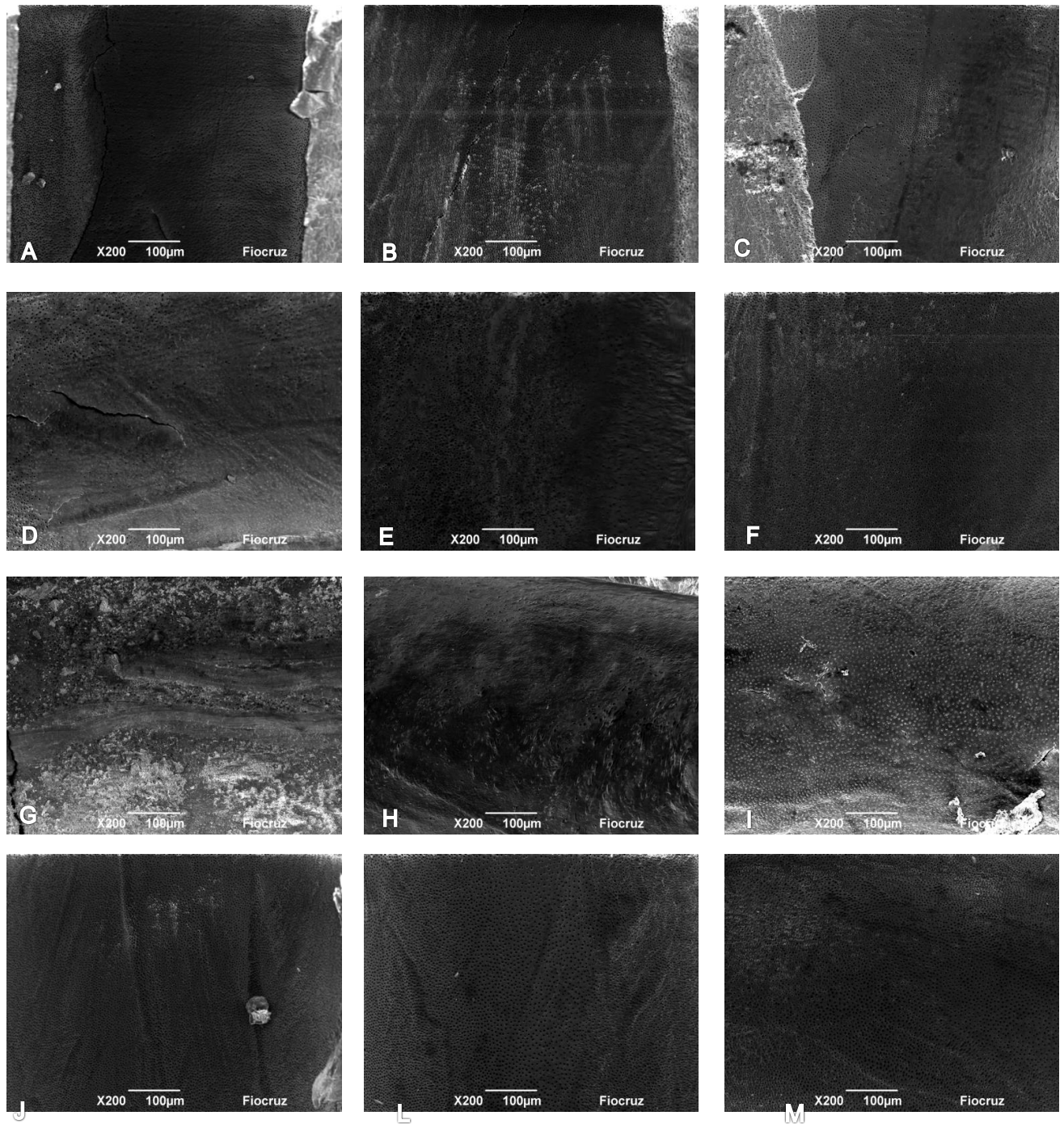
EDTA (100%), a análise estatística não indicou diferença entre os grupos experimentais quanto à remoção de detritos do canal radicular a 6 mm do ápice radicular (Tabela 9).

Nas figuras 16 e 17 estão imagens, obtidas em microscopia eletrônica de varredura, de espécimes dos diversos grupos e os respectivos escores a eles atribuídos (HÜLSMANN; RUMMELIN; SCHAFERS, 1997) quanto à remoção de detritos nos dois pontos de observação do canal radicular.



**Figura 16** - Fotomicrografias da remoção de detritos a 3 mm do ápice radicular (200x): A) grupo A, escore 2; B) grupo A, escore 1; C) grupo B, escore 1; D) grupo B, escore 1; E) grupo C, escore 1; F) grupo C, escore 3; G) grupo D, escore 1; H) grupo D, escore 1; I) grupo E, escore 2; J) grupo E, escore 2; L) grupo F, escore 2; M) grupo F, escore 2

Fonte: Elaboração da autora.



**Figura 17** - Fotomicrografias da remoção de detritos a 6 mm do ápice radiar (200x): A) grupo A, escore 2; B) grupo A, escore 1; C) grupo B, escore 1; D) grupo B, escore 1; E) grupo C, escore 1; F) grupo C, escore 1; G) grupo D, escore 3; H) grupo D, escore 1; I) grupo E, escore 2; J) grupo E, escore 1; L) grupo F, escore 1; M) grupo F, escore 1

Fonte: Elaboração da autora.

## 7.2 EXTRUSÃO PELO FORAME APICAL

A extrusão de detritos e irrigantes ocorreu na maioria dos espécimes da amostra (56/60), exceto em um espécime do grupo C (1/60), dois espécimes do grupo D (2/60) e um espécime do grupo F (1/60).

Os dados relativos à extrusão pelo forame apical foram submetidos ao teste de Kruskal-Wallis ao nível de significância de 5%. Os grupos A (EDTA sem agitação) e B (QMix™ sem agitação) foram empregados como controles nessa etapa do experimento.

Nas tabelas 10 e 11 e 12 e 13, encontram-se os dados referentes ao peso do material extruído, isto é, do irrigante somado ao dos detritos e dos detritos após a evaporação do irrigante, para os agentes desmineralizantes EDTA e QMix™, respectivamente, e nelas estão expressos os valores do primeiro quartil (percentil 25), do segundo quartil ou mediana (percentil 50) e do terceiro quartil (percentil 75), possibilitando a comparação entre os grupos controle A e B (sem agitação) e os grupos experimentais (com agitação) para os agentes descalcificadores empregados durante a agitação: EDTA (grupos C e E) e QMix™ (grupos D e F).

**Tabela 10** - Peso (g) do irrigante EDTA somado ao dos detritos extruídos pelo forame apical

Grupo	Mediana	Percentil 25	Percentil 75	Intervalo interquartilico	Min	Max	N
A	0,0907	0,0241	0,1065	0,0824	0,0002	0,1276	10
C	0,0543	0,0459	0,0775	0,0317	0,0000	0,1027	10
E	0,0708	0,0115	0,0904	0,0789	0,0002	0,1445	10

Fonte: Elaboração da autora.

Teste de Kruskal-Wallis ( $p=0,63$ ).

Notas: A-EDTA sem agitação; C-EDTA com agitação manual; E-EDTA com agitação ultrassônica passiva.

**Tabela 11** - Peso (g) dos detritos extruídos pelo forame apical após a evaporação do irrigante EDTA

Grupo	Mediana	Percentil 25	Percentil 75	Intervalo interquartilico	Min	Max	N
A	0,0195	0,0053	0,0229	0,0176	0,0000	0,0274	10
C	0,0118	0,0103	0,0173	0,0070	0,0000	0,0224	10
E	0,0156	0,0028	0,0199	0,0172	0,0000	0,0316	10

Fonte: Elaboração da autora.

Teste de Kruskal-Wallis ( $p=0,73$ ).

Notas: A-EDTA sem agitação; C-EDTA com agitação manual; E-EDTA com agitação ultrassônica passiva.



A comparação entre os grupos controle e experimentais e experimentais entre si, quanto aos pesos do irrigante EDTA somado ao dos detritos, em função dos métodos de agitação do irrigante, não apresentou diferença estatisticamente significativa ( $p=0,63$ ). Comparados os pesos dos detritos após a evaporação desse irrigante, em função do método de agitação, não foram encontradas, igualmente, diferenças estatisticamente significativas ( $p=0,73$ ).

**Tabela 12** - Peso (g) do irrigante QMix™ somado ao dos detritos extruídos pelo forame apical

Grupo	Mediana	Percentil 25	Percentil 75	Intervalo interquartilico	Min	Max	N
B	0,0885	0,0566	0,1186	0,0619	0,0004	0,1268	10
D	0,1266	0,0431	0,1732	0,1302	0,0000	0,2143	10
F	0,1084	0,0411	0,1253	0,0842	0,0000	0,1856	10

Fonte: Elaboração da autora.

Teste de Kruskal-Wallis ( $p=0,56$ ).

Notas: B-QMix™ sem agitação; D-QMix™ com agitação manual; F-QMix™ com agitação ultrassônica passiva.

**Tabela 13** - Peso (g) dos detritos extruídos pelo forame apical após a evaporação do irrigante QMix™

Grupo	Mediana	Percentil 25	Percentil 75	Intervalo interquartilico	Min	Max	N
B	0,0145	0,0098	0,0200	0,0103	0,0000	0,0213	10
D	0,0220	0,0083	0,0294	0,0211	0,0000	0,0362	10
F	0,0201	0,0077	0,0221	0,0144	0,0000	0,0316	10

Fonte: Elaboração da autora.

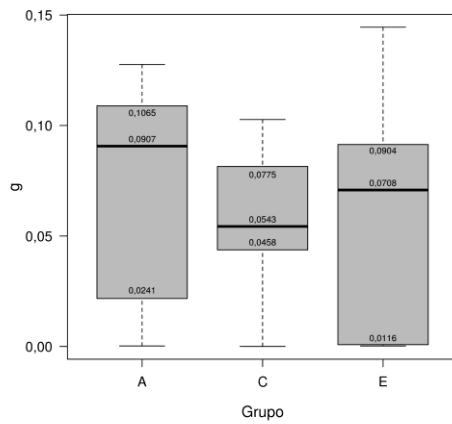
Teste de Kruskal-Wallis ( $p=0,36$ ).

Notas: B-QMix™ sem agitação; D-QMix™ com agitação manual; F-QMix™ com agitação ultrassônica passiva.

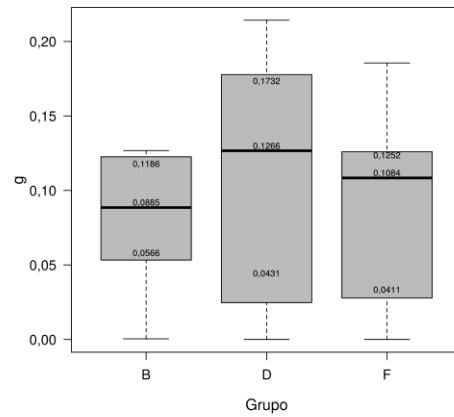
A comparação dos pesos do irrigante QMix™ somado ao dos detritos, em função dos métodos de agitação, entre o grupo controle e os grupos experimentais e experimentais entre si não apresentou diferença estatisticamente significativa ( $p=0,56$ ). Comparados os pesos dos detritos após a evaporação do irrigante QMix™, em função do método de agitação, também não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas ( $p=0,36$ ).

A distribuição dos dados referentes à ocorrência de extrusão do material do canal radicular foi representada em *boxplots* em que estão expressos os valores (g), obtidos para os grupos controle e experimentais, do primeiro e terceiro quartis, a mediana e os valores mínimos e máximos. O peso (g) dos irrigantes EDTA e QMix™ somados ao dos detritos extruídos pelo forame apical está expresso nas figuras 18 e

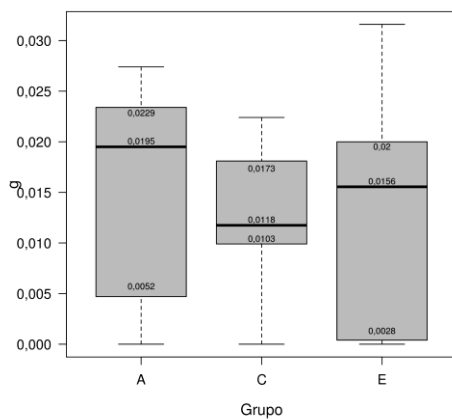
19. O peso (g) dos detritos extruídos pelo forame apical após a evaporação dos irrigantes EDTA e QMix™ estão representados nas figuras 20 e 21, respectivamente.



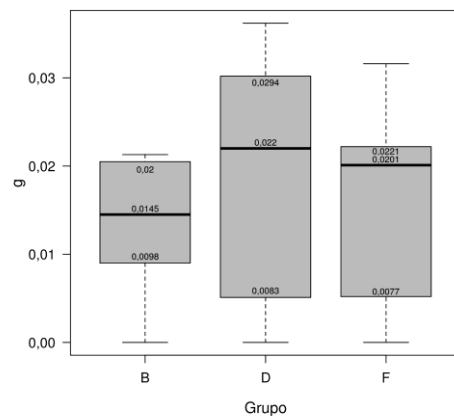
**Figura 18** - *Boxplots* da quantidade de irrigante EDTA somado aos detritos extruídos pelo forame apical: A-EDTA sem agitação; C-EDTA sem agitação manual; E-EDTA com agitação ultrassônica passiva  
Fonte: Elaboração da autora.



**Figura 19** - *Boxplots* da quantidade de irrigante QMix™ somado aos detritos extruídos pelo forame apical: B-QMix™ sem agitação; D-QMix™ com agitação manual; F-QMix™ com agitação ultrassônica passiva.  
Fonte: Elaboração da autora.



**Figura 20** - *Boxplots* da quantidade de detritos extruídos pelo forame apical após a evaporação do irrigante EDTA: A-EDTA sem agitação; C-EDTA sem agitação manual; E-EDTA com agitação ultrassônica passiva  
Fonte: Elaboração da autora.



**Figura 21** - *Boxplots* da quantidade de detritos extruídos pelo forame apical após a evaporação do irrigante QMix™: B-QMix™ sem agitação; D-QMix™ com agitação manual; F-QMix™ com agitação ultrassônica passiva  
Fonte: Elaboração da autora.

### 7.3 DETERMINAÇÃO DO TEOR DE CÁLCIO

Na Tabela 14 e na Figura 22, encontram-se os dados referentes à concentração de cálcio determinado no material estruído pelo forame apical. Estão expressos os valores do primeiro quartil (percentil 25), do segundo quartil ou mediana (percentil 50), do terceiro quartil (percentil 75) e possibilitam a comparação entre os grupos utilizados como controle (sem agitação) e os grupos experimentais (com agitação) para os agentes descalcificadores empregados durante a agitação: EDTA (grupos A, C e E) e QMix™ (grupos B, D e F).

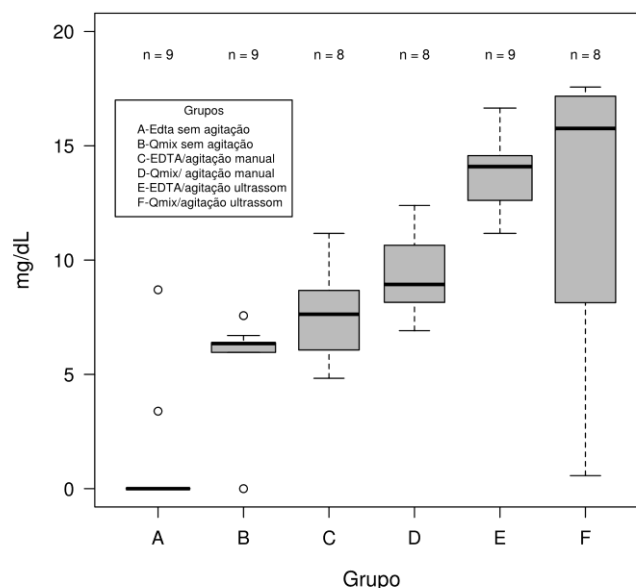
**Tabela 14** - Quantidade de cálcio (mg/dL) determinado no material extruído

Grupo	Mediana	Percentil 25	Percentil 75	Intervalo interquartilico	Min	Max	N
A	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,70	9
B	6,35	5,96	6,39	0,43	0,00	7,57	9
C	7,63	6,08	8,47	2,39	4,83	11,17	8
D	8,93	8,33	10,58	2,25	6,91	12,39	8
E	14,09	12,61	14,57	1,96	11,17	16,65	9
F	15,76	11,85	17,04	5,19	0,57	17,57	8

Fonte: Elaboração da autora.

Teste de Kruskal-Wallis (p = 0,0000046).

Notas: A-EDTA sem agitação; B-QMix™ sem agitação; C-EDTA com agitação manual; D- QMix™ com agitação manual; E-EDTA com agitação ultrassônica passiva; F- QMix™ com agitação ultrassônica passiva.



**Figura 22** - Boxplots da concentração de cálcio (mg/dL) mensurada no material extruído pelo forame apical

Fonte: Elaboração da autora.

A comparação pelo teste de Kruskal-Wallis dos valores de concentração de cálcio no resíduo extruído (Tabela 14) indicou que, pelo menos um dos grupos se diferenciava dos demais ( $p=0,0000046$ ). Assim, em seguida, para a comparação dos grupos dois a dois, empregou-se o teste de comparação múltipla de Wilcoxon com o ajuste de Benjamini e Hochberg (1995). Os valores de “p” referentes às comparações entre os grupos experimentais estão expressos na Tabela 15.

**Tabela 15** - Valor de “p” originado da comparação entre os grupos experimentais

Grupos	A	B	C	D	E	F
B	0,024	-	-	-	-	-
C	0,006	0,174	-	-	-	-
D	0,004	0,003	0,121	-	-	-
E	0,002	0,002	0,003	0,002	-	-
F	0,004	0,090	0,121	0,121	0,178	-

Fonte: Elaboração da autora.

Teste de Wilcoxon, ajuste Benjamini e Hochberg

Notas: A-EDTA sem agitação; B- QMix™ sem agitação; C-EDTA com agitação manual; D-QMix™ com agitação manual; E-EDTA com agitação ultrassônica passiva; F-QMix™ com agitação ultrassônica passiva.

A comparação entre os grupos em que o EDTA foi empregado, considerando-se a variável agitação, resultou em diferenças estatisticamente significativas. Os valores obtidos na concentração de cálcio (Tabela 14) foram menores no grupo A (EDTA sem agitação) em comparação com o grupo C (EDTA sob agitação manual) (Tabela 15,  $p=0,006$ ). Os valores da concentração de cálcio (Tabela 14) para os grupos A e C foram inferiores aos obtidos pelo grupo E (EDTA com agitação ultrassônica), com significância estatística (Tabela 15,  $p=0,002$  e  $p=0,003$ ). Nesses grupos, observou-se um aumento gradual na concentração de cálcio em função do método de agitação empregado.

A utilização do agente desmineralizante QMix™ sob a variável agitação resultou em diferentes concentrações de cálcio nos diferentes grupos. O grupo no qual este irrigante foi empregado sem agitação (grupo B) obteve menor concentração de cálcio em comparação com o grupo em que o método de agitação foi o manual, (grupo D), diferença essa com significação estatística (Tabela 15,  $p=0,003$ ). Não foram encontradas diferenças entre o grupo sem agitação (grupo B) e o grupo agitado manualmente (grupo D) quando comparados com o grupo sob agitação ultrassônica (grupo F). Esses resultados indicam que a agitação

ultrassônica não favoreceu uma maior concentração de cálcio nos detritos extruídos pelo forame apical em relação ao irrigante QMix™.

A comparação entre os grupos em relação à variável irrigante considerando-se o mesmo método de agitação, resultou em uma maior concentração de cálcio para o grupo B (QMix™ sem emprego de agitação) quando comparado com o grupo A (EDTA utilizado sem agitação), obtendo-se significação estatística (Tabela 15,  $p=0,024$ ). Os grupos em que foi utilizado o QMix™ sob agitação manual ou sob agitação ultrassônica apresentaram maior concentração de cálcio do que aqueles nos quais o EDTA foi utilizado sob esses mesmos métodos (Tabela 14). Entretanto, aplicado o teste estatístico (Tabela 15), não foram encontradas diferenças ao se compararem o EDTA e o QMix™ agitados manualmente (grupos C e D,  $p=0,121$ ) e o EDTA e o QMix™ agitados pelo ultrassom (grupos E e F,  $p=0,178$ ).

## **8 DISCUSSÃO**

O desbridamento efetivo do sistema de canais radiculares é essencial para a prevenção e o tratamento da periodontite apical. Por desbridamento compreende-se a eliminação de substâncias orgânicas e inorgânicas e de microrganismos do sistema de canais radiculares por meios mecânicos e químicos (AMERICAN ASSOCIATION OF ENDODONTISTS, 2012). Portanto, a ação dos instrumentos endodônticos associada aos procedimentos de irrigação e ao emprego de substâncias químicas no sistema de canais radiculares é fundamental para o sucesso do tratamento endodôntico (HAAPASALO et al., 2010; TANALP; GUNGOR, 2014).

A limpeza e a desinfecção do sistema de canais radiculares são promovidas pela ação mecânica de arraste decorrente da aplicação dos irrigantes e pela propriedade química dessas substâncias de eliminar microrganismos, de desestruturar biofilmes bacterianos e de dissolução tecidual (GULABIVALA et al., 2005).

A irrigação tem um papel bem definido nas diversas etapas do preparo do canal radicular. Atua como lubrificante, permitindo a ação dos instrumentos endodônticos durante as manobras de exploração e modelagem do canal, evita o efeito pistão ou a compactação do material excisado no terço apical do canal, favorecendo seu arraste para a região cervical, promove a dissolução tecidual e a desinfecção durante toda a etapa do preparo. A irrigação associada a agentes quelantes ou desmineralizantes da dentina exerce também sua ação sobre a camada residual, considerada um efeito adverso e produto da atuação dos instrumentos nas paredes dos canais radiculares. Essa camada ou filme residual, constituído de partículas de dentina, remanescentes teciduais de polpa viva ou necrosada, componentes microbianos e irrigantes (AMERICAN ASSOCIATION OF ENDODONTISTS, 2012) deve ser removida pelos sistemas de irrigação (GULABIVALA; GILBERTSON; EANES, 2010).

A irrigação se torna totalmente relevante pela constatação de que uma parte significativa do canal radicular permanece intocada pelos instrumentos endodônticos (PAQUÉ et al., 2010; PAQUÉ; BOESSLER; ZEHNDER, 2011), independentemente da técnica de instrumentação empregada. Cabe também à irrigação a desinfecção dessas áreas, atuando, portanto, como um coadjuvante na sua limpeza.

O terço apical do canal radicular é uma área que ainda merece atenção da comunidade científica. Embora existam diversos protocolos e sistemas de irrigação na endodontia contemporânea, as pesquisas demonstram que uma limpeza efetiva dessa área permanece inatingida. Os métodos de limpeza vigentes não são capazes de atuar plenamente, provavelmente em decorrência de sua complexidade anatômica, de seu diâmetro reduzido ou das características do irrigante e da mecânica dos sistemas de irrigação.

Para uma irrigação eficaz, o irrigante deve estar em contato com ou nas proximidades da região que necessita de sua ação. Do ponto de vista clínico, a indicação atual para a irrigação é o emprego de uma agulha de diâmetro reduzido posicionada o mais próximo possível da terminação do canal ou do forame apical. Estudos de computação da dinâmica dos fluidos (BOUTSIOUKIS; LAMBRIANIDIS; KASTRINAKIS, 2009; BOUTSIOUKIS et al., 2010a; CHEN et al., 2014) indicam uma atuação limitada do irrigante na região apical. Na irrigação convencional, a atuação do irrigante limita-se a 1-2 mm além da posição da agulha no canal radicular. Acresça-se a isso que o aprisionamento de gases no terço apical, fenômeno conhecido como *vapor lock*, impede a atuação do irrigante nas áreas mais profundas do canal.

Por outro lado, o posicionamento mais apical dos sistemas de irrigação no canal radicular favorece a extrusão do irrigante e de produtos da instrumentação para essa região, promovendo irritação, podendo originar *flare ups*, dor ou edema. Desse modo, a escolha de um método de irrigação deve estar baseada não apenas em sua efetividade, mas também na segurança por ele proporcionada à região apical e, em consequência, ao paciente (HAAPASALO et al., 2010).

O presente estudo foi motivado pelo interesse em verificar a capacidade de desbridamento nos 6 mm apicais do canal radicular e a segurança de protocolos de irrigação que empregam quelantes ou agentes desmineralizantes da dentina associados ou não à agitação. Com essa premissa, a efetividade dos protocolos de irrigação empregados foi investigada quanto à remoção da camada residual e de detritos, quanto à extrusão de irrigantes e detritos pelo forame apical e quanto à determinação do teor de cálcio presente no material extruído.

É consensual que a efetividade da irrigação no canal radicular é influenciada por diversos fatores: condições anatômicas, diâmetro do preparo, profundidade de



penetração da agulha, velocidade de fluxo empregado, sistema de irrigação, características e volume do irrigante.

O modelo experimental aqui proposto demandou a utilização de dentes humanos extraídos, os quais favorecem a investigação e apresentam a vantagem de reproduzir, em estudo *in vitro*, as condições encontradas na clínica (NAGY et al. 1997; VERSIANI et al., 2008; RANGEL, 2009), porém, por outro lado, têm como desvantagem a extensa variabilidade anatômica. Procurou-se, entretanto, padronizar anatomicamente a amostra e as condições experimentais para diminuir a ação de agentes que mascarassem a avaliação.

A amostra foi constituída por 65 dentes unirradiculares, incisivos e caninos, humanos extraídos. Os dentes foram radiografados nos sentidos vestibulolingual e mesiodistal, e as imagens digitais foram analisadas com o objetivo de selecionarem-se canais classificados como retos, com curvatura até 5° (SCHNEIDER, 1971) e diâmetro mesiodistal semelhante ao diâmetro vestibulolingual, classificados como circulares (DE DEUS et al., 2010a).

Em uma investigação com dentes extraídos, ficou demonstrado que há uma relação direta entre a ampliação da constrição apical e a quantidade de material extruído pelo forame apical (TINAZ et al., 2005). Boutsoukis, Psimma e Van der Sluis (2013) apontaram a importância de uniformizar-se o diâmetro da constrição apical para a padronização das pesquisas que investigam a extrusão. Na presente pesquisa, apenas foram incluídos dentes nos quais o diâmetro do forame apical fosse menor do que 0,15 mm e que apresentassem diâmetro no comprimento real de trabalho (CRT) compatível com uma lima manual número 30, um requisito para o emprego do instrumento rotatório RECIPROC® 50. Além disso, foi realizada uma padronização no diâmetro do forame apical em 0,20 mm em todas as raízes pelo traspasse em 2,5 mm de uma lima número 15 pelo forame apical. Procedimento semelhante foi realizado por Yeter e outros (2013) e por Boutsoukis, Psimma e Kastrinakis (2014).

O diâmetro apical, a conformação e o comprimento do canal radicular exercem influência na dinâmica da substância irrigante e podem interferir tanto na efetividade da irrigação como no potencial de risco de extrusão do protocolo de irrigação (BOUTSIOUKIS et al., 2010b; BORGES et al., 2011; MITCHELL; BAUMGARTNER; SEDGLEY, 2011). Em um experimento sobre o efeito do diâmetro do preparo na distribuição do irrigante no canal radicular, observou-se que o

aumento do preparo favoreceu a penetração em profundidade da agulha de irrigação e a ação direta do irrigante no terço apical do canal radicular (BOUTSIOUKIS et al. 2010b). Um aumento na amplitude do preparo promove, assim, uma melhor ação do irrigante e um melhor desbridamento do sistema de canais radiculares (SEDGLEY et al., 2005; HUANG; GULABIVALA; NG, 2008; BOUTSIOUKIS et al. 2010b). Alguns estudos (KHADEMI; YAZDIZADEH; FEIZIANFARD, 2006; HSIEH et al., 2007) apontam para a necessidade de um diâmetro apical mínimo de 0,30 mm para aumentar a efetividade da irrigação. Na presente investigação, empregou-se o sistema de instrumentação RECIPROC<sup>®</sup>, e todos os canais foram preparados até o diâmetro apical de 0,50 mm por meio de um instrumento RECIPROC<sup>®</sup> 50. O preparo dos canais foi realizado por um único operador, no tempo de instrumentação padronizado de três minutos, e a lima recíproca foi utilizada uma única vez para cada dente preparado, conforme determinação do fabricante; além disso, padronizou-se o comprimento das raízes em 19 mm.

Estudos sobre o uso de irrigantes no preparo do canal radicular (VAN DER SLUIS et al., 2006; BOUTSIOUKIS et al., 2007; PARK; SHEN; HAAPASALO, 2012; AKSEL et al., 2014; BOUTSIOUKIS; PSIMMA; KASTRINAKIS, 2014; TANOMARU-FILHO et al., 2014) demonstraram que a velocidade do fluxo e o volume da substância irrigadora interferem em sua efetividade. Um volume padronizado de 17 mL de irrigante foi empregado em todos os grupos experimentais do presente trabalho, sendo 10 mL durante o preparo dos canais e mais 7 mL nos procedimentos experimentais de irrigação e na irrigação final, volume esse compatível com a quantidade de irrigante dispensado durante os procedimentos clínicos de preparo. Volumes muito maiores, entre 100 mL e 200 mL, como os verificados nas investigações de Lee, Wu e Wesselink (2004) e de Passarinho-Neto (2006), distanciam-se da possibilidade da aplicação clínica usual. Van der Sluis et al. (2006) avaliaram o efeito do volume do irrigante na remoção de detritos no terço apical do canal radicular promovido pelo ultrassom e pela irrigação convencional com seringa e agulha, e os resultados não mostraram diferenças entre o emprego de volumes menores de irrigante (entre 6 mL e 12 mL) na irrigação convencional ou de volumes maiores (50 mL) dispensados pela irrigação contínua do ultrassom.

A velocidade do fluxo de irrigação empregada neste estudo foi de 6 mL/min, à semelhança daquela aplicada por Shen e outros (2010) e Jiang e outros (2012). O controle do fluxo da solução irrigadora foi realizado por meio do controle

de tempo para dispensar a quantidade de irrigante. Dessa forma, para obtenção do fluxo de 6 mL/min, os 6 mL do irrigante foram dispensados em 60 segundos. Essa mesma proporção tempo/volume foi utilizada para quantidades menores de irrigante: 28 segundos para 2,8 mL, e 20 segundos para 2 mL. Esse mesmo método de controle do fluxo também está apontado em alguns estudos disponíveis (JIANG et al., 2012; GUERREIRO-TANOMARU et al., 2013; TANOMARU-FILHO et al., 2014).

Para uma irrigação efetiva, almeja-se o contato direto do irrigante com o canal radicular. A recomendação atual para os procedimentos de irrigação é o emprego de agulhas de pequeno calibre, posicionadas no terço apical do canal, nas proximidades do término da raiz (ZEHNDER, 2006; PARK, SHEN, HAAPASALO, 2012). Uma agulha 30G foi posicionada a 2 mm do comprimento real de trabalho durante todos os procedimentos de irrigação empregados no presente estudo, distância essa igualmente observada nos instrumentos empregados durante os procedimentos experimentais de agitação. O tempo de agitação do irrigante foi padronizado em um minuto, a exemplo dos parâmetros empregados por Kuah e outros (2009) e Salman e outros (2010).

A microscopia eletrônica de varredura foi adotada neste trabalho com o objetivo de investigar-se a eficácia dos protocolos de irrigação quanto à remoção da camada residual e de detritos no terço apical do canal radicular. Esse método é amplamente utilizado em investigações concernentes à morfologia da superfície dentinária (MALVAR et al., 2003, 2009, 2015; TEIXEIRA; FELIPPE, M.; FELIPPE, W., 2005; RÖDIG et al., 2010; ADIGÜZEL et al., 2011; DAI et al., 2011; STOJICIC et al., 2012; ARANDA-GARCIA et al., 2013; ELIOT et al., 2013; NIU et al., 2014; PEREZ DE ARCE; RODRIGUEZ; ECHEVERRI, 2014; BANODE et al., 2015; SCHMIDT et al., 2015; KATO et al., 2016) e aplica-se aos modelos de estudo experimentais sobre a efetividade de protocolos de irrigação ou sobre a ação de substâncias químicas empregadas no canal radicular. Apesar disso, apresenta controvérsias por permitir ao investigador a escolha da área a ser avaliada e pelo fato de a avaliação restringir-se a pontos da superfície observada, que podem não representar toda a superfície do canal. Para eliminar esse viés de investigação, as áreas analisadas na MEV foram padronizadas e pré-estabelecidas em dois pontos: a 3 mm e a 6 mm distantes do término do canal radicular. Nessas posições, analisou-se a área central do canal, em uma das faces da raiz que, inicialmente, foi visualizada sob um aumento de 30x e, a seguir, na magnificação correspondente a

200x, com subsequente avaliação sob 1000x. Portanto, uma mesma área da superfície dentinária foi investigada com diferentes ampliações quanto à remoção da camada residual e de detritos.

As imagens originadas da microscopia eletrônica de varredura foram classificadas, por dois examinadores experientes, a partir de cinco escores relativos à permanência de detritos e da camada residual propostos por Hülsmann, Rummelin e Schafers (1997), avaliação qualitativa amplamente empregada pela comunidade científica (PAQUÉ; MUSCH; HÜLSMANN, 2005; YANG et al., 2008; METZGER et al., 2010; RÖDIG et al., 2010; SALMAN et al., 2010; ADIGÜZEL et al., 2011; KAMEL; KATAIA, 2014; NIU et al., 2014). Para quantificar a concordância entre os examinadores para os escores atribuídos, foi aplicado o coeficiente de Kendall. Os valores obtidos por esse teste, referentes aos escores atribuídos à camada residual e detritos a 3 mm e a 6 mm do ápice radicular, ficaram, como já mencionado, entre 0,948 e 0,985, o que demonstra uma alta concordância entre os examinadores.

Considerando-se que a efetividade da limpeza das paredes do canal radicular está associada à ausência de camada residual e de detritos e à presença de túbulos dentinários patentes, optou-se, no presente estudo, pela conjugação dos escores. Os escores 1 e 2, relacionados com maior limpeza, foram agrupados e considerados como “remoção adequada” da camada residual ou de detritos, e os escores 3, 4 e 5, relacionados com limpeza não efetiva, foram agrupados em “remoção inadequada”. Essa reunião de escores em “áreas limpas” e “áreas não limpas” da superfície do canal radicular também foi empregada em outros estudos (METZGER et al., 2010; RÖDIG et al., 2010; ADIGÜZEL et al., 2011; YİĞİT ÖZER; ADIGÜZEL; KAYA, 2011; NIU et al., 2014).

No grupo controle desta pesquisa, os canais foram instrumentados com 10 mL de irrigante, solução de hipoclorito de sódio a 2,5% e água deionizada, e o grupo não foi submetido à irrigação adicional e ao emprego dos agentes desmineralizantes da dentina (BLANK- GONÇALVES et al., 2011; MALVAR et al., 2015). A avaliação das imagens obtidas em MEV para esse grupo resultou em 100% de áreas de remoção inadequada da camada residual, tanto a 3 mm como a 6 mm do ápice radicular. Observou-se a presença de espessa camada residual depositada sobre a superfície dentinária obliterando os túbulos dentinários, achado que reforça a necessidade de utilização do agente quelante ou desmineralizante para remoção do conteúdo inorgânico dessa camada, complementado pela ação do NaOCl sobre os

constituintes orgânicos (HAAPASALO et al., 2010; MALVAR, 2013; AHMETOGLU et al., 2014).

Os resultados deste estudo indicam pouca efetividade dos protocolos de irrigação empregados quanto à remoção de camada residual: entre 30% e 70% (53,3%) a 6 mm e entre 0% e 70% (43,3%) a 3 mm do ápice radicular. A 3 mm do ápice, 56,7% da amostra foi classificada como remoção inadequada da camada residual e, a 6 mm, 46,7% das superfícies analisadas não apresentaram uma limpeza efetiva. Embora seja difícil proceder-se à comparação dos resultados de pesquisas sobre irrigação, em vista das particularidades metodológicas e da falta de padronização dos protocolos empregados, os percentuais de limpeza do presente estudo assemelham-se aos obtidos por Adigüzel e outros (2011), pesquisadores que, em uma avaliação da efetividade do EDTA e do MTAD<sup>®</sup> associados à SAF<sup>®</sup> no terço apical de incisivos superiores, constataram 50% de áreas livres de *smear layer* quando o EDTA foi empregado, e 60% quando foi utilizado o MTAD<sup>®</sup>.

Além disso, esses resultados, assim como os de diversas investigações sobre a capacidade de limpeza e efetividade da irrigação, indicam uma dificuldade de ação dos irrigantes e dos métodos de irrigação no terço apical do canal radicular, principalmente nas regiões mais apicais (SABER; HASHEM, 2011; CASTAGNA et al., 2013; MALVAR, 2013; AHMETOGLU et al., 2014; EKIM; ERDEMIR, 2015; MENDONÇA et al., 2015).

Neste trabalho, a comparação entre os grupos experimentais quanto à remoção da camada residual, a 3 mm e a 6 mm do ápice radicular não apontou diferenças estatisticamente significativas, exceto para o grupo no qual o agente desmineralizante QMix<sup>™</sup> foi empregado pelo método de agitação manual a 3 mm do ápice. Esse grupo apresentou menos escores de remoção adequada da camada residual do que os grupos nos quais o EDTA foi empregado sem agitação (grupo A) ou foi associado à agitação manual (grupo C). Os resultados indicam, ainda, que a agitação do irrigante promovida pelos diferentes protocolos de irrigação não favoreceu a remoção da camada residual no terço apical do canal radicular, resultados corroborados por várias investigações (GOEL; TEWARI, 2009; SABER; HASHEM, 2011; CASTAGNA et al., 2013; AHMETOGLU et al., 2014; PEREZ DE ARCE; RODRÍGUES; ECHEVERRI, 2014; MENDONÇA et al., 2015; SCHMIDT et al., 2015).

A irrigação ultrassônica passiva tem sido examinada quanto à remoção da camada residual e têm sido obtidos resultados contraditórios, sobretudo para o terço apical do canal radicular. Lui, Kuah e Chen (2007) e Kuah e outros (2009) investigaram o efeito da agitação ultrassônica associada a agentes desmineralizantes sobre a camada residual e concluíram que a associação do EDTA com a agitação ultrassônica passiva foi eficaz na remoção dessa camada no terço apical do canal. Blank-Gonçalves e outros (2011) obtiveram 80% de áreas livres de camada residual no terço apical de raízes mesiovestibulares de molares inferiores, por meio da associação IUP, NaOCl e EDTA. No presente estudo, a 3 mm e a 6 mm do ápice, os protocolos nos quais a irrigação ultrassônica passiva foi utilizada não foram superiores aos protocolos em que foi empregada a agitação manual ou a injeção passiva do irrigante, resultados que são corroborados por Rödiger e outros (2010), Saber e Hashem (2011) e Perez de Arce, Rodríguez e Echeverri (2014).

O baixo desempenho obtido nesta pesquisa para a agitação pelo ultrassom poderia, possivelmente, ser explicado pela ocorrência de toque nas paredes do canal radicular pelo inserto endodôntico durante o tempo de vibração ultrassônica ou pela intensidade de emprego do ultrassom. Goel e Tewari (2009) compararam o efeito da vibração contínua ou intermitente na agitação ultrassônica passiva para remoção da camada residual, e os resultados demonstraram que a agitação contínua, por um minuto, promoveu menor remoção da camada residual do que aquela obtida pela ativação intermitente, em seis ciclos de 10 segundos. Em um tempo menor de ativação, houve maior possibilidade de atuação do inserto no centro do canal, minimizando-se o toque nas paredes e, conseqüentemente, a formação dessa camada. A agitação do irrigante pelo ultrassom foi realizada de forma contínua durante um minuto no presente estudo, o que pode ter favorecido o toque nas paredes pelo inserto do ultrassom e a formação de nova camada residual.

O fluxo acústico, ou seja, o rápido movimento de forma circular do fluido ao redor do instrumento vibratório é um dos mecanismos associados à maior capacidade de limpeza pelo ultrassom (VAN DER SLUIS et al., 2007; MOZO; LLENA; FORNER, 2012). Tem-se sugerido que a velocidade do fluxo acústico seja diretamente influenciada pela intensidade do aparelho (AHMAD; PITT FORD; CRUM, 1987) e que uma alta intensidade no emprego do ultrassom pode resultar em maior amplitude de oscilação do instrumento endodôntico e, conseqüentemente, em aumento da eficiência da limpeza pela IUP (JIANG et al., 2011). Na presente

pesquisa, o inserto empregado na irrigação ultrassônica passiva (grupos E e F) foi utilizado na intensidade 1 do aparelho, correspondendo a 10% da potência, como preconizado pelo fabricante. Assim sendo, essa baixa intensidade pode não ter favorecido a oscilação necessária ao instrumento para a efetiva remoção da camada residual pelo ultrassom.

Os resultados deste estudo referentes à agitação manual do irrigante foram comparáveis aos dos demais protocolos de irrigação empregados quanto à remoção da camada residual a 3 mm e a 6 mm do ápice radicular. Esses resultados são semelhantes aos obtidos por Kim e outros (2013) que não constataram diferenças entre o EDTA gel e o EDTA solução, empregados sem agitação ou associados à técnica de agitação manual dinâmica (MDA), quanto à remoção de detritos e camada residual no terço apical de canais radiculares. Contrariamente, os resultados de Saber e Hashem (2011), ao avaliarem métodos de irrigação quanto à remoção da camada residual no terço apical de pré-molares humanos, indicaram uma superioridade da técnica MDA quando comparada com a IUP e a irrigação passiva. Os autores atribuíram essa superioridade da técnica à agitação de um cone de guta-percha de mesmo diâmetro e conicidade do preparo do canal e ao posicionamento desse cone no comprimento real de trabalho, o que teria favorecido que o irrigante atingisse o canal em toda a sua extensão, graças ao deslocamento do ar aprisionado no terço apical, ou seja, pela diminuição do efeito *vapor lock* promovido pela inserção do cone no comprimento real de trabalho. No presente experimento, a agitação foi executada por meio do deslocamento vertical de um instrumento endodôntico manual número 20, cujo diâmetro e conicidade são inferiores aos obtidos pelo preparo do canal radicular. Esse instrumento foi posicionado a 2 mm do comprimento real de trabalho, e, provavelmente, essas diferenças metodológicas teriam diferenciado os resultados obtidos. Contudo, o efeito *vapor lock* pode não ter existido, devido à realização de patência foraminal e à ampliação da constrição apical durante as manobras de padronização para a investigação da extrusão.

A adição de surfactantes aos irrigantes tem o objetivo de reduzir a tensão superficial e favorecer sua penetração no canal radicular. Os detergentes têm sido adicionados a algumas preparações contendo o EDTA, como o QMix™, no intuito de melhorar a sua capacidade de remoção da referida camada (HAAPASALO et al., 2010; BASRANI; HAAPASALO, 2012). Diante dos resultados do presente estudo, é

possível deduzir-se que a adição de surfactantes ao agente desmineralizante, no caso o QMix™, não aumentou a sua eficácia. A resultados semelhantes chegaram outros pesquisadores (LUI; KUAH; CHEN, 2007; DAI et al., 2011; STOJICIC et al., 2012; ARANDA-GARCIA et al. 2013a; BANODE et al., 2015). Entretanto, Eliot e outros (2014), ao compararem formulações de QMix™ de diferentes pHs ao EDTA a 17%, inferiram a superioridade do QMix™ quanto à remoção da camada residual nos diferentes terços do canal radicular.

Nesta investigação, ao se compararem os protocolos de irrigação quanto à remoção da camada residual e de detritos em função dos agentes desmineralizantes da dentina empregados, verifica-se que os percentuais de escores obtidos pelo EDTA a 17%, a 3 mm e a 6 mm do ápice radicular, foram superiores àqueles obtidos com o emprego do QMix™, resultados, porém, em sua maioria, sem significado estatístico. Entretanto, a comparação entre as proporções de escores de remoção adequada de camada residual, a 3 mm do ápice radicular, obtidas pelos grupos nos quais foi empregado o EDTA (63,3%) e os grupos em que se utilizou o QMix™ (23,3%) indica uma superioridade da ação do EDTA nessa região, com significado estatístico ( $p=0,0018$ ). Banode e outros (2015), comparando o EDTA com o QMix™ e o ácido cítrico, também indicaram essa provável superioridade do EDTA, embora sem significado estatístico.

O grupo D deste experimento, no qual foi empregado o QMix™ com agitação manual, apresentou 100% de escores classificados como remoção inadequada da camada residual, a 3 mm distantes do ápice, grupo esse que diferiu dos demais, inclusive com significância estatística. Ao avaliarem-se os dados de extrusão para esse grupo, embora sem significado estatístico para a investigação desse aspecto, verificou-se que, dentre os grupos nos quais o QMix™ foi utilizado, ele apresentou o maior valor de mediana para extrusão. Lui, Kuah e Chen (2007), em uma comparação do EDTA com o SmearClear®, um quelante associado a um surfactante, associados à agitação, atribuíram à baixa tensão superficial da substância o menor desempenho de remoção da camada residual obtido pelo SmearClear®. Essa característica do irrigante associada à maior quantidade de detritos mobilizados pela agitação favoreceria, por capilaridade e pela própria dinâmica do fluido, a penetração de detritos nos túbulos dentinários. É provável que a combinação entre a maior extrusão verificada no grupo D, a baixa tensão superficial do QMix™ e a hidrodinâmica do irrigante, durante os movimentos de penetração e tração na



técnica de agitação empregada, sejam responsáveis pelo fraco desempenho quanto à remoção da camada residual do protocolo de irrigação no qual se associou essa substância à agitação manual.

Os resultados dos escores obtidos a 3 mm e a 6 mm do ápice radicular para remoção de detritos implicam a ausência de diferença entre os protocolos de irrigação empregados, todos eles tendo obtido entre 80% e 100% de escores de remoção adequada, resultados corroborados pelas pesquisas de Rödiger e outros (2010) e de Niu e outros (2014). O grupo controle apresentou os escores 1 e 2, ou seja, 100% de escores de remoção adequada de detritos, a 3 mm e a 6 mm do ápice radicular. Niu e outros (2014), avaliando o efeito da ativação sônica do QMix™ na remoção de detritos e da camada residual também constataram esse resultado para o grupo controle, inferindo que, em vista da limpeza obtida nesse grupo, não houve contaminação da amostra durante os procedimentos de corte e preparo para a MEV. Provavelmente, diante das características da amostra do presente estudo, constituída de dentes unirradiculares, sem curvatura e ampliados até o diâmetro 0,50 mm, o volume de 10 mL do irrigante empregado durante o preparo do canal tenha sido suficiente para promover o efeito de lavagem e a consequente remoção dos detritos. Van der Sluis e outros (2006) demonstraram que pequenos volumes de irrigante, entre 6 mL e 12 mL, dispensados no canal por seringa e agulha são efetivos para remoção de detritos no terço apical do canal radicular tanto quanto volumes maiores, dispensados pela irrigação contínua do aparelho de ultrassom.

Ainda quanto aos resultados de limpeza obtidos neste experimento, parece válido apontar que se derivam do preparo do canal com instrumentos RECIPROC® e hipoclorito de sódio a 2,5%, associados ao emprego dos agentes desmineralizantes da dentina EDTA ou QMix™, utilizados de forma passiva ou sob agitação, por um minuto. Embora tenham sido aplicados diferentes métodos de agitação do irrigante, e em condições padronizadas, o maior volume de irrigante empregado foi dispensado por meio da irrigação convencional, com seringa e agulha. As semelhanças encontradas quanto aos protocolos de irrigação no aspecto limpeza seriam, talvez, reflexo não do método de agitação do irrigante ou da substância utilizada, mas do volume da solução irrigadora somado ao diâmetro do canal após o preparo. Essa observação é corroborada por Adorno e outros (2016) e está embasada em estudos que concluíram que o volume da substância irrigadora é o

principal fator para remoção de bactérias (SEDGLEY et al., 2005) e de detritos (HOWARD et al., 2011).

A extrusão de irrigantes e detritos foi mensurada, no presente estudo, por meio do peso do material extruído, levando-se em consideração o peso do irrigante e de detritos associados e o peso do material sólido após a evaporação do irrigante. No material sólido extruído foi determinado, posteriormente, o teor de cálcio. O método experimental aplicado foi proposto por Myers e Montgomery (1991), mas foram incorporadas pequenas modificações baseadas no trabalho de De Deus e outros (2010b). O referido método é de fácil reprodutibilidade e tem sido adotado em diversos trabalhos sobre extrusão (BORGES et al., 2011; LU et al., 2013; DE DEUS et al., 2010b; DE DEUS, 2014; XAVIER et al., 2015), não limitados, porém, ao aspecto irrigação. Desse modo, foi quantificado e comparado o material extruído pelo forame apical originado dos grupos em que foi utilizado o EDTA (A-EDTA sem agitação, C-EDTA com agitação manual, E-EDTA com agitação ultrassônica passiva) e o QMix™ (B-QMix™ sem agitação, D-QMix™ com agitação manual, F-QMix™ com agitação ultrassônica passiva), investigação em que apenas foi possível avaliar-se o peso do material extruído em função da variável agitação. Embora na literatura científica existam experimentos nos quais a extrusão de detritos é quantificada em função do irrigante utilizado (PARIROKH et al., 2012; MAKKAR; KAUR, 2013), as substâncias EDTA e QMix™ empregadas no presente trabalho demonstraram diferentes pesos iniciais em um estudo piloto, fato esse que impediu a comparação da extrusão em função da substância irrigadora.

A metodologia adotada neste estudo para avaliação do protocolo de irrigação quanto ao aspecto extrusão, pode ser aplicada de duas maneiras: durante toda a etapa de preparo do canal radicular (MITCHELL; YANG; BAUMGARTNER, 2010; MAKKAR; KAUR, 2013; TAMBÉ et al., 2013; YETER et al., 2013; ALI KALHORO et al., 2014; ALKAHTANI et al., 2014), considerando-se que a irrigação é um auxiliar à instrumentação, ou após o preparo, na irrigação final. A investigação durante as manobras de preparo do canal radicular tem a vantagem de reproduzir, de forma mais fiel, o que ocorre na clínica endodôntica, pois a extrusão pode ocorrer durante toda essa fase. Nesse caso, a extrusão do material pelo forame apical é um reflexo da ação conjunta do instrumento endodôntico no canal radicular, ou da técnica de instrumentação, e das manobras de irrigação. Além disso, como auxiliar na limpeza do canal radicular, a etapa de irrigação pode conjugar o emprego de diferentes

métodos em um mesmo momento do preparo do canal. Os protocolos de irrigação com agitação do irrigante estabelecem que ele seja dispensado no canal radicular, comumente, pelo próprio sistema de agitação ou por meio da irrigação convencional, por seringa e agulha (TASDEMIR et al., 2008; BOUTSIOUKIS; PSIMMA; KASTRINAKIS, 2014; KARATAS et al., 2015). Portanto, a etapa de irrigação reúne, na verdade, o método de dispensar o irrigante e a agitação propriamente dita. Na presente pesquisa, com o objetivo de isolar-se e avaliar-se apenas o método de agitação do irrigante e minimizar-se esse efeito, a mensuração da extrusão foi realizada durante o tempo de um minuto no qual o irrigante foi agitado. O canal radicular foi preenchido, passivamente, por 0,2 mL do irrigante, empregando-se seringa e agulha posicionadas no orifício de entrada e, então, realizou-se a agitação pelo tempo determinado, metodologia que foi embasada em experimentos anteriores (TASDEMIR et al., 2008; MITCHELL; BAUMGARTNER; SEDGLEY, 2011; BOUTSIOUKIS; PSIMMA; KASTRINAKIS, 2014; RODRIGUES-FIGUEROA; McCLANAHAN; BOWLES, 2014). A determinação da quantidade padrão de irrigante para inundação do canal radicular foi baseada no trabalho de Boutsoukis, Psimma e Kastrinakis (2014), em que se determinou 0,14 mL como o volume médio de irrigante necessário para preencher canais de dentes unirradiculares, com diâmetro 35.06 e comprimento de 19 mm.

Mitchell, Baumgartner e Sedgley (2011), em uma avaliação em que foram testados diferentes sistemas de irrigação, concluíram que a ocorrência e a extensão da extrusão à região apical estava condicionada ao tipo de sistema de irrigação empregado. De modo não coincidente, o método de agitação não interferiu, no presente estudo, na quantidade de material extruído pelo forame apical, uma vez que não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas no peso do material extruído entre os protocolos de irrigação nos quais o agente desmineralizante da dentina foi mantido passivamente no canal radicular em comparação com aqueles em que a agitação foi executada manualmente ou por meio do ultrassom, resultados esses corroborados por vários autores: Boutsoukis, Psimma e Kastrinakis (2014) não comprovaram diferenças entre os métodos de agitação sônico e ultrassônico em comparação com a ausência de agitação; Karatas e outros (2015) também não observaram diferença significativa entre a irrigação ultrassônica passiva e o uso de seringa e agulha quanto à extrusão; Arslan e outros (2015) verificaram que a extrusão pelo laser PIPS<sup>®</sup>, IUP e irrigação convencional

foram semelhantes quanto à extrusão de detritos para a região apical; e Rodrigues-Figueroa, McClanahan e Bowles (2014), ao comparar o efeito da agitação sônica pelo ultrassom e da irrigação convencional na extrusão do hipoclorito de sódio, não notaram, igualmente, associação entre o método de irrigação empregado e a ocorrência da extrusão.

A agitação manual e a agitação pelo ultrassom apresentaram resultados semelhantes, neste estudo, quanto ao peso do material extruído, independentemente da substância química empregada. Esse resultado difere dos obtidos por Boutsoukis, Psimma e Kastrinakis (2014) que verificaram que a técnica de agitação manual dinâmica promoveu uma maior extrusão do que o ultrassom, o que foi atribuído ao efeito de bombeamento promovido pela agitação vertical presente na técnica MDA que origina um fluxo em direção apical do irrigante. Na presente pesquisa, uma lima endodôntica número 20 foi empregada para agitação, e a amplitude utilizada foi de 2-3 mm a partir dos 2 mm do CRT em direção ao terço médio do canal, tendo sido os canais instrumentados até o diâmetro de 0,50 mm. O inserto para IUP foi posicionado também a 2 mm do CRT. No mencionado estudo de Boutsoukis, Psimma e Kastrinakis (2014), um cone de guta-percha com o mesmo diâmetro de 0,35 mm do preparo apical foi agitado e posicionado entre o CRT e 5 mm distantes do CRT. Já para o ultrassom, a ponta foi posicionada entre 1 mm e 3 mm do CRT. Essas diferenças no protocolo de agitação explicariam, provavelmente, as diferenças entre os resultados obtidos nessas duas investigações, assim como a ausência de diferença entre os métodos de agitação utilizados. É possível, portanto, que a menor massa do instrumento empregado, uma lima número 20, e o posicionamento mais distante do ápice tenham diminuído a extrusão para o método de agitação manual, igualando seus resultados aos obtidos com o ultrassom.

A extrusão ocorreu em 93,3% da amostra examinada, ou seja, em 56 dos 60 dentes incluídos nesta pesquisa, independentemente do método de irrigação e da substância química empregada. A comparação desses resultados com os de outros trabalhos é complexa e difícil de ser realizada, em vista das inúmeras variáveis que interferem na extrusão do irrigante para a região apical e da ausência de padronização nos protocolos de irrigação (BOUTSIOUKIS; PSIMMA; VAN DER SLUIS, 2013). Na literatura científica, encontram-se variadas frequências de extrusão — de 100% (TAMBÉ et al., 2013; ALKAHTANI, KHUDHAIRI; ANIL, 2014); de 60% (MITCHELL; BAUMGARTNER; SEDGLEY, 2011); de 43% (ALI KALHORO

et al., 2014); entre 22% e 38,9% (RODRIGUES-FIGUEROA; McCLANAHAM; BOWLES, 2014) — em consequência dos protocolos de irrigação utilizados, dos diversos grupos de dentes empregados, de variações nos diâmetros de preparo e constrição apical, da velocidade de fluxo e de outras variáveis.

É provável que a frequência de extrusão verificada neste estudo tenha sido influenciada pelo modelo experimental utilizado e pelas condições metodológicas adotadas. Com o objetivo de padronizar as condições experimentais, a constrição foi ampliada para o diâmetro de 0,20 mm. Até o momento, não existe um consenso quanto ao efeito do diâmetro do preparo e da ampliação apical na extrusão de material pelo forame apical (YOST et al., 2015). Entretanto, em uma investigação em que foi avaliado o efeito da patência apical sobre a extrusão de irrigantes e detritos para a região apical, observou-se que sua frequência aumentou à medida que a constrição apical foi ampliada. Nos dentes em que a patência apical não foi realizada, a extrusão ocorreu em 47% da amostra; quando a patência foi realizada com um instrumento #10, aumentou para 77,78%; e atingiu 100% ao ampliar-se a constrição para o diâmetro de um instrumento #15 (CAMÕES et al., 2009). Também já ficou demonstrado que há uma tendência para o aumento da extrusão de irrigantes e detritos à medida que se amplia o diâmetro apical (MITCHELL; BAUMGARTNER; SEDGLEY, 2011; IRIBOZ et al., 2015). O aumento do diâmetro apical de preparo de 0,30 mm para 0,50 mm, no experimento de Mitchell, Baumgartner e Sedgley (2011), resultou em um aumento médio de extrusão do irrigante de 36% para 60%, respectivamente. No presente estudo, empregou-se um instrumento RECIPROC<sup>®</sup> 50 que conferiu 0,50 mm de diâmetro ao canal radicular no comprimento real de trabalho. Rodrigues-Figueroa, McClanaham e Bowles (2014) avaliaram a extrusão do hipoclorito de sódio promovida pela ativação ultrassônica, pela ativação sônica e pela irrigação convencional em dentes unirradiculares. Os canais foram preenchidos com irrigante, que foi agitado por um minuto com o instrumento para agitação posicionado a 2 mm do CRT, padrão de agitação semelhante ao aqui empregado. Contrariamente, a frequência de extrusão atestada por esses investigadores para canais radiculares retos variou entre 11% e 16,7%; o preparo apical foi realizado até o instrumento #40.04, mas não foi mencionada a padronização da constrição apical.

Além disso, concorre para a frequência de extrusão o modelo experimental aqui empregado, pois não permite a simulação de estruturas anatômicas presentes

em situações clínicas, como a membrana periodontal, razão pela qual os dados obtidos podem estar superestimados. Contudo, essa ocorrência poderá, possivelmente, ser real nas situações clínicas de rizogênese incompleta, perfurações apicais ou reabsorções cementárias extensas.

Como se pode verificar pela análise dos *boxplots* sobre extrusão (FIGURAS 18 a 21), há uma alta variabilidade no volume do material extruído em cada grupo. Foi possível observar-se, em um mesmo grupo, tanto a ausência de extrusão como um grande volume de material extruído pelo forame apical. Esse achado também está presente em outras investigações (MYERS; MONTGOMERY, 1991; TINAZ et al., 2005; TASDEMIR et al., 2008; KÜÇÜKYILMAZ et al., 2015; RODRIGUES-FIGUEROA; McCLANAHAM; BOWLES, 2014; BOUTSIOUKIS; PSIMMA; KASTRINAKIS, 2014; YOST et al., 2015). Embora não seja frequente a discussão sobre esse aspecto, a anatomia do canal radicular seria, possivelmente, a responsável por esse fato, interferindo sobre a dinâmica do fluido, apesar das condições padronizadas empregadas nesta pesquisa.

No estudo piloto anteriormente executado, verificou-se que as substâncias empregadas no presente estudo apresentaram resíduos sólidos após a evaporação do líquido. O peso do resíduo sólido mensurado constituiu-se de material próprio do canal radicular e, adicionalmente, de cristais do irrigante, que foram extruídos pelo forame apical, o que pode ser comprovado pela proporcionalidade que se observa entre os *boxplots* dos resíduos sólidos extruídos (FIGURAS 20 e 21) e os *boxplots* dos resíduos e irrigantes extruídos (FIGURAS 18 e 19).

A frequência de extrusão de irrigantes pelo forame apical foi de 93,3%, ou seja, houve extrusão em quase todos os espécimes que constituíram a amostra aqui avaliada. Nos diversos relatos que constam na literatura científica, a extrusão do hipoclorito de sódio para o periápice tem sido relacionada com grave dano tecidual e alterações inflamatórias severas, associadas a dor, equimose e edema (HÜLSMANN; HAHN, 2000; SERMENO et al., 2009, ZHU et al., 2013). Os resultados do presente experimento demonstraram que todos os protocolos de irrigação foram capazes de promover a extrusão de irrigantes pelo forame apical, independentemente do tipo de agente desmineralizante da dentina, fosse o EDTA ou o QMix™, ou da agitação ou não dessa substância. Embora não existam relatos clínicos sobre os efeitos adversos dos agentes demineralizantes da dentina no periápice (HÜLSMANN; RÖDIG; NORDMEYER, 2009), estudos *ex vivo* constataram

que tanto o EDTA como o QMix™ apresentam potencial inflamatório e citotóxico (MARINS et al., 2012; CHANDRASEKAR et al., 2013, ALKAHTANI et al., 2014; PRADO et al. 2015). Os resultados dos estudos de Segura e outros (1996, 1997) sobre macrófagos demonstraram que o EDTA é capaz de alterar os mecanismos da resposta imune. Além disso, os resultados referentes ao peso do material extruído, mensurado após a evaporação do irrigante, constataram que a ele se associam potenciais irritantes ao periápice que podem estar constituídos de bactérias, remanescentes do conteúdo do canal e raspas de dentina, devendo ser evitado o contato dessas substâncias com a região periapical.

Nesta investigação, ao material sólido extruído após a evaporação do irrigante foram adicionados 0,2 mL de água deionizada. Dez microlitros desse material foram adicionados a 1 mL do reagente arsenazo III e submetidos à colorimetria para a mensuração do teor de cálcio. A reação do cálcio com o arsenazo III dá origem ao complexo de cor azul, o “cálcio-arsenazo III”, cuja intensidade da cor é diretamente proporcional ao teor de cálcio na amostra.

A presença de cálcio na solução após a irrigação decorre da descalcificação da estrutura inorgânica da camada residual e da ação dos agentes desmineralizantes sobre a matriz de cálcio da hidroxiapatita, com consequente exposição do colágeno e redução da microdureza (SLUTZKY-GOLDBERG et al. 2004 apud SILVA et al., 2013).

A comparação entre os resultados referentes à concentração de cálcio no resíduo extruído pelo forame apical dos grupos sem agitação e dos grupos nos quais a agitação foi empregada, manualmente ou pelo ultrassom, indica que a agitação favoreceu o aumento da quantidade de cálcio no resíduo extruído. Essa relação é proporcional ao método empregado, uma vez que os grupos agitados pelo ultrassom apresentaram valores de concentração de cálcio superiores aos agitados manualmente, e estes, superiores àqueles nos quais a agitação não foi realizada. Provavelmente, no presente estudo, os mecanismos de ação do ultrassom por meio da cavitação e do fluxo acústico teriam mobilizado maior quantidade de cálcio das paredes do canal que teria se dispersado no irrigante, o que favoreceu a saída, pelo forame apical, de maior quantidade desse íon. Esses resultados são corroborados por Costa (2015) que comparou o soro fisiológico, o EDTA e a quitosana a 0,2% submetidos à agitação manual, ultrassônica e à irrigação passiva, quanto à concentração de cálcio no irrigante extruído pelo forame apical de caninos humanos.

Dentre esses métodos, o ultrassom promoveu a maior extrusão, seguido pela agitação sônica e pela agitação mecânica com limas tipo K.

Nesta pesquisa, a comparação dos valores em mg/dL obtidos nas concentrações do cálcio pelos agentes desmineralizantes da dentina, considerando-se o mesmo método de agitação, apontou uma maior concentração de cálcio para o grupo B (QMix™ sem emprego de agitação) quando confrontado com o grupo A (EDTA utilizado sem agitação), comparação que obteve significado estatístico ( $p=0,024$ ). Os grupos nos quais o QMix™ foi empregado sob agitação manual ou sob agitação ultrassônica apresentaram maior concentração de cálcio do que aqueles em que o EDTA foi assim utilizado. Entretanto, a aplicação do teste estatístico não apontou diferenças significativas para a comparação entre o EDTA e o QMix™ sob as mencionadas agitações.

É necessário destacar que os valores obtidos para o teor de cálcio liberado do canal radicular advêm do residual iônico não quelado pelos agentes desmineralizantes, em função do tempo de aplicação e da permanência no canal radicular ou do grau de saturação alcançado ou da concentração da solução teste. Dessa forma, quanto maior o valor de cálcio encontrado na solução, menor será, provavelmente, a atividade de quelação, conforme afirma Santos (2008). Contrariamente a essa interpretação, outros autores (MARQUES et al, 2006; SPANÓ et al., 2009; SILVA et al., 2013), baseados em metodologias que empregaram espectrofotometria de absorção atômica para determinar a concentração de cálcio após a aplicação de quelantes, afirmaram que a solução que apresentou concentração mais elevada de íons cálcio demonstrou ação desmineralizante mais intensa e uma maior capacidade de limpeza.

Com base nos resultados obtidos no presente experimento, pode-se admitir a ocorrência de maior atividade quelante do agente químico desmineralizante, efeito que implica uma maior vulnerabilidade da superfície das paredes dentinárias do canal radicular e, por conseguinte, uma maior liberação de cálcio iônico.

Confrontando-se, quanto aos valores de concentração do cálcio, os resultados do EDTA com os do QMix™, o EDTA parece apresentar, no ponto de saturação, uma maior atividade quelante do que o QMix™, quando não agitados, resultados esses que diferem dos encontrados por outros investigadores. Taneja, Kumari e Anand (2014), por exemplo, avaliaram, *in vitro*, a perda de cálcio e a redução da microdureza da dentina proporcionada por diferentes irrigantes, tendo



demonstrado que existe uma correlação negativa entre esses dois aspectos, concluindo que o EDTA promoveu maior perda de cálcio e redução da microdureza do que o QMix™, mas a aplicação do teste estatístico não salientou uma diferença significativa entre essas substâncias. Tais resultados são semelhantes aos obtidos por Aranda-Garcia e outros (2013b) em estudo no qual, após submissão aos irrigantes QMix™, EDTA, SmearClear® e MTAD®, constataram que todos eles promoveram a redução da microdureza da dentina, sem apresentar, entretanto, diferença significativa entre os resultados para cada uma das substâncias.

Neste estudo, examinando-se a associação entre os dados referentes à concentração de cálcio no resíduo extruído e os resultados sobre a remoção da camada residual, verificou-se que a quantidade de cálcio tem relação direta com a agitação, independentemente do grau de remoção da camada residual. Entretanto, nos grupos nos quais o EDTA ou o QMix™ foram empregados sem agitação, grupos A e B, respectivamente, os valores de cálcio mensurados foram menores do que nos grupos em que a agitação foi empregada, sugerindo uma menor quantidade de cálcio livre e, conseqüentemente, uma maior queação. Os grupos A (EDTA sem agitação) e B (QMix™ sem agitação) apresentaram, na área de observação em MEV, a 3 mm do ápice radicular, a maior quantidade de escores para “remoção adequada” da camada residual: 7 de 10 (70%) para o EDTA e 4 de 10 (40%) para o QMix™. Assim, a partir desses dois grupos, pode-se dizer que é provável que exista uma correlação entre a capacidade de queação da substância e a capacidade de remoção da camada residual, resultado que é corroborado por Marques e outros (2006), Santos (2008), Spanó e outros (2009) e Silva e outros (2013).

Apesar de não se ter constatado significado estatístico, o protocolo de irrigação no qual o EDTA foi empregado sem agitação (grupo A) comparado com o protocolo em que se empregou o agente desmineralizante QMix™ sem agitação (grupo B) determinou uma maior proporção de escores de remoção adequada da camada residual para o grupo do irrigante EDTA, a 3 mm e a 6 mm do ápice radicular. Esses dados correlacionam-se com os resultados obtidos nas concentrações de cálcio desses grupos (Tabelas 14 e 15,  $p=0,024$ ), indicando que, nessas condições, há uma relação direta entre o menor teor de cálcio e a maior limpeza promovida pela substância irrigadora EDTA, em comparação com o agente desmineralizante QMix™.

Também a partir dos resultados deste estudo pode-se dizer que o desbridamento efetivo do terço apical do canal radicular permanece como um desafio. Os métodos de agitação e as substâncias químicas empregadas não foram capazes de remover completamente a camada residual desse terço do canal. Entretanto, no intuito de promover-se uma maior limpeza, a associação do hipoclorito de sódio ao EDTA a 17% permanece como a opção mais indicada.

Da mesma forma que foi constatada por Malvar (2013), observou-se uma maior dificuldade de ação da substância irrigadora na área mais apical do canal. A recomendação da endodontia atual é a de que o irrigante seja dispensado nas proximidades da área em que se deseja sua atuação (ZEHNDER, 2006; PARK; SHEN; HAAPASALO, 2012). No entanto, o posicionamento aqui aplicado a 3 mm do forame apical não foi suficiente para promover uma completa limpeza dessa área e, adicionalmente, promoveu a extrusão de irrigantes e resíduos pelo forame apical. A escolha de um método de irrigação deve estar pautada em sua capacidade de limpeza associada à segurança que oferece ao paciente.

Uma das limitações dos estudos *in vitro* é a incapacidade de reproduzir, fielmente, as condições encontradas em situações clínicas, como a ausência da membrana periodontal e de tecidos da região apical, sobretudo para investigações relacionadas com efetividade e segurança de métodos de irrigação endodôntica. Os resultados de experimentos sobre a eficácia da irrigação estão relacionados com as condições aplicadas nos protocolos estabelecidos, tais como, a velocidade do fluxo de irrigação, a realização de patência apical, o diâmetro do preparo e a constrição apical, o método de irrigação, o volume do irrigante, entre outros. A ausência de protocolos padronizados dificulta a comparação dos resultados entre os estudos, em vista do caráter particular de cada um deles.

Determinadas questões continuam sem resposta: (1) Qual seria o volume do material extruído capaz de provocar alterações inflamatórias no periápice? (2) Independentemente do protocolo de irrigação empregado, não tendo sido possível remover integralmente os detritos e a camada residual do terço apical do canal radicular, qual o impacto clínico desse resultado? (3) A remoção dos detritos e da camada residual em sua totalidade seria imperiosa para o bom prognóstico do tratamento endodôntico?

Essas questões criam perspectivas não somente para o desenvolvimento de modelos experimentais de investigação padronizados e que se aproximem das

condições presentes em situações clínicas, como também enfatizam a necessidade do desenvolvimento de metodologias que sejam capazes de avaliar o real impacto da extrusão de resíduos pelo forame apical e da qualidade da limpeza do terço apical do canal radicular na indução da periodontite apical ou na interferência no reparo dessa região.

## **9 CONCLUSÃO**

Diante das condições experimentais em que o presente estudo foi realizado e considerados os resultados obtidos, é lícito concluir-se:

- Os protocolos de irrigação empregados não foram capazes de remover completamente a camada residual, a 3 mm e a 6 mm do ápice radicular.
- Não houve diferença entre os protocolos de irrigação empregados quanto a remoção de detritos, a 3 mm e a 6 mm do ápice do canal radicular.
- A remoção de detritos do canal radicular foi efetiva, a 3 mm e 6 mm do ápice radicular, independentemente do emprego de agentes desmineralizantes da dentina ou dos métodos de agitação.
- Os protocolos de irrigação nos quais a agitação foi empregada, manualmente ou pelo ultrassom, não apresentaram diferenças quanto à remoção da camada residual e detritos, a 3 mm e a 6 mm do ápice radicular.
- Os protocolos de irrigação associados ao EDTA a 17% são mais eficazes quanto à remoção da camada residual, com significado estatístico, apenas, a 3 mm do ápice radicular.
- A extrusão de resíduos do canal radicular ocorreu de forma semelhante entre os grupos experimentais, independentemente da natureza química dos irrigantes, do tipo de agitação aplicado e das substâncias desmineralizantes da dentina empregadas.
- A quantidade de cálcio no resíduo sólido extruído pelo forame apical é proporcional ao método de agitação empregado na irrigação do canal radicular.

## REFERÊNCIAS

- ADIGÜZEL, O. et al. Effectiveness of ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA) and MTAD on debris and smear layer removal using a self-adjusting file. **Oral surg. oral med. oral pathol. oral radiol. endod.**, St. Louis, v.112, n.6, p.803-808, Dec. 2011.
- ADORNO, C. G. et al. Comparison of two negative pressure systems and syringe irrigation for root canal irrigation: an ex vivo study. **Int. endod. j.**, Oxford, v.49, n.2, p.174-183, Feb. 2016.
- AGRAWAL, V. S.; KAPOOR, S. An in vitro scanning electron microscopic study comparing the efficacy of passive ultrasonic and syringe irrigation methods using sodium hypochlorite in removal of debris from the root canal system. **J. Ir. Dent. Assoc.**, Dublin, v.58, n.3, p.156-151, June/July 2012.
- AHMAD, M. et al. Ultrasonic debridement of root canals: acoustic cavitation and its relevance. **J. endod.**, Baltimore, v.14, n.10, p.486-493, Oct. 1988.
- AHMAD, M.; PITT FORD, T. R.; CRUM, L. A. Ultrasonic debridement of root canals: Acoustic streaming and its possible role. **J. endod.**, Baltimore, v.13, n.10, p.490-499, Oct. 1987.
- AHMETOGLU, F. et al. Effectiveness of different irrigation systems on smear layer removal: a scanning electron microscopic study. **Eur J Dent.**, Ankara, v.8, n.1, p.53-57, Jan-Mar. 2014.
- AHUJA, P. et al. Effectiveness of four different final irrigation activation techniques on smear layer removal in curved root canals: a scanning electron microscopy study. **J Dent.**, Tehran, Iran, v.11, n.1, p.1-9, Jan. 2014.
- AKSEL, H. et al. Effect of needle insertion depth and apical diameter on irrigant extrusion in simulated immature permanent teeth. **Braz. oral res.**, São Paulo, v.28, n.1, p.1-6, 2014.
- ALI KALHORO, F. et al. Rate of apical extrusion of sodium hypochlorite: open ended versus closed ended needles. **Pakistan Oral and Dental Journal**, Paquistão, Islamabad, v.34, n.1, p.159-163, Mar. 2014.
- ALKAHTANI, A.; AL KHUDHAIRI, T. D.; ANIL, S. A comparative study of the debridement efficacy and apical extrusion of dynamic and passive root canal irrigation systems. **BMC oral health.**, 14:12, 2014. doi: 10.1186/1472-6831-14-12. Disponível em: <<http://bmcoralhealth.biomedcentral.com/>>. Acesso em: 26 maio 2014.
- ALKAHTANI, A. et al. Cytotoxicity of QMix™ endodontic irrigating solution on human bone marrow mesenchymal stem cells. **BMC oral health.**, London, v.29, p.14-27, Mar. 2014.

ALTUNDASAR, E. et al. Debris and irrigant extrusion potential of 2 rotary systems and irrigation needles. **Oral surg. oral med. oral pathol. oral radiol. Endod.**, St. Louis, v.112, n.4, p.31-35, Oct. 2011.

AMARAL, K. F. et al. Cytotoxicity analysis of EDTA and citric acid applied on murine resident macrophages culture. **Int. endod. j.**, Oxford, v.40, n.5, p.338-343, May 2007.

AMERICAN ASSOCIATION OF ENDODONTISTS. **Glossary of endodontic terms**. 8. th. Chicago: AAE, 2012.

ANDRABI, S. M. et al. An in vitro SEM study on the effectiveness of smear layer removal of four different irrigations. **Iran. endod. j.**, Tehran, v.7, n.4, p.171-176, Oct. 2013.

ANDRABI, S. et al. Effect of manual dynamic activation on smear layer removal efficacy of ethylenediaminetetraacetic acid and SmearClear: an in vitro scanning electron microscopic study. **Aust. endod. j.**, Melbourne, v.39, n.3, p.131-136, Dec. 2013.

ANDRABI, S. M. et al. Effect of passive ultrasonic irrigation and manual dynamic irrigation on smear layer removal from root canals in a closed apex in vitro model. **J Investig Clin Dent.**, Richmond, v.5, n.3, p.188-193, Aug. 2014.

ARANDA-GARCIA, A. J. et al. Effect of the root canal final rinse protocols on the debris and smear layer removal and on the push-out strength of an epoxy-based sealer. **Microsc. res. tech.**, New York, v.76, n.5, p.533-537, May 2013a.

ARANDA-GARCIA, A. J. et al. Effect of final irrigation protocols on microhardness and erosion of root canal dentin. **Microsc. res. tech.**, New York, v.76, n.10, p.1079 - 1083, Oct. 2013b.

ARENDS, J.; TEN BOSCH, J. J. Demineralization and remineralization evaluation techniques. **J dent res.**, Chicago, v.71, p.924-928, Apr. 1992.

ARI, H.; ERDEMIR, A. Effects of endodontic irrigation solutions on mineral content of root canal dentin using ICP-AES technique. **J. endod.**, Baltimore, v.31, n.3, p.187-189, Mar. 2005.

ARSLAN, H. et al. Effect of PIPS technique at different power settings on irrigating solution extrusion. **Lasers Med Sci.**, Londres, v.30, n.6, p.1641-1645, Aug. 2015.

BALLAL, N. V. et al. A comparative in vitro evaluation of cytotoxic effects of EDTA and maleic acid: root canal irrigants. **Oral surg. oral med. oral pathol. oral radiol. endod.**, St. Louis, v.108, n.4, p.633-638, Oct. 2009.

BANODE, A. M. et al. Comparative scanning electron microscopy evaluation of smear layer removal with 17% ethylenediaminetetraacetic acid, 10% citric acid and newer irrigant QMix: in vitro study. **Indian Journal of Oral Health and Research**, Mumbai, v.1, n.2, p.56-61, July-Dec. 2015.

BASRANI, B., HAAPASALO, M. Update on endodontic irrigating solutions. **Endod. topics**, Oxford, v.27, n.1, p.74-102, Sept. 2012.

BENDOCCHI ALVES, G. B. Estudo comparativo da capacidade de remoção da pré-dentina de duas técnicas de instrumentação em canais curvos. 1997. 73f. Dissertação (Mestrado em Odontologia) - Faculdade de Odontologia, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 1997.

BENJAMINI, Y.; HOCHBERG, Y. Controlling the false discovery rate: a practical and power-full approach to multiple testing. **Journal of the Royal Statistical Society**, London, v.57, n.1, p.289-300, 1995.

BLANK-GONÇALVES, L. M. et al. Qualitative analysis of the removal of the smear layer in the apical third of curved roots: conventional irrigation versus activation systems. **J. endod.**, Baltimore, v.37, n.9, p.1268-1271, Sept. 2011.

BORGES, M. F. A. et al. Influence of apical enlargement in cleaning and extrusion in canals with mild and moderate curvatures. **Braz. dent. j.**, São Paulo, v.22, n.3, p.212-217, 2011.

BOTTON, G. et al. Toxicity of irrigating solutions and pharmacological associations used in pulpectomy of primary teeth. **Int. endod. j.**, Oxford, v.49, n.8, p. 746- 754, Aug. 2016.

BOUTSIOUKIS C.; LAMBRIANIDIS T.; KASTRINAKIS E. Irrigant flow within a prepared root canal using various flow rates: a Computational Fluid Dynamics study. **Int. endod. j.**, Oxford, v.42, n.2, p.144-155, Feb. 2009.

BOUTSIOUKIS, C.; PSIMMA, Z.; VAN DER SLUIS, L. W. M. Factors affecting irrigant extrusion during root canal irrigation: a systematic review. **Int. endod. j.**, Oxford, v.46, n.7, p.599-618, July 2013.

BOUTSIOUKIS C.; PSIMMA Z.; KASTRINAKIS E. The effect of flow rate and agitation technique on irrigant extrusion ex vivo. **Int. endod. j.**, Oxford, v.47, n.5, p.487-496, May 2014.

BOUTSIOUKIS, C. et al. Measurement of pressure and flow rates during irrigation of a root canal ex vivo with three endodontic needles. **Int. endod. j.**, Oxford, v.40, n.7, p.504-555, July 2007.

BOUTSIOUKIS, C. et al. Evaluation of irrigant flow in the root canal using different needle types by an unsteady Computational Fluid Dynamics model. **J. endod.**, Baltimore, v.36, n.5, p.875-879, May 2010a.

BOUTSIOUKIS, C. et al. The effect of apical preparation size on irrigant flow in root canals evaluated using an unsteady Computational Fluid Dynamics model. **Int. endod. j.**, Oxford, v.43, n.10, p.874-881, Oct. 2010b.

BRÄNNSTRÖM, M.; NORDENVALL, K. J.; GLANTZ, P. O. The effect of EDTA containing surface-active solutions on the morphology of prepared dentin: an in vivo study. **J. Dent. Res.**, Washington, v.59, n.7, p.1127-1131, July 1980.



BROWN, D. C. et al. An in vitro study of apical extrusion of sodium hypochlorite during endodontic canal preparation. **J. endod.**, Baltimore, v.21, n.12, p.587-591, Dec. 1995.

BUI, T. B.; BAUMGARTNER, J. C.; MITCHELL, J. C. Evaluation of the interaction between sodium hypochlorite and chlorhexidine gluconate and its effect on root dentin. **J. endod.**, Baltimore, v.34, n.2, p.181-185, Feb. 2008.

ÇALT, S.; SERPER, A. Time-dependent effects of EDTA on dentin structures. **J. endod.**, Baltimore, v.28, n.1, p.17-19, Jan. 2002.

CAMERON, J. A. The synergistic relationship between ultrasound and sodium hypochlorite: a scanning electron microscope evaluation. **J. endod.**, Baltimore, v.13, n.11, p.541-545, Nov. 1987.

CAMÕES, I. C. G. et al. Relationship between the size of patency file and apical extrusion of sodium hypochlorite. **Indian J. dent Res.**, Ahmedabad, v.20, n.4, p.426-430, Oct./Dec. 2009.

CARON, G. et al. Effectiveness of different final irrigant activation protocols on smear layer removal in curved canals. **J. endod.**, Baltimore, v.36, n.8, p.1361-1366, Aug. 2010.

CASTAGNA, F. et al. Effect of passive ultrasonic instrumentation as a final irrigation protocol on debris and smear layer removal: a SEM analysis. **Microsc. res. tech.**, New York, v.76, n.5, p.496-502, May 2013.

CECCHIN, D. et al. Evaluation of antimicrobial effectiveness and dentine mechanical properties after use of chemical and natural auxiliary irrigants. **J. Dent.**, Bristol, v.43, n.2, p.695-702, June 2015.

CECIC, P. A.; PETERS, D. D.; GROWER, M. F. The comparative efficiency of final endodontic cleansing procedures in removing a radioactive albumin from root canal systems. **Oral surg. oral med. oral pathol.**, St. Louis, v.58, n.3, p.336-342, Sept. 1984.

CENGİZ, T.; AKTENER, B.O.; PISKIN, B. Effect of dentinal tubule orientation on the removal of smear layer by root canal irrigants. A scanning electron microscopic study. **Int. endod. j.**, Oxford, v.23, n.3, p.163-171, May 1990.

CHANDRASEKHAR, V. et al. Evaluation of biocompatibility of a new root canal irrigant QMix™ 2 in 1: an in vivo study. **J Conserv Dent.**, Amritsar, v.16, n.1, p.36-40, Jan./Feb. 2013.

CHANG, J. W., CHEUNG, A. W., CHEUNG, G. S. W. Effect of root canal dimensions, injection rate, and needle design on the apical extrusion of an irrigant: an in vitro study. **J Investig Clin Dent.**, Richmond, v.6, n.3, p.221-227, Aug. 2015.

CHAPMAN, C. E.; COLLEE, J. G.; BEAGRİE, G. S. A preliminary report on the correlation between apical infection and instrumentation in endodontics. **J Br Endod Soc.**, Londres, v.2, n.1, p.7-11, Jan./Mar. 1968.

- CHEN, J. H. et al. Irrigation dynamics associated with positive pressure, apical negative pressure and passive ultrasonic irrigations: a computational fluid dynamics analysis. **Aust. endod. j.**, Melbourne, v.40, n.2, p.54-60, 2014.
- COBANKARA, F. K.; ERDOGAN, H.; HAMURCU, M. Effects of chelating agents on the mineral content of root canal dentin. **Oral surg. oral med. oral pathol. oral radiol. endod.**, St. Louis, v.112, n.6, p.149-154, Dec. 2011.
- COSTA, L. M. A. S. Avaliação da quantidade de cálcio após o uso de substâncias quelantes e diferentes mecanismos de agitação. 2015. 64f. il. Dissertação (Mestrado Profissional em Ciências Odontológicas Integradas) - Programa de Pós-Graduação em Ciências Odontológicas Integradas, Universidade de Cuiabá, Cuiabá, 2015.
- CRUZ-FILHO, A. M. et al. Effect of different EGTA concentrations on dentin microhardness. **Braz. dent. j.**, São Paulo, v.13, n.3, p.188-190, 2002.
- DAI, L. et al. The effect of QMix, an experimental antibacterial root canal irrigant, on removal of canal wall smear layer and debris. **J. endod.**, Baltimore, v.37, n.1, p.80-84, Jan. 2011.
- DE DEUS, G. A. Assessment of apically extruded debris produced by the self adjusting file system. **J. endod.**, Baltimore, v.40, n.4, p.526-529, Apr. 2014.
- DE DEUS, G. et al. Suboptimal debridement quality produced by the single-file F2 ProTaper technique in oval-shaped canals. **J. endod.**, Baltimore, v.36, n.11, p.1897-1900, Nov. 2010a.
- DE DEUS, G. et al. Assessment of apically extruded debris produced by the singlefile ProTaper F2 technique under reciprocating movement. **Oral surg. oral med. Oral pathol. oral radiol.endod.**, St. Louis, v.110, n.3, p.390-394, Sept. 2010b.
- DOĞAN, H.; ÇALT, S. Effects of chelating agents and sodium hypochlorite on mineral content of root dentin. **J endod.**, Baltimore, v.27, n.9, p.578-580, Sept. 2001.
- DOMÍNGUEZ, C. A. G. Estudio experimental comparativo in vitro de la eliminación del barrillo dentinario en el tercio apical entre Qmix y EDTA 17% com activación ultrasónica passiva. Tese (Especialização) - Universidad San Francisco de Quito, Quito, 2013. Disponível em: <<http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/2276>>. Acesso em: 27 maio 2014.
- DRAKE, D. R. et al. Bacterial retention in canal walls in vitro: effect of smear layer. **J endod.**, Baltimore, v.20, n.2, p.78-82, Feb. 1994.
- DUTNER, J., MINES, P., ANDERSON, A. Irrigation trends among American Association of Endodontists members: a web-based survey. **J. endod.**, Baltimore, v.38, n.1, p.37-40, Jan. 2012.
- EKIM, S. N.; ERDEMIR, A. Comparison of different irrigation activation techniques on smear layer removal: an in vitro study. **Microsc. res. tech.**, New York, v.78, n.3, p.230-239, Mar. 2015.

- ELIOT, C. et al. The effect of the irrigant QMix on removal of canal wall smear layer: an ex vivo study. **Odontology**, Tóquio, v.102, n.2, p.232-240, July 2014.
- ESTRELA, C.; FIGUEIREDO, J. A. P. Endodontia: princípios biológicos e mecânicos. São Paulo: Artes Médicas, 1999. 819p.
- ESTRELA, C. R. A. Eficácia antimicrobiana de soluções irrigadoras de canais radiculares. 2000. 88f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2000.
- FUKUMOTO, Y.; YOSHIOKA, T.; SUDA, H. Intra-canal aspiration technique for root canal irrigation. Part 1. Overflow of irrigating solution beyond the apical foramen. **The Japanese Journal of Conservative Dentistry**, Tokyo, v.47, p.37-42, 2004.
- FUKUMOTO, Y. et al. An ex vivo evaluation of a new root canal irrigation technique with intracanal aspiration. **Int. endod. j.**, Oxford, v.39, n.2, p.93-99, Feb. 2006.
- GALVAN, D. A. et al. Effect of smear layer removal on the diffusion permeability of human roots. **J. endod.**, Baltimore, v.20, n.2, p.83-86, Feb. 1994.
- GARCIA-GODOY, F. et al. Application of biologically-oriented dentin bonding principles to the use of endodontic irrigants. **Am. j. dent.**, San Antonio, v.18, n.4, p.281-290, 2005.
- GOEL, S.; TEWARI, S. Smear layer removal with passive ultrasonic irrigation and the NaviTip FX: a scanning electron microscopic study. **Oral surg. oral med. oral pathol.oral radiol. endod.**, St. Louis, v.108, n.3, p.465-470, Sept. 2009.
- GONDIM, J. R. E. et al. Postoperative pain after the application of two different irrigation devices in a prospective randomized clinical trial. **J. endod.**, Baltimore, v.36, n.8, p.1295-1301, Aug. 2010.
- GRUNDLING, G. L. et al. QMix<sup>®</sup> irrigant reduces lipopolysaccharide (LPS) levels in an in vitro model. **J. appl. oral sci.**, Bauru, v.23, n.4, p.431-435, Aug. 2015.
- GU, L. et al. Review of contemporary irrigant agitation techniques and devices. **J. endod.**, Baltimore, v.35, n.6, p.791-804, June 2009.
- GUERREIRO-TANOMARU, J. M. et al. Efficacy of four irrigation needles in cleaning the apical third of root canals. **Braz. dent. j.**, Ribeirão Preto, v.24, n.1, p.21-24, 2013.
- GUERREIRO-TANOMARU, J. M. et al. Antibiofilm activity of irrigating solutions associated with cetrimide. Confocal laser scanning microscopy. **Int. endod. j.**, Oxford, v.47, n.11, p.1058-1063, Nov. 2014.
- GULABIVALA, K. et al. Effects of mechanical and chemical procedures on root canal surfaces. **Endod. topics**, Oxford, v.10, n.1, p.103-122, Mar. 2005.
- GULABIVALA, K. et al. The fluid mechanics of root canal irrigation. **Physiol. Meas.**, Bristol, v.31, n.12, p.49-84, Nov. 2010.

GUPTA, J.; NIKHIL, V.; JHA, P. Correlation between machines assisted endodontic irrigant agitation and apical extrusion of debris and irrigant: a laboratory study. **The Scientific World Journal**, New York, 2014. Disponível em: <<https://www.hindawi.com/journals/tswj/>>. Acesso em: 22 fev. 2016.

HAAPASALO, M. et al. Irrigation in Endodontics. **Dent. clin. north Am.**, Filadélfia, v.54, n.2, p.291-312, Apr. 2010.

HAAPSALO, M., QIAN, W., SHEN, Y. Irrigation: beyond the smear layer. **Endod. topics**, Oxford, v.27, n.1, p.35-53, Sept. 2012.

HENNEQUIN, M.; PAJOT, J.; AVIGNANT, D. Effects of different pH values of citric acid solutions on the calcium and phosphorus contents of human dentin. **J. endod.**, Baltimore, v.20, n.11, p.551-554, Nov. 1994.

HOWARD, R. K. et al. Comparison of debris removal with three different irrigation techniques. **J. endod.**, Baltimore, v.37, n.9, p.1301-1305, Sept. 2011.

HSIEH, Y. D. et al. Dynamic recording of irrigating fluid distribution in root canals using thermal image analysis. **Int. endod. j.**, Oxford, v.40, n.1, p.11-17, Jan. 2007.

HUANG, T. Y.; GULABIVALA, K.; NG, Y. L. A bio-molecular film ex-vivo model to evaluate the influence of canal dimensions and irrigation variables on the efficacy of irrigation. **Int. endod. j.**, Oxford, v.41, n.1, p.60-71, Jan. 2008.

HUANG, X. et al. Quantitative evaluation of debris extruded apically by using ProTaper Universal Tulsa rotary system in endodontic retreatment. **J. endod.**, Baltimore, v.33, n.9, p.1102-1105, Sep. 2007.

HÜLSMANN, M.; HAHN, W. Complications during root canal irrigation: literature review and case reports. **Int. endod. j.**, Oxford, v.33, n.3, p.186-193, May 2000.

HULSMANN, M.; HECKENDORFF, M.; LENNON, Á. Chelating agents in root canal treatment: mode of action and indications for their use: a review. **Int. endod. j.**, Oxford, v.36, n.12, p.810-830, Dec. 2003.

HÜLSMANN, M.; PETERS, O. A., DUMMER, P. M. H. Mechanical preparation of root canals: shaping goals, techniques and means. **Endod. topics**, Oxford, v.10, n.1, p.30-76, Mar. 2005.

HÜLSMANN, M., RÖDIG, T., NORDMEYER, S. Complications during root canal irrigation. **Endod. topics**, Oxford, v.16, n.1, p.27-63, Mar. 2007.

HULSMANN, M., RUMMELIN, C., SCHAFERS, F. Root canal cleanliness after preparation with different endodontic handpieces and handinstruments: a comparative SEM Investigation. **J. endod.**, Baltimore, v.23, n.5, p.301-306, May 1997.

IRIBOZ, E. et al. Comparison of apical extrusion of sodium hypochlorite using 4 different root canal irrigation techniques. **J. endod.**, Baltimore, v.41, n.3, p.380-384, Mar. 2015.

JIANG, L. M. et al. Evaluation of a sonic device designed to activate irrigant in the root canal. **J. endod.**, Baltimore, v.36, n.1, p.143-146, Jan. 2010.

JIANG, L. M. et al. The influence of the ultrasonic intensity on the cleaning efficacy of passive ultrasonic irrigation. **J. endod.**, Baltimore, v.37, n.5, p.688-692, May 2011.

JIANG, L. M. et al. Comparison of the cleaning efficacy of different final irrigation techniques. **J. endod.**, Baltimore, v.38, n.6, p.838-841, June 2012.

KAKEHASHI S, STANLEY HR, FITZGERALD RJ. The effects of surgical exposures of dental pulps in germ-free and conventional laboratory rats. **Oral surg. oral med. oral pathol.**, v.20, p.340-349, 1965.

KAMEL, W. H., KATAIA, E. M. Comparison of the efficacy of Smear Clear with and without a canal brush in smear layer and debris removal from instrumented root canal using WaveOne versus ProTaper: a scanning electron microscopic study. **J. endod.**, Baltimore, v.40, n.3, p.446-450, Mar. 2014.

KARATAS, E. et al. Comparison of the effect of nonactivated self-adjusting file system, Vibringe, EndoVac, ultrasonic and needle irrigation on apical extrusion of debris. **Int. endod. j.**, Oxford, v.48, n.4, p.317-322, Apr. 2015.

KATO, A. S. et al. Investigation of the efficacy of passive ultrasonic irrigation versus irrigation with reciprocating activation: an environmental scanning electron microscopic study. **J. endod.**, Baltimore, v.42, n.4, p.659-663, Apr. 2016.

KENDALL, M.G. **Rank correlation methods**. London: Griffin, 1948.

KHADEMI, A.; YAZDIZADEH, M.; FEIZIANFARD, M. Determination of the minimum instrumentation size for penetration of irrigants to the apical third of root canal systems. **J. endod.**, Baltimore, v.32, n.5, p.417-420, May 2006.

KHEDMAT, S., SHOKOUHINEJAD, N. Comparison of the efficacy of three chelating agents in smear layer removal. **J. endod.**, Baltimore, v.34, n.5, p.599-602, May 2008.

KIM, H-J et al. Efficacy of flowable gel-type EDTA at removing the smear layer and inorganic debris under manual dynamic activation. **J. endod.**, Baltimore, v.39, n.7, p.910-914, July 2013.

KLEIER, D. J., AVERBACH, R. E., MEHDIPOUR, O. The sodium hypochlorite accident: experience of diplomates of the American Board of Endodontics. **J. endod.**, Baltimore, v.34, n.11, p.1346-1350, Nov. 2008.

KOLOSOWSKI, K. P. et al. Qualitative analysis of precipitate formation on the surface and in the tubules of dentin irrigated with sodium hypochlorite and a final rinse of chlorhexidine or QMiX. **J. endod.**, Baltimore, v.40, n.12, p.2036-2040, Dec. 2014.

KUAH, H. G. et al. The effect of EDTA with and without ultrasonics on removal of the smear layer. **J. endod.**, Baltimore, v.35, n.3, p.393-396, Mar. 2009.

- KÜÇÜKYILMAZ, E. et al. Assessment of apically extruded debris and irrigant produced by different nickel-titanium instrument systems. **Braz. oral res.**, São Paulo, v.29, n.1, p.1-6, 2015.
- LEE, S. J.; WU, M. K.; WESSELINK, P. R. The effectiveness of syringe irrigation and ultrasonics to remove debris from simulated irregularities within prepared root canal walls. **Int. endod. j.**, Oxford, v.37, n.10, p.672-678, Oct. 2004.
- LOPES, H. P.; SIQUEIRA JR, J. F.; ELIAS, C. N. Substâncias químicas empregadas no preparo dos canais radiculares. In: LOPES, H. P.; SIQUEIRA Jr., J. F. **Endodontia: biologia e técnica**. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2010. 951p. Capítulo 13.
- LU, Y. et al. Apically extruded debris and irrigant with two Ni-Ti systems and hand files when removing root fillings: a laboratory study. **Int. endod. j.**, Oxford, v.46, n.12, p.1125-1130, Dec. 2013.
- LUI, J. N.; KUAH, H. G.; CHEN, N. N. Effect of EDTA with and without surfactants or ultrasonics on removal of smear layer. **J. endod.**, Baltimore, v.33, n.4, p.472-475, Apr. 2007.
- MADER, C. L.; BAUMGARTNER, J. C.; PETERS, D. D. Scanning electron microscope investigation of the smeared layer on root canal walls. **J. endod.**, Baltimore, v.10, n.10, p.477-483, Oct. 1984.
- MAKKAR, S.; KAUR, S. Comparative evaluation of various endodontic irrigants on apical extrusion of debris. **Serb. dent. j.**, v.60, n.3, p.119-123, 2013.
- MALENTACCA, A. et al. Efficacy and safety of various active irrigation devices when used with either positive or negative pressure: an in vitro study. **J. endod.**, Baltimore, v.38, n.12, p.1622-1626, Dec. 2012.
- MALVAR, M. F. G. Estudo da ação de diferentes quelantes sobre a camada de magma dentinário apical em dentes preparados química e cirurgicamente com e sem Endo-PTC®. 2013. 100f. il. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Processos Interativos dos Órgãos e Sistemas, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2013.
- MALVAR, M. F. G. et al. Ação do EDTA sobre a camada residual nos terços cervical médio e apical de canal radicular. **Rev.ciênc. méd. biol.**, Salvador, v.2, p.208-218, 2003.
- MALVAR, M. F. G. et al. Estudo da ação do Edta sobre a camada residual no tempo de 1 e 3 minutos. **Pesq. bras. odontoped. clin. integr.**, João Pessoa, v.9, n.3, p.367-372, set./dez. 2009.
- MALVAR, M. F. G. et al. In vitro study on the action of MTAD and EDTA for removal of the smear layer in the apical third of the root canal. **ROBRAC**, Goiânia, v.24, n.69, p.62-67, 2015.

MANCINI, M. et al. A comparative study of smear layer removal and erosion in apical intraradicular dentine with three irrigating solutions: a scanning electron microscopy evaluation. **J. endod.**, Baltimore, v.35, n.6, p.900-903, June 2009.

MANCINI, M. et al. Smear layer removal and canal cleanliness using different irrigation systems (EndoActivator, EndoVac, and passive ultrasonic irrigation): field emission scanning electron microscopic evaluation in an in vitro study. **J. endod.**, Baltimore, v.39, n.11, p.1456-1460, Nov. 2013.

MARINS, J. C. et al. In vitro genotoxicity and cytotoxicity in murine fibroblasts exposed to EDTA, NaOCl, MTAD and citric acid. **Braz. dent. j.**, Ribeirão Preto, v.23, n.5, p.527-533, 2012.

MARQUES, A. A. F. et al. Smear layer removal and chelated calcium ion quantification of three irrigating solutions. **Braz. dent. j.**, Ribeirão Preto, v.17, n.4, p.306-309, 2006.

MAYER, B. E.; PETERS, O. A.; BARBAKOW, F. Effects of rotary instruments and ultrasonic irrigation on debris and smear layer scores: a scanning electron microscopic study. **Int. endod. j.**, Oxford, v.35, n.7, p.582-589, July 2002.

McCOMB, D.; SMITH, D. C. A preliminary scanning electron microscopic study of root canals after endodontic procedures. **J. endod.**, Baltimore, v.1, n.7, p.238-242, July 1975.

McGILL, S. et al. The efficacy of dynamic irrigation using a commercially available system (RinsEndo) determined by removal of a collagen 'bio-molecular film' from an ex vivo model. **Int. endod. j.**, Oxford, v.41, n.7, p.602-608, July 2008.

MENDONÇA, D. H. S. et al. Effects of various irrigation / aspiration protocols on cleaning of flattened root canals. **Braz. oral res.**, São Paulo, v.29, n.1, p.1-9, 2015.

MERYON, S. D.; BROOK, A. M. Penetration of dentine by three oral bacteria in vitro and their associated cytotoxicity. **Int. endod. j.**, Oxford, v.23, n.4, p.196-202, July 1990.

METZGER, Z. et al. The Self-Adjusting File (SAF). Part 3: Removal of debris and smear layer: a scanning electron microscope study. **J. endod.**, Baltimore, v.36, n.4, p.697-702, Apr. 2010.

MITCHELL, R. P.; BAUMGARTNER, J. C.; SEDGLEY, C. M. Apical extrusion of sodium hypochlorite using different root canal irrigation systems. **J. endod.**, Baltimore, v.37, n.12, p.1677-1681, Dec. 2011.

MITCHELL, R. P.; YANG, S. E.; BAUMGARTNER, J. C. Comparison of apical extrusion of NaOCl using the EndoVac or needle irrigation of root canals. **J. endod.**, Baltimore, v.36, n.2, p.338-341, Feb. 2010.

MOLLER, A. J. et al. Influence on periapical tissues of indigenous oral bacteria and necrotic pulp tissue in monkeys. **Scand. j. dent. Res.**, Copenhagen, v.89, n.6, p.475-484, Dec. 1981.

MOZO, S., LLENA, C., FORNER, L. Review of ultrasonic irrigation in endodontics: **Med. oral patol oral cir. bucal**, Valencia, v.17, n.3, p.512-516, May 2012.

MOZO, S. et al. Effectiveness of passive ultrasonic irrigation in improving elimination of smear layer and opening dentinal tubules. **J. clin. exp. dent.**, Valencia, v.6, n.1, p.47-52, Feb. 2014.

MYERS, G. L., MONTGOMERY, S. A comparison of weights of debris extruded apically by conventional filing and Canal Master techniques. **J. endod.**, Baltimore, v.17, n.6, p.275-279, June 1991.

NAGY, C. D. et al. The effect of root canal morphology on canal shape following instrumentation using different techniques. **Int. endod. j.**, Oxford, v.30, n.2, p.133-140, Mar.1997.

NIU, L. et al. Effects of different sonic activation protocols on debridement efficacy in teeth with single-rooted canals. **J Dent.**, Bristol, v.42, n.8, p.1001-1009, Aug. 2014.

PAQUÉ, F.; BOESSLER, C.; ZEHNDER, M. Accumulated hard tissue debris levels in mesial roots of mandibular molars after sequential irrigation steps. **Int. endod. j.**, Oxford, v.44, n.2, p.148-153, Feb. 2011.

PAQUÉ, F.; MUSCH, U.; HÜLSMANN, M. Comparison of root canal preparation using RaCe and ProTaper rotary Ni-Ti instruments. **Int. endod. j.**, Oxford, v.38, n.1, p.8-16, Jan. 2005.

PAQUÉ, F et al. Hard-tissue debris accumulation analysis by high resolution computed tomography scans. **J. endod.**, Baltimore, v.35, n.7, p.1044-1047, July 2009.

PAQUÉ, F. et al. Preparation of oval-shaped root canals in mandibular molars using nickel-titanium rotary instruments: a micro-computed tomography study. **J. endod.**, Baltimore, v.36, n.4, p.703-707, Apr. 2010.

PARIROKH, M. et al. Comparison of the effect of various irrigants on apically extruded debris after root canal preparation. **J. endod.**, Baltimore, v.38, n.2, p.196-199, Feb. 2012.

PARK, E.; SHEN, Y.; HAAPASALO, M. Irrigation of the apical root canal. **Endod. topics**, Oxford, v.27, n.1, p.54-73, Sep. 2012.

PARK, E. et al. Apical pressure and extent of irrigant flow beyond the needle tip during positive-pressure irrigation in an in vitro root canal model. **J. endod.**, Baltimore, v.39, n.4, p.511-515, Apr. 2013.

PASHLEY, D. H. Smear layer: overview of structure and function. **Proceedings of the Finnish Dental Society**, Helsinque, v.88, Suppl1, p.215-224, 1992.

PASSARINHO-NETO, J. G. et al. In vitro evaluation of endodontic debris removal as obtained by rotary instrumentation coupled with ultrasonic irrigation. **Aust. endod. j.**, Melbourne, v.32, n.3, p.123-128, Dec. 2006.



- PERDIGÃO, J. et al. Effect of calcium removal on dentin bond strengths. **Quintessence int.**, Berlim, v.32, n.2, p.142-146, Feb. 2001.
- PEREIRA, E. S. J. et al. Cleaning the apical third of curved canals after different irrigation protocols. **Braz. dent. j.**, Ribeirão Preto, v.23, n.4, p.351-356, 2012.
- PEREZ DE ARCE, C. V. I; RODRÍGUEZ, O. P. A.; ECHEVERRI, C. D. Activacion sonica versus ultrasonica de EDTA al 10% para remoción de barrillo dentinario en el tercio apical del canal radicular. **Int. j. odontostomat.**, Temuco, v.8, n.1, p.153-159, Apr. 2014.
- PLOTINO, G. et al. New technologies to improve root canal disinfection. **Braz. dent. j.**, Ribeirão Preto, v.27, n.1, p.3-8, 2016.
- POGGIO, C. et al. Decalcifying efficacy of different irrigating solutions: effect of cetrimide addition. **Braz. oral res.**, São Paulo, v.28, n.1, p.1-6, 2014.
- PRADO, M. et al. Antimicrobial and cytotoxic effects of phosphoric acid solution compared to other root canal irrigants. **J. appl. oral sci.**, Bauru, v.23, n.2, p.158-163, Mar./ Apr. 2015.
- PSIMMA, Z. et al. A new method for real-time quantification of irrigant extrusion during root canal irrigation ex vivo. **Int. endod. j.**, Oxford, v.46, n.7, p.619-631, July 2013a.
- PSIMMA, Z. et al. Effect of needle insertion depth and root canal curvature on irrigant extrusion ex vivo. **J endod.**, Baltimore, v.39, n.4, p.521-524, Apr. 2013b.
- R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2016. Disponível em: <<http://www.R-project.org>>.
- RAM Z. Effectiveness of root canal irrigation. **Oral surg. oral med. oral pathol.**, St. Louis, v.44, n.2, p.306-312, Aug.1977.
- RAMAMOORTHY, S.; NIVEDHITHA, M. S.; DIVYANAND, M. J. Comparative evaluation of postoperative pain after using endodontic needle and EndoActivator during root canal irrigation: a randomised controlled trial. **Aust. endod. j.**, Melbourne, v.41, p.78-87, 2015.
- RANGEL, S. M. O uso do ultrassom de forma passiva na irrigação final de canais radiculares achatados. 2009. 40f. Monografia (Especialização em Endodontia) - Faculdade Ingá, Unidade de Ensino Superior Ingá, Passo Fundo, 2009. Disponível em: <<https://www.imed.edu.br/CEOM/MonographDownload/150102>>. Acesso em: 26 jul. 2014.
- RIBEIRO, R. G. et al. Dentin permeability of the apical third in different groups of teeth. **Braz. dent. j.**, Ribeirão Preto, v.21, n.3, p.216-219, 2010.
- RÖDIG, T. et al. Effectiveness of different irrigant agitation techniques on debris and smear layer removal in curved root canals: a scanning electron microscopy study. **J. endod.**, Baltimore, v.36, n.12, p.1983-1987, Dec. 2010.

RODRIGUES- FIGUEROA, C; MCCLANAHAN, S. B.; BOWLES, W. R. Spectrophotometric determination of irrigant extrusion using passive ultrasonic irrigation, EndoActivator, or syringe irrigation. **J. endod.**, Baltimore, v.40, n.10, p.1622-1626, Oct. 2014.

RUNGCHAROENPORN, N.; PIMKHAOKHAM, S. Comparison in amount of sodium hypochlorite extrusion during irrigation with needle-syringe and EndoActivator: in vitro study. **CU dent j.**, v.37, p.39-46, 2014. Disponível em: <<https://www.thailand.digitaljournals.org/index.php/cudj/article/.../23856>>. Acesso em: 19 maio 2014.

SABER, S.; HASHEM, A. A. Efficacy of different final irrigation activation techniques on smear layer removal. **J. endod.**, Baltimore, v.37, n.9, p.1272-1275, Sep. 2011.

SALMAN. M. I. et al. SEM evaluation of root canal debridement with Sonicare CanalBrush irrigation. **Int. endod. j.**, Oxford, v.43, n.5, p.363-369, May 2010.

SANTOS, A. A. Avaliação bioquímica e morfológica da instrumentação endodôntica de dentes humanos, *in vitro*, com o auxílio do Endo PTC. 2008.144f. il. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Ciências Biomédicas, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

SAYIN, T. C. et al. Calcium loss from root canal dentin following EDTA, EGTA, EDTAC, and tetracycline-HCl treatment with or without subsequent NaOCl irrigation. **J. endod.**, Baltimore, v.33, n.5, p.581-584, May 2007.

SCELZA, M. F. et al. Evaluation of inflammatory response of EDTA, EDTA-T, and citric acid in animal model. **J. endod.**, Baltimore, v.36, n.3, p.515-519, Mar. 2010.

SCHMIDT, T. F. et al. Effect of ultrasonic activation of irrigants on smear layer removal. **J. endod.**, Baltimore, v.41, n.8, p.1359-1363, Aug. 2015.

SCHNEIDER, S. W. A comparison of canal preparations in straight and curved root canals. **Oral surg. oral med. oral pathol.**, St. Louis, v.32, n.2, p.271-275, Aug.1971.

SEAL, G. J. et al. An in vitro comparison of the bactericidal efficacy of lethal photosensitization or sodium hypochlorite irrigation on *Streptococcus intermedius* biofilms in root canals. **Int. endod. j.**, Oxford, v.35, n.3, p.268-274, Mar. 2002.

SEDGLEY, C. M. et al. Influence of irrigant needle depth in removing bioluminescent bacteria inoculated into instrumented root canals using real-time imaging in vitro. **Int. endod. j.**, Oxford, v.38, n.2, p.97-104, Feb. 2005.

SEGURA, J. J. et al. The disodium salt of EDTA inhibits the binding of vasoactive intestinal peptide to macrophage membranes: endodontic implications. **J. endod.**, Baltimore, v.22, n.7, p.337-340, July 1996.

SEGURA, J. J. et al. EDTA inhibits in vitro substrate adherence capacity of macrophages: endodontic implications. **J. endod.**, Baltimore, v.23, n.4, p.205-208, Apr. 1997.

SELTZER, S.; NAIDORF, I. J. Flare-ups in endodontics: I. Etiological factors. **J. endod.**, Baltimore, v.11, n.11, p.472-478, Nov.1985.

SERMENO, R. F. et al. Tissue damage after sodium hypochlorite extrusion during root canal treatment. **Oral surg. oral med. oral pathol. oral radiol. endod.**, St. Louis, v.108, n.1, p.46-49, July 2009.

SHAHRAVAN, A. et al. Effect of smear layer on sealing ability of canal obturation: a systematic review and meta-analysis. **J. endod.**, Baltimore, v.33, n.2, p.96-105, Feb. 2007.

SHEN, Y. et al. Three-dimensional numeric simulation of root canal irrigant flow with different irrigation needles. **J. endod.**, Baltimore, v.36, n.5, p.884-889, May 2010.

SILVA, P. V. et al. Chitosan: a new solution for removal of smear layer after root canal instrumentation. **Int. endod. j.**, Oxford, v.46, n.4, p.332-338, Apr. 2013.

SIQUEIRA JR., J. F. Microbial causes of endodontics flare-ups. **Int. endod. j.**, Oxford, v.36, n.7, p.453-463, July 2003.

SOARES, R. G. et al. Injeção acidental de hipoclorito de sódio na região periapical durante tratamento endodôntico: relato de caso. **RSBO**, Joinville, v.4, n.1, p.17-21, 2007.

SOUSA, S. M. G.; BRAMANTE, C. M.; TAGA, E. M. Biocompatibility of EDTA, EGTA and citric acid. **Braz. dent. j.**, Ribeirão Preto, v.16, n.1, p.3-8, Apr. 2005.

SPANÓ, J. C. E. et al. Atomic absorption spectrometry and scanning electron microscopy evaluation of concentration of calcium ions and smear layer removal with root canal chelators. **J. endod.**, Baltimore, v.35, n.5, p.727-730, May 2009.

STOJICIC, S. et al. Antibacterial and smear layer removal ability of a novel irrigant, QMiX. **Int. endod. j.**, Oxford, v.45, n.4, p.363-371, Apr. 2012.

SUNDQVIST, G. Bacteriological studies of necrotic dental pulps. 1976. Dissertation - Umeå University, Umeå, 1976.

TAMBÉ, V. H. et al. Evaluation of the amount of debris extruded apically by using conventional syringe, Endovac and ultrasonic irrigation technique: an in vitro study. **J int. oral health**, Ahmedabad, v.5, n.3, p.63-66, June 2013.

TANALP, J.; GUNGOR, T. Apical extrusion of debris: a literature review of an inherent occurrence during root canal treatment. **Int. endod. j.**, Oxford, v.47, n.3, p.211-221, Mar. 2014.

TANEJA, S.; KUMARI, M.; ANAND, S. Effect of QMix, peracetic acid and ethylenediaminetetraacetic acid on calcium loss and microhardness of root dentine. **J. conserv. dent.**, Mumbai, v.17, n.2, p.155-158, Mar./Apr. 2014.

TANOMARU-FILHO, M. et al. Influência do diâmetro foraminal do canal radicular, do tipo e da penetração de agulha, e do fluxo da solução irrigadora na limpeza e na extrusão apical. **Rev. odontol. UNESP**, Marília, v.43, n.2, p.91-97, Mar./Apr. 2014.

TASDEMIR, T. et al. Effect of passive ultrasonic irrigation on apical extrusion of irrigating solution. **Eur. j. dent.**, Mumbai, v.2, n.3, p.198-203, July 2008.

TAY, F. R. et al. Effect of vapor lock on root canal debridement by using a side-vented needle for positive-pressure irrigant delivery. **J. endod.**, Baltimore, v.36, n.4, p.745-750, Apr. 2010.

TEIXEIRA, C. S.; FELIPPE, M. C.; FELIPPE, W. T. The effect of application time of EDTA and NaOCl on intracanal smear layer removal: an SEM analysis. **Int. endod. j.**, Oxford, v.38, n.5, p.285-290, May 2005.

TINAZ , A. C. et al. The effect of disruption of apical constriction on periapical extrusion. **J. endod.**, Baltimore, v.31, n.7, p.533-535, July 2005.

TORABINEJAD, M. et al. Clinical implications of the smear layer in endodontics: a review. **Oral surg. oral med. oral pathol. oral radiol. endod.**, St. Louis, v.94, n.6, p.658-666, Dec. 2002.

UNIVERSITY OF BRITISH COLUMBIA. Vancouver. Markus Haapasalo. Composition and method for irrigation of a prepared dental root canal. United States Patente US008455473B2, 04 de junho de 2013. Disponível em: <<http://www.google.st/patents/US20110054036>>. Acesso em: 28 set. 2015.

USMAN, N.; BAUMGARTNER, J. C.; MARSHALL, J. G. Influence of instrument size on root canal debridement. **J. endod.**, Baltimore, v.30, n.2, p.110-112, Feb. 2004.

UZUNOGLU, E.; TURKER, S. A.; KARAHAN, S. The effect of increased temperatures of QMix and EDTA on the push-out bond strength of an epoxy-resin based sealer. **J. clin. Diagn. Res.**, Delhi, v.9, n.7, p.98-101, July 2015.

VAN DER SLUIS, L. W. M. Passive ultrasonic irrigation of the root canal. 2007. 171f. Tese (PhD) - Universiteit van Amsterdam and the Vrije Universiteit, Amsterdam, 2007. Disponível em: <<http://dare.uva.nl/document/47745>>. Acesso em: 01 abril 2014.

VAN DER SLUIS, L. W. et al. The influence of volume, type of irrigant and flushing method on removing artificially placed dentine debris from the apical root canal during passive ultrasonic irrigation. **Int. endod. j.**, Oxford, v.39, n.6, p.472-476, June 2006.

VAN DER SLUIS, L. W. M .et al. Passive ultrasonic irrigation of the root canal: a review of the literature. **Int. endod. j.**, Oxford, v.40, n.6, p.415-426, June 2007.

VANDE VISSSE, J. E.; BRILLIANT, J. D. Effect of irrigation on the production of extruded material at the root apex during instrumentation. **J. endod.**, Baltimore, v.1, n.7, p.243-246, July 1975.

VERA, J. et al. Effect of maintaining apical patency on irrigant penetration into the apical two millimeters of large root canals: an in vivo study. **J. endod.**, Baltimore, v.38, n.10, p.1340-1343, Oct. 2012.

VERSIANI, M. A. et al. Influence of shaft design on the shaping ability of 3 nickel-titanium rotary systems by means of spiral computerized tomography. **Oral surg. oral med. oral pathol. oral radiol. endod.**, St. Louis, v.105, n.6, p.807-813, June 2008.

VERTUCCI, F. J. Root canal anatomy of the human permanent teeth. **Oral surg. oral med. oral pathol.**, St. Louis, v.58, n.5 p.589-599, Nov. 1984.

VINHORTE, M. C. et al. Effect of passive ultrasonic agitation during final irrigation on cleaning capacity of hybrid instrumentation. **Restor. dent. endod.**, Seul, v.39, n.2, p.104-108, May 2014.

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

WALKER, A. A definitive and dependable therapy for pulpless teeth. **J am. dent. Assoc.**, Chicago, v.23, n.8, p.1418-1425, Aug.1936.

WANG, Z.; SHEN, Y.; HAAPASALO, M. Effectiveness of endodontic disinfecting solutions against young and old *Enterococcus faecalis* biofilms in dentin canals. **J. endod.**, Baltimore, v.38, n.10, p.1376-1379, Oct. 2012.

WANG, Z.; SHEN, Y.; HAAPASALO, M. Effect of smear layer against disinfection protocols on *Enterococcus faecalis*-infected dentin. **J. endod.**, Baltimore, v.39, n.11, p.1395-1400, Nov. 2013.

WU, M. K.; WESSELINK, P. R. A primary observation on the preparation and obturation of oval canals. **Int. endod. j.**, Oxford, v.34, n.2, p.137-141, Mar. 2001.

WU, M. K. et al. The quality of root fillings in mandibular incisors after root-end cavity preparation. **Int. endod. j.**, Oxford, v.34, n.8, p.613-619, Dec. 2001.

XAVIER, F. et al. Apical extrusion of debris from root canals using reciprocating files associated with two irrigation systems. **Int. endod. j.**, Oxford, v.48, n.7, p.661-665, July 2015.

YANG, G. et al. Scanning electron microscopic evaluation of debris and smear layer remaining following use of ProTaper and Hero Shaper instruments in combination with NaOCl and EDTA irrigation. **Oral surg. oral med. oral pathol. oral radiol. endod.**, St. Louis, v.106, n.4, p.63-71, Oct. 2008.

YETER, K. Y. et al. Weight of apically extruded debris following use of two canal instrumentation techniques and two designs of irrigation needles. **Int. endod. j.**, Oxford, v.46, n.9, p.795-799, Sept. 2013.

YİĞİT ÖZER, S.; ADIGÜZEL, O.; KAYA, S. Removal of debris and smear layer in curved root canals using self-adjusting file with different operation times: a scanning electron microscope study. **Int. dent. res.**, [Diyarbakir/cidade?] v.1, n.1, p.1-6, 2011.

YOST, R. A. et al. Evaluation of 4 different irrigating systems for apical extrusion of sodium hypochlorite. **J. endod.**, Baltimore, v.41, n.9, p.1530-1534, Sep.2015.

YOUNG, G. R.; PARASHOS, P.; MESSER, H. H. The principles of techniques for cleaning root canals. **Aust. dent. j.**, Sidney, v.52, Supl. 1, p.52-63, Mar. 2007.

ZARGAR, N. et al. The effect of smear layer on antimicrobial efficacy of three root canal irrigants. **Iran endod. j.**, Tehran, v.10, n.3, p.179-183, 2015.

ZART, P. T. M. et al. Eficácia da irrigação ultrassônica passiva na remoção de hidróxido de cálcio. **Rev. odontol. UNESP**, Marília, v.43, n.1, p.15-23, Jan./Fev. 2014.

ZEHNDER, M. Root canal irrigants. **J. endod.**, Baltimore, v.32, n.5, p.389-398, May 2006.

ZHANG, R. et al. Antibacterial and residual antimicrobial activities against *Enterococcus faecalis* biofilm: A comparison between EDTA, chlorhexidine, cetrimide, MTAD and QMix. **Sci. rep.**, Londres, v.5, n.12944, 2015. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4526883/>> Acesso em: 08 nov.2015.

ZHU, W. C. et al. Anatomy of sodium hypochlorite accidents involving facial ecchymosis: a review. **J Dent.**, Bristol, v.41, n.11, p.935-948, Nov. 2013.

ANEXO A - Comitê de Ética em Pesquisa- Parecer consubstanciado do CEP

Saúde



Giovanna Bomfim Bendocchi Alves - Pesquisador | V3.0

Cadastros

Sua sessão expira em: 34min 39

DETALHAR PROJETO DE PESQUISA



DADOS DA VERSÃO DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** AVALIAÇÃO DA EFICÁCIA DE DIFERENTES MÉTODOS DE IRRIGAÇÃO FINAL NO DEBRIDAMENTO DO TERÇO APICAL DO CANAL RADICULAR E NA EXTRUSÃO FORAMINAL DE DETRITOS E IRRIGANTES EM DENTES HUMANOS EXTRAÍDOS  
**Pesquisador Responsável:** Giovanna Bomfim Bendocchi Alves  
**Área Temática:**  
**Versão:** 2  
**CAAE:** 36826114.5.0000.5662  
**Submetido em:** 10/11/2014  
**Instituição Proponente:** Instituto de Ciências da Saúde da Universidade Federal da Bahia  
**Situação da Versão do Projeto:** Aprovado  
**Localização atual da Versão do Projeto:** Pesquisador Responsável  
**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio



Comprovante de Recepção: PB\_COMPROVANTE\_RECEPCAO\_375020

DOCUMENTOS DO PROJETO DE PESQUISA

LISTA DE APECIAÇÕES DO PROJETO

Apreciação	Pesquisador Responsável	Versão	Submissão	Modificação	Situação	Exclusiva do Centro Coord.	Ações
PO	Giovanna Bomfim Bendocchi Alves	2	10/11/2014	28/11/2014	Aprovado	Não	

HISTÓRICO DE TRÂMITES

Apreciação	Data/Hora	Tipo Trâmite	Versão	Perfil	Origem	Destino	Informações
PO	28/11/2014 08:28:27	Parecer liberado			Instituto de Ciências da Saúde - UFBA		
PO	28/11/2014 08:25:42	Parecer do colegiado emitido			Instituto de Ciências da Saúde - UFBA	Instituto de Ciências da Saúde - UFBA	
PO	25/11/2014 17:48:08	Parecer do relator emitido			Instituto de Ciências da Saúde - UFBA	Instituto de Ciências da Saúde - UFBA	
PO	25/11/2014 16:23:25	Aceitação de Elaboração de Relatoria			Instituto de Ciências da Saúde - UFBA	Instituto de Ciências da Saúde - UFBA	
PO	12/11/2014 14:06:10	Confirmação de Indicação de Relatoria			Instituto de Ciências da Saúde - UFBA	Instituto de Ciências da Saúde - UFBA	
PO	12/11/2014 14:01:33	Indicação de Relatoria			Instituto de Ciências da Saúde - UFBA	Instituto de Ciências da Saúde - UFBA	
PO	10/11/2014 12:20:56	Aceitação do PP			Instituto de Ciências da Saúde - UFBA	Instituto de Ciências da Saúde - UFBA	
PO	10/11/2014 12:16:07	Submetido para avaliação do CEP		Pesquisador Principal	PESQUISADOR RESPONSÁVEL	Instituto de Ciências da Saúde - UFBA	
PO	31/10/2014 10:26:50	Parecer liberado			Instituto de Ciências da Saúde - UFBA	Instituto de Ciências da Saúde - UFBA	
PO	31/10/2014 10:26:11	Parecer do colegiado emitido			Instituto de Ciências da Saúde - UFBA	Instituto de Ciências da Saúde - UFBA	

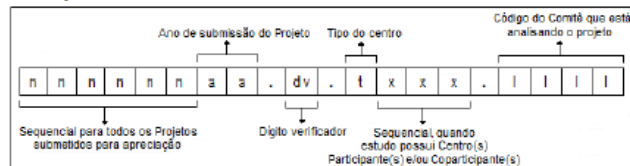
« « « Ocorrência 1 a 10 de 18 registro(s) » » »

LEGENDA:

(\*) Apreciação

PO - Projeto Original de Centro Coordenador      POP - Projeto Original de Centro Participante      POC - Projeto Original de Centro Coparticipante  
 E - Emenda de Centro Coordenador              EP - Emenda de Centro Participante              EC - Emenda de Centro Coparticipante  
 N - Notificação de Centro Coordenador        NP - Notificação de Centro Participante

(\*) Formação do CAAE



[Voltar](#)



**PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP**

**DADOS DO PROJETO DE PESQUISA**

**Título da Pesquisa:** AVALIAÇÃO DA EFICÁCIA DE DIFERENTES MÉTODOS DE IRRIGAÇÃO FINAL NO DEBRIDAMENTO DO TERÇO APICAL DO CANAL RADICULAR E NA EXTRUSÃO FORAMINAL DE DETRITOS E IRRIGANTES EM DENTES HUMANOS EXTRAÍDOS

**Pesquisador:** Giovanna Bomfim Bendocchi Alves

**Área Temática:**

**Versão:** 2

**CAAE:** 36826114.5.0000.5662

**Instituição Proponente:** Instituto de Ciências da Saúde da Universidade Federal da Bahia

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

**DADOS DO PARECER**

**Número do Parecer:** 889.905

**Data da Relatoria:** 26/11/2014

**Apresentação do Projeto:**

No tratamento endodôntico, os métodos de irrigação visam remover os detritos de dentina e a camada residual do canal radicular sem, no entanto, promover a extrusão desse material pelo forame apical. Diversos protocolos de irrigação têm sido propostos, entretanto o terço apical do canal radicular permanece como uma área de difícil limpeza. O presente estudo objetiva avaliar, comparativamente, a eficácia dos protocolos de irrigação final, constituídos por métodos de agitação manual e automatizados, para a remoção de detritos e da camada residual no terço apical do canal radicular e quantificar a extrusão foraminal de detritos e o teor de cálcio dos mesmos, em dentes humanos extraídos. Setenta dentes unirradiculares extraídos serão instrumentados e submetidos aos protocolos de irrigação final associados ao EDTA e Hipoclorito de sódio ou Clorexidina. O Microscópio Eletrônico de Varredura - MEV será empregado para avaliação da permanência de detritos e da camada residual. Para quantificação dos detritos extruídos pelo forame apical será realizada a mensuração do peso destes em balança analítica de precisão e o teor de cálcio, dos detritos extruídos, será determinado por colorimetria em espectrofotômetro.

**Objetivo da Pesquisa:**

Objetivo geral:

**Endereço:** Miguel Calmon

**Bairro:** Vale do Canela

**UF:** BA

**Município:** SALVADOR

**CEP:** 40.110-902

**Telefone:** (71)3283-8951

**E-mail:** cep.ics@outlook.com

ICS

INSTITUTO DE CIÊNCIAS DA  
SAÚDE - UFBA

Continuação do Parecer: 889.905

Avaliar, comparativamente, a eficácia dos protocolos de irrigação final, constituídos por métodos de agitação manual e automatizados, na remoção de detritos e da camada residual no terço apical do canal radicular e quantificar a extrusão foraminal de detritos e o teor de cálcio dos mesmos, em dentes humanos extraídos.

Objetivos específicos:

1. Avaliar, comparativamente, por meio da microscopia eletrônica de varredura, a eficácia dos protocolos de irrigação final constituídos por métodos de agitação manual e automatizados, empregando quelantes associados ao Hipoclorito de Sódio ou ao Digluconato de Clorexidina, na remoção de camada residual e detritos no terço apical do canal radicular de dentes humanos extraídos.

2. Quantificar a extrusão de detritos pelo forame apical após a utilização dos protocolos de irrigação final constituídos por métodos de agitação manual e automatizados, empregando quelantes associados ao Hipoclorito de Sódio ou ao Digluconato de Clorexidina.

3. Quantificar a concentração de cálcio nos detritos extruídos pelo forame apical após a utilização dos protocolos de irrigação final constituídos por métodos de agitação manual e automatizados, empregando quelantes associados ao Hipoclorito de Sódio ou ao Digluconato de Clorexidina, por meio da colorimetria.

#### Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Os pesquisadores citam que a execução do referido projeto de pesquisa não oferece riscos, pois trata-se de uma investigação experimental (in vitro) que utilizará dentes extraídos provenientes de Banco de dentes. Contudo, a metodologia cita a necessidade da adoção das medidas universais de biossegurança durante a manipulação dos dentes pelos pesquisadores envolvidos, já que a Resolução 466 de 2012 mostra que a pesquisa científica deve assegurar os direitos e deveres que dizem respeito não somente aos participantes da pesquisa como também à comunidade científica e ao Estado.

Os resultados desta pesquisa poderão beneficiar os pacientes e cirurgiões-dentistas, especialmente os endodontistas, pela indicação de um protocolo de irrigação mais eficaz e seguro para utilização no terço apical no canal radicular.

Endereço: Miguel Calmon

Bairro: Vale do Canela

UF: BA

Município: SALVADOR

Telefone: (71)3283-8951

CEP: 40.110-902

E-mail: cep.ics@outlook.com

Continuação do Parecer: 889.905

**Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

A Endodontia é uma das especialidades odontológicas mais solicitadas atualmente, pois, devido à mudança do perfil da população em relação aos cuidados com a saúde bucal, os indivíduos passaram a valorizar mais a manutenção dos dentes naturais em detrimento das medidas mutiladoras, tão comuns em outras épocas. Assim, essa pesquisa apresenta relevância científica, em especial para os cirurgiões-dentistas especialistas em Endodontia, visto que no preparo químico mecânico do canal radicular, a ação do instrumento endodôntico nas paredes da dentina mineralizada resulta na formação de detritos e camada residual que podem influenciar negativamente no prognóstico do tratamento endodôntico, interferindo na ação química das substâncias empregadas na desinfecção do canal, na adaptação do material obturador ou dificultado no processo de reparo apical quando da sua extrusão pelo forame apical. A proposta de conhecer protocolos de irrigação final mais seguros e eficazes apresenta também relevância social, uma vez que trará benefícios para os indivíduos que são diariamente submetidos a intervenções endodônticas, tanto em instituições públicas quanto privadas.

**Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**

Os pesquisadores cumpriram as exigências quanto aos termos de apresentação obrigatória, porém, não apresentaram comprovação de que o Banco de Dentes da União Metropolitana de Educação e Cultura - UNIME, na condição de biobanco, atende ao preconizado pela Resolução CNS nº 441 de 12/05/2011 que regulamenta os Biobancos e os Biorepositórios com normas específicas.

**Recomendações:**

Recomendamos a utilização de banco de dentes normatizados de acordo com a legislação que regulamenta os Biobancos e os Biorepositórios com normas específicas.

**Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:**

A pesquisa apresenta-se bem estruturada; os objetivos representam as intenções propostas pelos pesquisadores, além das possibilidades de obtenção de resultados mediante o trabalho proposto; o referencial teórico exibe a literatura atualizada sobre o tema. Observamos na primeira relatoria que o desenho metodológico, embora bem detalhado, necessitava de algumas modificações que

Endereço: Miguel Calmon

Bairro: Vale do Canela

UF: BA

Município: SALVADOR

Telefone: (71)3283-8951

CEP: 40.110-902

E-mail: cep.ics@outlook.com





Continuação do Parecer: 889.905

foram realizadas pelos pesquisadores:

Foi incluído na metodologia um parágrafo que trata do manuseio do material biológico: "...em atenção às normas de biossegurança para manipulação do material biológico, durante todo o experimento, o manuseio dos dentes humanos, será realizado com a utilização de epi,s pelos pesquisadores. Serão utilizadas luvas, óculos de proteção individual, avental, gorro, máscara e sapatos fechados." Outrossim, informaram sobre destino final dos resíduos dos dentes que serão utilizados no experimento: "Concluída a pesquisa, os remanescentes dentais e corpos de prova serão devolvidos ao Banco de dentes humanos."

Após verificar que as pendências pontuadas na primeira relatoria foram acatadas e devidamente sanadas, considero o projeto apto para aprovação por esse Comitê de Ética em Pesquisa.

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

**Considerações Finais a critério do CEP:**

O sujeito da pesquisa tem a liberdade de recusar-se a participar ou de retirar seu consentimento em qualquer fase da pesquisa, sem penalização alguma e sem prejuízo ao seu cuidado (Res. CNS 466/12 em substituição à Res. CNS 196/96 - Item IV.1.f) e deve receber uma cópia do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, na íntegra, por ele assinado (Item IV.2.d). O pesquisador deve desenvolver a pesquisa conforme delineada no protocolo aprovado e descontinuar o estudo somente após análise das razões da descontinuidade pelo CEP que o aprovou (Res. CNS Item III.3.z), aguardando seu parecer, exceto quando perceber risco ou dano não previsto ao sujeito participante ou quando constatar a superioridade de regime oferecido a um dos grupos da pesquisa (Item V.3) que requeiram ação imediata. O CEP deve ser informado de todos os efeitos adversos ou fatos relevantes que alterem o curso normal do estudo (Res. CNS Item V.4). É papel do pesquisador assegurar medidas imediatas adequadas frente a evento adverso grave ocorrido (mesmo que tenha sido em outro centro) e enviar notificação ao CEP e à Agência Nacional de Vigilância Sanitária ANVISA junto com seu posicionamento. Eventuais modificações ou emendas ao protocolo devem ser apresentadas ao CEP de forma clara e sucinta, identificando a parte do protocolo a ser modificada e suas justificativas. Relatórios parciais e final devem ser apresentados

**Endereço:** Miguel Calmon

**Bairro:** Vale do Canela

**UF:** BA **Município:** SALVADOR

**Telefone:** (71)3283-8951

**CEP:** 40.110-902

**E-mail:** cep.ics@outlook.com

103

INSTITUTO DE CIÊNCIAS DA  
SAÚDE - UFBA



Continuação do Parecer: 889.905

ao CEP, inicialmente até 27/05/2015 e ao término do estudo. Diante do exposto, o Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto de Ciências da Saúde/UFBA, de acordo com as atribuições definidas na Res. CNS 466/12, manifesta-se pela aprovação do projeto de pesquisa proposto.

SALVADOR, 28 de Novembro de 2014

  
Assinado por:

Roberto Paulo Correia de Araújo  
(Coordenador)

Endereço: Miguel Calmon

Bairro: Vale do Canela

UF: BA

Município: SALVADOR

Telefone: (71)3283-8951

CEP: 40.110-902

E-mail: cep.ics@outlook.com