Universidade de São Paulo

Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto

Departamento de Odontologia Restauradora

Programa de Pós-Graduação em Odontologia Restauradora - Endodontia

Avaliação dos efeitos da irrigação ultrassônica passiva, por meio de microtomografia computadorizada, microscopia óptica e microscopia eletrônica de varredura.

Samuel Henrique Câmara de Bem

Tese de doutorado apresentada a Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, para a obtenção do grau de Doutor em Ciências – Programa: Odontologia Restauradora – Área de concentração: Odontologia Restauradora (Opção: Endodontia).

**Ribeirão Preto
2016**

Universidade de São Paulo

Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto

Departamento de Odontologia Restauradora

Programa de Pós-Graduação em Odontologia Restauradora - Endodontia

Avaliação dos efeitos da irrigação ultrassônica passiva, por meio de microtomografia computadorizada, microscopia óptica e microscopia eletrônica de varredura.

Samuel Henrique Câmara de Bem

Prof. Dr. Jesus Djalma Pécora
Orientador

Tese de doutorado apresentada a Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, para a obtenção do grau de Doutor em Ciências – Programa: Odontologia Restauradora – Área de concentração: Odontologia Restauradora (Opção: Endodontia).

Ribeirão Preto
2016

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

Samuel Henrique Câmara de Bem

FICHA CATALOGRÁFICA

De-Bem, Samuel Henrique Câmara

Avaliação dos efeitos da irrigação ultrassônica passiva por meio de microtomografia computadorizada, microscopia óptica e microscopia eletrônica de varredura. Ribeirão Preto, 2016.

168 p.: il.; 28 cm.

Tese de Doutorado, apresentada à Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo (FORP-USP). Área de concentração: Odontologia Restauradora, subárea Endodontia.

Orientador: Prof. Dr. Jesus Djalma Pécora

1. Endodontia. 2. Irrigação Ultrassônica Passiva. 3. Smear Layer. 4. Debris.

Este trabalho de pesquisa foi realizado no Laboratório de Pesquisa em Endodontia do Departamento de Odontologia Restauradora da Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo e no Laboratório de Micromorfologia do Centro Universitário Hermínio Ometto da Fundação Hermínio Ometto – Uniararas.

Universidade de São Paulo

Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto

Departamento de Odontologia Restauradora

Programa de Pós-Graduação em Odontologia Restauradora - Endodontia

Folha de Aprovação

Membros da Comissão Julgadora da Tese de Doutorado de Samuel Henrique Câmara de Bem, apresentada ao Departamento de Odontologia Restauradora - Endodontia, da Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, ____ / ____ / ____.

Comissão Julgadora:

Prof. Dr. Jesus Djalma Pécora (Orientador)

Instituição: Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto FORP/USP

Julgamento: _____

Assinatura: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Assinatura: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Assinatura: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Assinatura: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Assinatura: _____

*“Tudo tem o seu tempo determinado,
e há tempo para todo o propósito
debaixo do céu.*

Eclesiastes 3:1”

DEDICATÓRIA

Dedicatória

Dedico especialmente este trabalho,

Aos meus pais, **Celso Antoninho de Bem** e **Rita de Cássia Biagini Câmara de Bem**, por se doarem integralmente para seus filhos. Por todo respaldo, direcionamento e orientações, sem os quais não seria quem somo hoje. Muito obrigado, amo vocês!

Aos meus irmãos, **Gustavo Henrique Câmara de Bem**, **Tiago Henrique Câmara de Bem** e **Eduardo Henrique Câmara de Bem**, sempre presentes nas dificuldades e vitórias. Amo vocês!

À minha noiva, **Scheila Samara Garcia**, por toda compreensão, por todo auxílio nos inúmeros desafios de nossas vidas, pelo companheirismo, cumplicidade e amor, transformando a caminhada da vida muito mais prazerosa. Amo você!

Á todos os familiares que sempre estiveram e estão presentes, isto me dá um enorme incentivo e mostra que a família é a base da sociedade.

AGRADECIMENTOS

À Deus, por ter me concedido saúde e discernimento durante a realização deste trabalho. Socorro mais que presente nas horas da dúvida e angústia, conforto real e abundante, obrigado!

Ao meu orientador, **Prof. Dr. Jesus Djalma Pécora**, por toda preocupação, incentivo e direcionamento durante o desenvolvimento deste projeto; por todas as orientações e lições passadas para a vida, estas foram fundamentais para a conclusão de mais esta etapa.

Ao **Prof. Dr. João Luís Callegari Lopes**, pela amizade e força durante a realização do curso. Muito obrigado!

Ao **Prof. Dr. Manoel Damião de Sousa Neto**, pelas orientações durante todo o curso, o convívio clínico e a oportunidade de poder colocar em prática os ensinamentos docentes.

Ao **Prof. Dr. Antônio Miranda da Cruz Filho**, pelas orientações clínicas, conversas e convívio com os alunos, desenvolvendo em cada pós-graduando atitudes docentes.

Aos demais professores (as) do programa de pós-graduação em Endodontia **Prof. Dr. Ricardo Gariba Silva, Ricardo Novak Savioli, Luis Pascoal Vansan e Isabel Cristina Fröner**, pelos ensinamentos transmitidos.

À **Prof.^a Dra. Sofia Takeda Uemura**, coordenadora do Curso de Odontologia do Centro Universitário Hermínio Ometto da Fundação Hermínio Ometto - Uniararas, por toda compreensão durante o decorrer da pós-graduação. Seus

incentivos e a confiança depositada foram fundamentais para a conclusão de mais esta etapa.

Ao **Prof. Dr. Waldocyr Simões**, pela oportunidade de participar de sua equipe como docente, pela confiança depositada, elogios dispensados, orientações constantes e ensinamentos transmitidos aos quais incentivam e aperfeiçoam minhas atitudes clínicas e pessoais.

Aos amigos professores da equipe de Endodontia da Faculdade de Odontologia de Araras, agradeço o companheirismo, a unidade, dedicação e amizade de vocês para comigo e com nossa equipe.

Aos amigos professores da disciplina de Clínica Odontológica Integrada da Faculdade de Odontologia de Araras, pelo convívio e cumplicidade.

À **Fundação Hermínio Ometto – Uniararas**, por todo auxílio e disposição em possibilitar a realização da minha Pós – graduação.

À **Marilena Heredia**, técnica responsável pelo Laboratório de Patologia da Universidade de Ribeirão Preto – UNAERP, suas orientações foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho. Não tenho palavras para agradecer a preocupação, a ajuda e o zelo para comigo. Muito obrigado!

Ao Laboratório de Micromorfologia do Centro Universitário Hermínio Ometto – Uniararas da Fundação Hermínio Ometto, professores e funcionários por toda contribuição e recursos no desenvolvimento e na análise dos resultados.

A **Renata Barbieri Pulz**, técnica responsável pelo Laboratório de Micromorfologia do Centro Universitário Hermínio Ometto – Uniararas, por toda sua ajuda e orientação, as quais foram fundamentais para a conclusão deste trabalho.

A **Pablo Pulz**, chefe responsável pelos Laboratórios do Centro Universitário Hermínio Ometto – Uniararas, sua ajuda foi fundamental. Muito obrigado!

Aos colegas de turma, **Paul Ernesto Bacca Weisse, Graziela Bianchi Leoni, Polliana Vilaça Silva e Ricardo Machado** pelo convívio e amizade durante a pós-graduação.

Ao funcionário e amigo **Carlos Feitosa dos Santos**, Secretário do Programa de Pós-Graduação em Odontologia Restauradora da Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, pela amizade, disposição, orientações, responsabilidade, humildade e apreço dedicado a mim e a todos os demais pós-graduandos.

Ao amigo **Reginaldo Santana da Silva**, técnico do Laboratório de Pesquisa em Endodontia da Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, pelo companheirismo e a pronta disposição em poder colaborar conosco, alunos, obrigado.

À amiga **Luiza Godoi Pitol**, técnica do Laboratório de Pesquisa em Endodontia da Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, pela convivência, educação e pronta disposição em contribuir com o que foi necessário durante o curso.

À colega **Patrícia Marchi**, técnica do laboratório de Pesquisa em Dentística da Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo,

pela convivência, respeito e pronta disposição em contribuir com o que foi necessário durante o curso.

Às funcionárias, **Maria Amália Viesti de Oliveira, Maria Isabel Cezário Francisco Miguel e Rosângela Angelini** do Departamento de Odontologia Restauradora da Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, pelo tratamento pessoal e doce com que sempre se relacionaram comigo.

Às funcionárias **Isabel Cristina Galino Sola e Regiane Cristina Moi Sacilotto**, secretárias do Setor de Pós-Graduação da Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, pela atenção e orientações concedidas durante a pós-graduação.

À **CAPES** (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), pela ajuda financeira disponibilizada durante o curso. Obrigado!

À **Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo**, com profunda gratidão, pela oportunidade de ter realizado este trabalho.

À **Universidade de São Paulo**, em especial, ao **Campus de Ribeirão Preto**, por sua natureza, pelos colegas, ambiente e condições oferecidas que contribuíram com minha formação acadêmica, profissional e humana.

SUMÁRIO

Resumo

Abstract

Lista de Abreviaturas

Lista de Figuras

Lista de Tabelas

Introdução	27
Retrospectiva da Literatura	33
Proposição	81
Materiais e Método	85
<i>Seleção da Amostra.....</i>	<i>87</i>
<i>Parte 1. Avaliação da alteração de volume do canal radicular.....</i>	<i>89</i>
<i>Realização da P.U.I.....</i>	<i>97</i>
<i>Parte 2 e 3. Avaliação da remoção de “debris” e da camada de “smear”.....</i>	<i>99</i>
<i>Preparação dos espécimes para microscopia óptica</i>	<i>104</i>
<i>Análise morfométrica.....</i>	<i>105</i>
<i>Determinação da área ocupada por “debris”.....</i>	<i>105</i>
<i>Preparação dos espécimes para microscopia eletrônica de varredura</i>	<i>106</i>
Resultados	113
Discussão	133
Conclusões	143
Referências Bibliográficas	147
Anexos.....	161

RESUMO

DE-BEM, S. H. C. **Avaliação dos efeitos da irrigação ultrassônica passiva por meio de microtomografia computadorizada, microscopia óptica e microscopia eletrônica de varredura.** 2016. 168 p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2016.

O presente trabalho teve como objetivo determinar, por meio de microtomografia computadorizada (μ CT), o aumento de volume interno, após realização da irrigação ultrassônica passiva (P.U.I.), em diferentes substratos (dentes humanos e bovinos); a remoção da camada de “smear” e “debris” do canal radicular, após a realização da P.U.I., com diferentes soluções irrigadoras finais, por meio de microscopia eletrônica de varredura (MEV) e microscopia óptica (MO). Para a verificação do aumento de volume interno vinte dentes (dez humanos e dez bovinos) foram selecionados e padronizados em 17 mm $\pm$ 1 mm de comprimento. Os dentes humanos foram preparados até o diâmetro final # 50/05, os dentes bovinos por possuírem canais amplos não receberam preparo biomecânico. Cada dente foi fixado na base da mesa giratória do aparelho de μ CT e realizou-se o primeiro exame μ CT. Os espécimes foram então submetidos a P.U.I. (aparelho EMS em frequência de 32 KHz) e em seguida foi realizado o segundo exame de μ CT respeitando os mesmos padrões do primeiro exame. As imagens capturadas foram comparadas antes e depois da P.U.I. Para a verificação, da remoção da camada de “smear” e “debris”, foram selecionados 46 caninos inferiores. Os dentes foram preparados até o diâmetro final # 50/05 e submetidos a P.U.I. com diferentes soluções irrigadoras finais: G3 (Soro fisiológico); G4 (NaOCl 1 %); G5 (EDTA-C 17 %); G6 (NaOCl 1 % / EDTA-C 17 %). Após a P.U.I. vinte e quatro dentes foram preparados e analisados em MEV e vinte e dois dentes foram submetidos ao processamento histológico e analisados em MO. A presença da camada de “smear” foi determinada a partir da atribuição de escores que variaram de 1 – 4. A presença de “debris” foi determinada a partir da grade de integração do software Image J. Os dados obtidos foram analisados com auxílio do *software BioEstat 5.0*. Os resultados mostraram que a P.U.I. aumentou significativamente o volume interno do canal radicular nos dentes humanos ($p=0,008$) e bovinos ($p=0,002$). A P.U.I. não removeu a camada de “smear”; e não removeu “debris” ($p=0,1923$) de forma estatisticamente significativa. Concluiu-se que a P.U.I. não é passiva, ela promove alteração de volume no canal radicular, aumentando seu volume interno independentemente do substrato testado; não removeu a camada de “smear”, mas reduziu significativamente o tempo necessário para que a solução quelante final agisse; não promoveu a remoção de “debris” estatisticamente significativa, mas independentemente da solução irrigadora final, realizar a P.U.I. aumenta qualitativamente a remoção de “debris” do canal radicular.

Palavras – Chave: Irrigação ultrassônica passiva; Camada de esfregaço; Detritos.

ABSTRACT

DE-BEM, S. H. C. **Evaluation of the effect of passive ultrasonic irrigation using computed microtomography, optical microscopy and scanning electron microscopy.** 2016. 168 p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2016.

The aim of this study was to determine by μ CT the internal volume increasing, after using of P.U.I., in different dental substrates (human and bovine); the removal of the smear layer and debris from the root canal, after using P.U.I. with different irrigation solutions, using SEM e OM. In order to verify the internal volume increasing, 20 teeth (ten humans and ten bovine) were selected and standardized with 17 mm $\pm$ 1 mm of length. Human teeth were prepared to a final diameter of #50/05. As the bovine teeth presents large root canal, they did not receive biomechanical preparation. Each tooth was fixed on a movable platform on the μ CT device and the first test was carried out. The specimens were subjected to P.U.I. (EMS device with 32 KHz of frequency) in order to performed the second μ CT test respecting the same standards. Images were captured and compared before and after P.U.I. Fourth six mandibular canine teeth were selected to verify the smear layer and debris removal. The teeth were prepared to the final diameter of #50/05 and subjected to P.U.I. with different irrigation solutions: G3 (Saline); G4 (NaOCl 1 %); G5 (EDTA-C 17 %); G6 (NaOCl 1% / EDTA-C 17 %). After P.U.I. 24 teeth were prepared and analyzed using SEM and 22 teeth were subjected to histological processing and thus analyzed with OM. The present smear layer was determined by score s' attribution ranging from 1 – 4. Presence of debris was determined by attribution of the screen integration from the Image J software. Data were analyzed with the support of BioEstat 5.0 software. The results showed that P.U.I. significantly increased the internal volume of root canal of human ($p=0,008$) and bovine teeth ($p=0,002$). The P.U.I. did not remove the smear layer nor debris ($p=0,1923$) statistically significant. It was concluded that P.U.I. is not passive, it increases the internal volume of root canal independently of the tested dental substrates; it did not remove the smear layer, but significantly decreased the onset of action of the final solution; it did not promote statistically significant differences regarding the debris removal however independently of the final irrigation solution to carry out P.U.I. increases the root canal debris removal.

Key – words: Passive ultrasonic irrigation; Smear layer; Debris.

ABREVIATURAS

Ca(OH) ₂	Hidróxido de cálcio
CHX	Clorexidina
cm	Centímetro (s)
C.U.I.	Irrigação ultrassônica contínua
EDTA	Ácido etilenodiamino tetra-acético
g	Grama (s)
GG	Broca Gates-Glidden
Hz	Hertz
KHz	Quilo hertz
MEV	Microscopia eletrônica de varredura
min.	Minuto (s)
mL	Mililitro (s)
mm	Milímetro (s)
MO	Microscopia óptica
MTA	Trióxido mineral agregado
NaOCl	Hipoclorito de sódio
PCR	Reação de polimerase em cadeia
P.U.I.	Irrigação ultrassônica passiva
s	Segundos
SAF	Self Adjusting File
UFC	Unidade formadora de colônia
μL	Microlitro

µm	Micrometro
° C	Grau Celsius
%	Por cento

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Seleção dos dentes humanos. Espécime representado pelas imagens dispostas em (A) (vista frontal) e (B) (vista lateral). Tomadas radiográficas nos sentidos orto-radial (C) e méso-radial (D) utilizadas na seleção da amostra.....	88
Figura 2 - Seleção dos dentes bovinos. Espécime representado pelas imagens dispostas em (A) (vista frontal) e (B) (vista lateral). Tomadas radiográficas nos sentidos orto-radial (C) e méso-radial (D) utilizadas na seleção da amostra.....	89
Figura 3 - Ilustração esquemática da metodologia utilizada para avaliar a alteração de volume do canal radicular.....	90
Figura 4 - Preparo dos espécimes. (A) Máquina de corte Isomet® 1000; (B-C) Espécime adaptado ao dispositivo de fixação na máquina de corte e corte da porção coronária do dente utilizando um disco diamantado sob refrigeração; (D) Espécime sem a porção coronária inserido em um tubo de polipropileno tipo Eppendorf identificado por um número sequencial contendo soro fisiológico; (E) Tubos Eppendorf dispostos sequencialmente em um suporte plástico para armazenamento em estufa.....	91
Figura 5 - (A) Motor elétrico VDW Silver; (B) Contra ângulo redutor Sirona (1) acoplado ao micromotor SMR 1213151 (2); (C) Procedimento de calibragem automática da velocidade e do torque do motor VDW Silver; (D) Detalhe do instrumento recíprocante acoplado ao contra ângulo Sirona.....	93
Figura 6 - Programação no visor do Motor VDW Silver referente à instrumentação com os sistemas Reciproc.....	93
Figura 7 - Vistas lateral (A) e frontal (B) do microtomógrafo SkyScan modelo 1174 v.2 conectado ao computador Dell Precision T5500 WorkStation.....	94
Figura 8 - Realização da P.U.I. (A) Base de silicone de adição confeccionada para fixação das amostras, caneta e ponta ultrassônica fixada para realização da P.U.I. (B) Detalhe do inserto ultrassônico inserido na amostra sem toque nas paredes. (C) Detalhe do inserto ultrassônico Irrisonic®. (D) Aparelho ultrassônico EMS PM 200 utilizado para realização da P.U.I.....	98
Figura 9 - Ilustração esquemática da metodologia utilizada para avaliar a remoção de “debris” e da camada de “smear”.....	100
Figura 10 - Cirurgia de acesso e preparo cervical. (A) Broca esférica diamantada nº 1014 e alta rotação para início da cirurgia de acesso. (B) Irrigação da câmara pulpar e canal radicular com 2 mL de NaOCl 1%. (C) Exploração do canal radicular com lima manual de aço inoxidável #10 Tipo K. (D) Detalhe da broca CP Drill acoplada ao contra ângulo e micromotor pneumático para realização do preparo cervical.....	102
Figura 11 - “A” Fotomicrografia da região apical (50X). “B” Imagem mostrada em “A” com a grade de integração do software Image J para contagem de áreas com e sem “debris”. A seta vermelha indica região com “debris” e a preta sem “debris”.....	106

Figura 12 - Metalização da amostra. (A) Detalhe da metade da amostra após ter recebido a confecção de duas canaletas nas faces proximais e ser clivada com auxílio de cinzel e martelo. (B) Aparelho BAL-TEC SCD 050 Sputter Coater utilizado para a realização da metalização dos espécimes. (C) Amostra metalizada, após passar pelo processo de aurificação.....	107
Figura 13 - Microscópio Eletrônico de Varredura Jeol JSM – 6610 LV.....	108
Figura 14 - Escores representativos para análise em MEV. (A) Escore 1 - todos os túbulos dentinários visíveis/quantidade insignificante de camada de “smear”. (B) Escore 2 - mais de 50% dos túbulos dentinários visíveis/pequena quantidade de camada de “smear”. (C) Escore 3 - menos de 50% dos túbulos dentinários visíveis/camada de “smear” recobrindo a dentina. (D) Escore 4 - nenhum túbulo dentinário visível/obliteração total dos túbulos pela camada de “smear”.....	109
Figura 15 - Fotomicrografias da região apical dos espécimes dos grupos (A) Soro fisiológico; (B) NaOCl 1%; (C) EDTA-C 17%; (D) NaOCl 1% / EDTA-C 17%.; com aumento de 50X. Note canais livres de “debris”.....	119
Figura 16 - Fotomicrografias da região apical dos espécimes do grupo controle com aumento de 50X. Note canais com presença de “debris”.....	121
Figura 17 - Fotomicrografias da superfície radicular interna (1000X) do terço cervical após a realização da P.U.I. com as diferentes soluções: (A) Soro fisiológico; (B) NaOCl 1%; (C) EDTA-C 17%; (D) NaOCl 1% / EDTA-C 17%.....	127
Figura 18 - Fotomicrografias da superfície radicular interna (1000X) do terço médio após a realização da P.U.I. com as diferentes soluções: (A) Soro fisiológico; (B) NaOCl 1%; (C) EDTA-C 17%; (D) NaOCl 1% / EDTA-C 17%.....	129
Figura 19 - Fotomicrografias da superfície radicular interna (1000X) do terço apical após a realização da P.U.I. com as diferentes soluções: (A) Soro fisiológico; (B) NaOCl 1%; (C) EDTA-C 17%; (D) NaOCl 1% / EDTA-C 17%.....	131

LISTA DE TABELAS

Tabela I - Valores em mm ³ obtidos antes e após a realização da "P.U.I." nos dentes bovinos.....	116
Tabela II - Valores em mm ³ obtidos antes e após a realização da "P.U.I." nos dentes humanos.....	116
Tabela III - Valores de volume do canal radicular (mediana, 1ºquartil-3ºquartil) antes a após a realização da P.U.I. nos dentes bovinos.....	116
Tabela IV - Valores de volume do canal radicular (média $\pm$ desvio-padrão) antes a após a realização da P.U.I. nos dentes humanos.....	117
Tabela V - Valores em % de aumento de volume do canal radicular (média $\pm$ desvio-padrão) após a realização da P.U.I. nos dentes bovinos e humanos.....	117
Tabela VI - Porcentagem de "debris" na área de secção transversal do canal radicular. Valores originais.....	118
Tabela VII - Moda dos escores por grupo, por meio de avaliação de três examinadores.....	124
Tabela VIII - Valores da mediana (Max/Min), soma dos postos e do posto médio em cada grupo.....	124
Tabela IX - Valores da mediana (Max/Min) e valor de p.....	125

INTRODUÇÃO

O preparo biomecânico dos canais radiculares consiste em etapa fundamental para o sucesso da terapia endodôntica. Este preparo tem como objetivo promover o alargamento das paredes internas do canal radicular promovendo a remoção de tecidos vitais ou não vitais, contaminados ou não, por meio da ação química e mecânica das soluções irrigadoras e dos instrumentos endodônticos (HAAPASALO et al., 2010; MELO-RIBEIRO et al., 2013; CRUZ et al., 2014).

Entre tanto, independentemente da técnica utilizada durante este preparo, há a deposição, nas paredes e na luz do canal radicular, de restos de tecidos orgânicos e inorgânicos denominados de camada de “smear” e “debris”. A presença desses remanescentes resulta na obstrução dos túbulos dentinários, dificultando ou impedindo a ação das soluções irrigadoras, medicação intra canal e penetração do cimento obturador, podendo levar ao insucesso do tratamento endodôntico (TORABINEJAD et al., 2002; VIOLICH; CHANDLER, 2010; RIBEIRO et al., 2012; AHMETOGLU et al., 2014; KAMEL; KATAIA, 2014).

Visando auxiliar a remoção desses remanescentes, inúmeras soluções irrigadoras, foram e são, recomendadas para uso clínico (ESTRELA et al., 2007; VERA; ARIAS; ROMERO, 2010; HAAPASALO et al., 2014), sendo o hipoclorito de sódio (NaOCl), em diferentes concentrações, amplamente recomendado e

atualmente é a solução irrigadora mais popular por possuir muitas das características desejadas de um irrigante endodôntico. Essa ampla aceitação é devido às propriedades químicas de dissolução dos tecidos pulparem ou remanescentes necróticos, controle da infecção dos canais radiculares, clareação, transformação de aminas em cloraminas e desodorização (GUERISOLI et al., 2002; HÜLSMANN; HECKENDORFF; LENNON, 2003; TORABNEJAD et al., 2003; CRUZ et al., 2014)

Apesar das inúmeras vantagens apresentada pela solução de NaOCl ela não tem a capacidade de promover a remoção da camada de “smear” das paredes dos canais radiculares (McCOMB; SMITH, 1975; DAUTEL-MORAZIN et al., 1994; VIOLICH; CHANDLER, 2010) e devido a essa desvantagem é preconizado a utilização de soluções irrigadoras pós preparo do canal radicular denominadas de soluções quelantes e desmineralizadoras tais como o EDTA e seus derivados, ácido cítrico, ácido málico, ácido acético, e vinagre de maçã (HÜLSMANN; HECKENDORFF; LENNON, 2003; TORABNEJAD et al., 2003; ESTRELA et al., 2007; YLMAZ et al., 2011; AHMETOGLU et al., 2014; DARDA et al., 2014).

O agente quelante ou desmineralizador deve ser aplicado sobre a dentina radicular, o que promoverá a remoção da camada de “smear” e do “smear” plug, aumentando sua permeabilidade. O EDTA foi o primeiro agente quelante utilizado na Endodontia com a finalidade de facilitar a instrumentação de canais atrésicos. É um sal de ácido fraco e para melhorar seu desempenho, o autor preconizou a adição de um tensoativo catiônico (Cetavlon) diminuindo a sua tensão superficial e obtendo ação bacteriostática, esta mistura resultou o nome de EDTA-C (VON DER FEHR; NYGAARD-OSTBY, 1963; GUERISOLI et al., 2002; YLMAZ et al., 2011; DARDA et al., 2014).

Tradicionalmente as soluções irrigadoras têm sido inseridas nos canais radiculares por meio da utilização de seringas e agulhas metálicas de diferentes tamanhos, diâmetros e design de pontas, entre tanto, a experiência clínica e os trabalhos de pesquisa tem demonstrado que esta abordagem clássica, normalmente resulta em uma irrigação ineficaz, principalmente em áreas periféricas, de istmos e no terço apical do canal radicular. Essa ineficiência está diretamente relacionada com o tipo da solução irrigadora, volume, fluxo e método de distribuição (VAN DER SLUIS et al., 2006; HSIEH et al., 2007; BOUTSIUKIS et al., 2010; HAAPASALO et al., 2010; VERA; ARIAS; ROMERO, 2011; CRUZ et al., 2014; AHMETOGLU et al., 2014; SCHMIDT et al., 2015).

Desta forma, contínuos e inúmeros esforços têm sido feitos a fim de se desenvolver sistemas de distribuição e de agitação, das soluções irrigadoras, mais eficazes para a irrigação do canal radicular. Dentre os métodos existentes podemos dividi-los em duas categorias, os métodos manuais, “brushes” e agitação com cone de guta percha e os mecanizados, “rotatory brushes”, irrigação sônica, irrigação ultrassônica passiva (P.U.I.), irrigação ultrassônica contínua (C.U.I.) e irrigação com pressão negativa (VAN DER SLUIS et al., 2009; HAAPASALO et al., 2010; TAY et al., 2010; GU et al., 2014; HAAPASALO et al., 2014).

Pesquisas iniciais sobre a aplicação do ultrassom em Odontologia se iniciaram por volta de 1950, e restringia-se apenas na área da Periodontia, até que Richman em 1957 relacionou o ultrassom com a Endodontia como auxiliar na instrumentação e limpeza (DE-DEUS, 1992).

Os sistemas de unidades ultrassônicas dividem-se em dois grupos podendo ser magnetoestrutivo, onde a energia elétrica é convertida em energia mecânica através de intensa vibração provocada em um conjunto de lâminas de aço soldadas em suas extremidades, ou piezoelétrico onde a passagem da corrente elétrica alternada, provoca deformações dimensionais em um conjunto de anéis cerâmicos, resultando em energia vibratória de alta frequência que são transmitidas à ponta ativa do aparelho ultrassônico. Os aparelhos magnetoestrutivos possuem frequências que alcançam amplitudes a partir de 20.000 Hertz ou 20 kHz até 25000 Hertz ou 25 kHz no máximo, enquanto os sistemas piezoelétricos, variam de 28.000 Hz, ou 28 kHz a 38.000 Hz, ou 38 kHz (KUNERT, 2006).

Os aparelhos ultimamente utilizados na Endodontia usam a tecnologia de alta frequência do tipo piezoelétrica, operando entre 25 a 30 kHz e tem sido amplamente utilizado na melhora do acesso do canal radicular, irrigação, remoção de pinos e instrumentos fraturados, condensação da guta percha, cirurgia periapical e para aumentar a permeabilidade dentinária (VAN DER SLUIS, 2007).

Muitos autores têm proposto que a ativação da solução irrigadora por meio do ultrassom, proporciona maior eficácia na remoção de “debris” e na limpeza dos túbulos dentinários. Durante a realização da P.U.I. a energia acústica é transmitida a partir da oscilação de um inserto liso, ativando o irrigante no interior do canal radicular induzindo o efeito de cavitação. Durante este processo inúmeras bolhas são geradas a partir de um potente turbilhão acústico e o rompimento dessas bolhas favorece a remoção de “debris” do interior do canal radicular (VAN DER SLUIS et al., 2007; FELVER et al., 2009; GU et al., 2009; VAN DER SLUIS; WU; WESSELINK,

2009; CASTELO-BRAZ et al., 2012; CASTAGNA et al., 2013; AHUJA et al., 2014; AHMETOGLU et al., 2014; MOZO et al., 2014).

Diante das evidências de que podemos atingir melhores resultados de limpeza do canal radicular com o uso da P.U.I. (VAN DER SLUIS et al., 2007b; VERA; ARIAS; ROMERO, 2011; AHUJA et al., 2014; AHMETOGLU et al., 2014; MOZO et al., 2014), torna-se relevante a avaliação desta etapa, utilizando metodologias que permitam demonstrar a efetividade deste recurso em relação ao arsenal endodôntico disponível.

RETROSPECTIVA DA LITERATURA

VON DER FEHR; ØSTBY (1963) estudaram a capacidade do EDTA-C e do ácido sulfúrico a 50% de desmineralizar dentina humana, utilizando microrradiografias para determinar a extensão da descalcificação. Os resultados obtidos no experimento mostraram que o EDTA-C, após 5 minutos no interior do canal radicular, promoveu desmineralização até a profundidade de 30 µm das paredes. Semelhante resultado foi encontrado para o ácido sulfúrico a 50%, com o mesmo tempo de aplicação. Porém, quando as soluções testadas foram deixadas pelo período superior a 40 horas no interior do canal radicular, os resultados foram diferentes. Enquanto o EDTA-C produziu uma zona de desmineralização com profundidade igual a 50 µm, essa ação atingiu até 500 µm nos canais submetidos ao ácido sulfúrico. Os autores concluíram que a ação do EDTA-C possui caráter auto limitante e que era melhor utilizá-lo como solução auxiliar da instrumentação de canais radiculares ao invés do ácido sulfúrico.

McCOMB; SMITH (1975) foram os pioneiros no estudo dos efeitos das diversas soluções irrigadoras usadas no tratamento endodôntico sob a óptica da MEV. Foram os primeiros a observar a formação de uma camada sem forma que se aderiu às paredes do canal radicular após o preparo biomecânico, denominada de camada de “smear”. Concluíram que o EDTA-C foi capaz de remover a camada de “smear” das paredes do canal radicular, tornando as paredes dentinárias próprias para receber o material obturador. A limpeza obtida com a aplicação do EDTA-C

mostrou-se proporcional ao tempo em que o mesmo foi deixado no interior do canal radicular.

DE-DEUS et al. (1992) descreveram que as pesquisas iniciais sobre a aplicação do ultrassom em Odontologia se iniciaram por volta de 1950, e restringia-se apenas na área da Periodontia, até que Richman em 1957 relacionou o ultrassom com a Endodontia como auxiliar na instrumentação e limpeza. Relataram que os sistemas de unidades ultrassônicas dividem-se em dois grupos podendo ser magnetoestritivo, onde a energia elétrica é convertida em energia mecânica através de intensa vibração provocada em um conjunto de lâminas de aço soldadas em suas extremidades, ou piezoelétrico onde a passagem da corrente elétrica alternada, provoca deformações dimensionais em um conjunto de anéis cerâmicos, resultando em energia vibratória de alta frequência que são transmitidas à ponta ativa do aparelho ultrassônico. Os aparelhos magnetoestritivos possuem frequências que alcançam amplitudes a partir de 20.000 Hertz ou 20 kHz até 25000 Hertz ou 25 kHz no máximo, enquanto os sistemas piezoelétricos, variam de 28.000 Hz, ou 28 kHz a 38.000 Hz, ou 38 kHz.

DAUTEL-MORAZIN; VULCAIN; BONNAURE-MALLET (1994) estudaram, por meio da MEV, a influência da irrigação endodôntica sobre a composição, estrutura e aspecto da camada de “smear” dentro de canais radiculares. Foram utilizados quinze dentes pré-molares extraídos por motivos ortodônticos. Os dentes foram aleatoriamente divididos em três grupos: G1 (instrumentação sem irrigação); G2 (instrumentação e irrigação com soro fisiológico); G3 (instrumentação e irrigação com solução de Dakin). As soluções irrigadoras foram inseridas, nos canais radiculares, com seringa e agulha de irrigação com bisel lateral. Após as instrumentações os dentes foram fixados em solução de glutaraldeído e seccionados longitudinalmente para a análise em MEV. Os resultados mostraram que o G1 produziu uma camada muito grossa de “smear”, demonstrando imagens retro espalhadas como um conjunto compacto de componentes orgânicos e inorgânicos. No G3 houve menor produção de “smear” e os “debris” remanescentes eram menores em tamanho do que quando se utilizou soro fisiológico para irrigação. Os autores puderam concluir que quanto maior a instrumentação do canal radicular maior será a formação da camada de “smear”. Quando os canais radiculares foram irrigados, a camada de “smear” apareceu como uma dupla camada, sendo uma superficial e a outra profunda. Essas camadas foram predominantemente inorgânicas quando da irrigação com solução de Dakin.

GUERISOLI et al. (2002) avaliaram, por meio da MEV, a remoção da camada de “smear” com diferentes soluções irrigantes sob agitação ultrassônica. Foram utilizados vinte dentes humanos unirradiculares, incisivos inferiores recém extraídos. A amostra foi aleatoriamente dividida em quatro grupos iguais. G1 (preparo biomecânico com água destilada + ultrassom); G2 (preparo biomecânico + NaOCl + ultrassom); G3 (preparo biomecânico + NaOCl / EDTA-C + ultrassom); G4 (sem preparo biomecânico + NaOCl / EDTA-C + ultrassom). Uma lima ISO #15, acoplada ao ultrassom, foi utilizada em todas as amostras, com movimentos de limagem de amplitude reduzida, contra as paredes do canal. Os espécimes receberam canaletas diametralmente opostas em suas raízes, foram clivados e observados por meio de MEV. Os resultados mostraram que houve permanência da camada de “smear” nos canais radiculares irrigados com água destilada e NaOCl e a remoção, desta, nos canais onde houve a associação com EDTA-C. Os autores concluíram que o uso de NaOCl associado ao EDTA-C, sob agitação ultrassônica, é capaz de remover a camada de “smear”, enquanto que as outras soluções testadas deixam uma quantidade muito maior de resíduos aderidos às paredes do canal radicular.

TORABINEJAD et al. (2002) realizaram uma revisão bibliográfica com ênfase nas implicações clínicas da camada de “smear” na Endodontia. Os autores descreveram que está claro e bem estabelecido que a instrumentação do canal radicular, independentemente, do instrumento ou técnica empregada promove a formação de uma camada orgânica e/ou inorgânica, que pode ou não conter microrganismos, denominada de camada de “smear”, a qual é depositada, recobrando as superfícies das paredes dentinárias intracanal. Observaram que há vários métodos para sua remoção, e que seria prudente a sua remoção, para uma melhor limpeza e melhor acomodação dos materiais obturadores finais, no entanto, a manutenção ou a remoção dessa camada ainda gerava bastante discussão científica.

HÜLSMANN; HECKENDORFF; LENNON (2003) revisaram a literatura a respeito dos agentes quelantes no tratamento do canal radicular com observações a respeito do modo de ação e as indicações de uso. Puderam verificar que os agentes quelantes agem desmineralizando a dentina, reduzindo sua micro dureza, facilitando assim a instrumentação de canais calcificados e atrésicos, aumentam significativamente a permeabilidade dentinária, facilitando a ação da medicação intra

canal e a penetração do cimento obturador, além de removerem a camada de “smear”.

SABINS; JOHNSON; HELLSTEIN (2003) compararam a eficácia da limpeza, produzida pela ativação sônica e ultrassônica da solução irrigante depois da realização do preparo biomecânico manual em canais radiculares de dentes molares. Um total de 100 canais de molares superiores foram instrumentados manualmente até o diâmetro final #35 e escalonados até o diâmetro #60. Os canais foram aleatoriamente divididos em 5 grupos de 20 dentes cada. O G1 não recebeu nenhum tratamento adicional. Os G2 e G3 receberam ativação sônica, da solução irrigadora, por 30 e 60 s, respectivamente. G4 e G5 receberam ativação ultrassônica, da solução irrigadora, por 30 e 60 s, respectivamente. As raízes foram divididas longitudinalmente e fotografadas com uma câmera digital. A porção apical da raiz foi ampliada a 100X. Uma pontuação de “debris” foi calculada para o terço apical a 3 e 6 mm. A pontuação de “debris” foi calculada como uma porcentagem da área total do canal que continham “debris” conforme determinado por pixels do programa Adobe Photoshop 5.0. Os resultados encontrados permitiram aos autores concluir que a ativação da solução irrigadora de maneira sônica ou ultrassônica por 30 s, resultou em significativos canais mais limpos do que apenas o preparo manual. Ativação ultrassônica produziu significativamente mais canais limpos do que a ativação sônica.

SPOLETI; SIRAGUSA; SPOLETI (2003) avaliaram a influência da P.U.I. na desinfecção do canal radicular. Sessenta dentes humanos divididos em três grupos: Ga (Incisivo superior); Gb (Caninos superiores); Gc (Raiz disto-vestibular de primeiros molares superiores) foram selecionados e esterilizados em autoclave. Um inóculo bacteriano padrão foi colocado nos canais, e foram incubadas durante 72 h a 37 ° C. Em seguida, eles foram divididos em subgrupos 1, que recebeu solução salina estéril (SS) como um irrigante, subgrupo 2, que recebeu solução salina estéril com P.U.I. (SU). O tratamento endodôntico foi realizado pela técnica crow-down e a identificação das colônias bacterianas sobreviventes foi realizada. Os resultados mostraram que as colônias sobreviventes foram mais elevadas quando o ultrassom não foi utilizado (Ga: SS: X 32.13, SU: X 13,53); (Gb: SS: X 53,70, SU: X 44,60); Gc: SS: X 39.16, SU: X 29.40). Os testes para comparação dos resultados de ambos os subgrupos mostraram que as proporções de colônias sobreviventes foram superiores ($p < 0,01$) quando a ativação ultrassônica não foi usada. Os autores

concluíram que a ativação ultrassônica deve ser considerada como uma valiosa contribuição para o tratamento endodôntico.

TORABINEJAD et al. (2003) avaliaram, por meio da MEV, se variações na concentração do NaOCl interfeririam na capacidade de limpeza do MTAD® (substância composta de um isômero de tetraciclina, ácido e detergente), em relação a remoção da camada de “smear”. Foram utilizados oitenta dentes uni ou multi radiculares preparados por dez operadores diferentes e divididos em grupos conforme as soluções utilizadas durante o preparo biomecânico e de irrigação final. Após o preparo biomecânico, 5 mL de uma das seguintes soluções: água destilada, NaOCl 5,25%, EDTA 17% e MTAD® foi utilizada para irrigação final. A quantidade da camada de “smear”, assim como o grau de erosão sobre a superfície dos três terços do canal radicular foram avaliados. Os resultados mostraram que MTAD® foi eficiente na remoção da camada de smear, não alterando a estrutura dos túbulos dentinários.

WEBER et al. (2003) avaliaram o efeito da P.U.I. na ativação de 2 % de clorexidina (CHX) ou 5,25 % de NaOCl, na atividade antimicrobiana residual em canais radiculares. Noventa e quatro dentes unirradiculares foram preparados e divididos em três grupos conforme o tipo de irrigante: G1 (CHX à 2 %); G2 (NaOCl à 5,25 %); G3 (Controle – Solução salina). Os G1 e G2 foram submetidos a uma ativação final da irrigação por meio da P.U.I. por 1 min. O terço apical foi recoberto com esmalte e os canais foram irrigados com solução salina tamponada com fosfato, secas, recarregadas com solução salina e armazenadas por 6 horas. 20 µL de fluido foi pipetado de cada canal e colocado em poços nas placas contendo meio ágar, que foram inoculados com estreptococos sanguíneos. As placas foram incubadas, e as zonas de inibição foram medidas. A amostragem foi repetida em 24, 48, 72, 96, 120, 144, e 168 h. Os resultados mostraram que a atividade antimicrobiana residual da CHX a 2 % foi estatisticamente significativa e superior ao NaOCl à 5,25 % sozinho e com P.U.I. ($p < 0,001$). Os autores concluíram que os grupos experimentais contendo CHX demonstraram atividade antimicrobiana residual durante o tempo de até 168 horas.

FERREIRA et al. (2004) avaliaram, por meio da MO, a capacidade de limpeza da instrumentação rotatória associada ao uso da irrigação ultrassônica. Doze incisivos inferiores unirradiculares foram divididos aleatoriamente em três grupos de acordo com o método de irrigação avaliado. Os canais radiculares foram

instrumentados usando Orifice Shapers com conicidade 0,06 e 0,04 na porção cervical e até o diâmetro #35 no terço apical. Foi utilizada como solução irrigadora o NaOCl 1%. G1 (Canais irrigados com 5 mL de NaOCl, usando seringa Luer-Lok, entre cada lima); G2 (Canais irrigados com NaOCl e ativado com ultrassom por 1 min. entre cada lima); G3 (Canais irrigados com 5 mL de NaOCl com seringa Luer-Lok, entre cada lima e irrigação final utilizando ultrassom durante 3 min). Após o preparo biomecânico, o terço apical dos dentes foram submetidos ao processamento histológico. A análise morfométrica foi realizada usando um microscópio óptico com 40x de ampliação e uma grade de integração. Os resultados mostraram diferença estatisticamente significativa ao nível de 5% entre os métodos utilizados para a irrigação. Os autores puderam concluir que a instrumentação rotatória com sistema de limas NiTi e ativação da irrigação com ultrassom por 3 min. foram mais eficazes na limpeza de canais radiculares quando comparados aos diferentes métodos testados.

LEE; WU; WESSELINK (2004) compararam a capacidade de irrigação da seringa convencional e irrigação com ativação ultrassônica para remover “debris” de dentina, colocadas artificialmente em um sulco e depressão simulados, dentro do canal radicular. Após o preparo biomecânico do canal radicular até o diâmetro #50, por meio da técnica de Roane, doze caninos foram divididos longitudinalmente em duas metades. Em uma das metades realizou-se um sulco padrão de 4 mm de comprimento x 0,2 mm de largura x 0,5 mm de espessura entre os mm 2 – 6 a partir do forame apical. Na parede dentinária da outra metade, três depressões de forma cônica de 0,3 mm de diâmetro e 0,5 mm de profundidade foram realizadas nos 2, 4 e 6 mm a partir do forame apical. Cada sulco e depressão foram preenchidos com “debris” dentinários misturados com NaOCl à 2 % para simular uma situação em que os “debris” de dentina se acumulam em extensões do canal radicular durante sua preparação. Cada dente foi remontado e fixado com resina. NaOCl à 2 % foi então irrigado em cada canal usando quer seringa de irrigação ou com ultrassom. Antes e após a irrigação, as imagens das duas metades da parede do canal foram feitas, usando um microscópio. A quantidade restante de “debris” nos sulcos e depressões foram avaliados utilizando um sistema de pontuação de 0-3. Quanto maior a pontuação, maior a quantidade de “debris”. Os resultados demonstraram que ambas as formas de irrigação reduziram a quantidade de “debris” significativamente. A pontuação de “debris” foi significativamente e estatisticamente mais baixa após a

irrigação com ultrassom do que após a irrigação com seringa ($p < 0,002$ para sulcos, $p < 0,047$ para depressões). Os autores puderam concluir que a irrigação ultrassônica é mais eficaz do que a irrigação com seringa na remoção de “debris” artificiais em sulcos e depressões na parede dos canais radiculares.

TEIXEIRA; FELIPPE; FELIPPE (2005) avaliaram, por meio da MEV, a influência do tempo de irrigação do EDTA e do NaOCl na remoção da camada de “smear”. Foram utilizados 21 dentes humanos retos e com canais únicos. Os dentes foram preparados usando instrumentos Gates Gliden e limas manuais até o diâmetro #40 ou #45 e irrigados com 3 mL de EDTA 15%. Em seguida os dentes foram aleatoriamente divididos em 4 grupos. G1- NaOCl 1% por 1 min.; G2- NaOCl 1% por 3 min.; G3- NaOCl 1% por 5 min.; G4- Sem irrigação (grupo controle). Logo após os dentes foram seccionados longitudinalmente e preparados para a análise em MEV. As paredes dentinárias dos terços cervical, médio e apical foram graduadas de acordo com a quantidade da camada de “smear” presente. Os resultados demonstraram que todos os canais dos grupos experimentais irrigados com EDTA e NaOCl tiveram a camada de “smear” completamente removida nos terços cervical e médio. Dentro do terço apical, a superfície da dentina foi parcialmente encoberta, particularmente nos dentes do grupo 1, mas não apresentou, significativamente, mais “smear” quando comparado com os outros terços do mesmo grupo. Os autores concluíram que para este estudo laboratorial, a irrigação do canal radicular com EDTA 15% e NaOCl 1% por 1, 3 e 5 minutos foram igualmente eficazes na remoção da camada de “smear”.

VAN DER SLUIS; WU; WESSELINK (2005) avaliaram a eficácia da P.U.I. em remover “debris” dentinários colocados artificialmente no canal radicular, em dentes preparados com diferentes conicidades. Foram selecionados quarenta e quatro caninos superiores e inferiores com diâmetros internos menores que o instrumento 20/06. Os dentes foram divididos aleatoriamente em três grupos experimentais de acordo com a conicidade de preparo: G1 (20/06); G2 (20/08); G3 (20/10). Cada raiz foi em seguida, dividida longitudinalmente através do canal, formando duas metades. Numa parede do canal, uma ranhura padrão foi cortada entre os 2 – 6 mm a partir do ápice, para simular extensões do canal radicular. Cada ranhura foi preenchida com “debris” dentinários misturados com 2 % de NaOCl para simular uma situação quando “debris” de dentina se acumulam nas extensões do canal. Cada canal foi remontado por meio da união das duas metades dos dentes. Em

cada canal a P.U.I. foi realizada com uma lima tipo K de tamanho de #15, utilizando 2 % de NaOCl como irrigante. Antes e após a irrigação, as imagens de cada metade do canal com a ranhura foram realizadas usando um microscópio e uma câmara digital. A quantidade de “debris” dentinários no sulco foi avaliada utilizando um sistema de pontuação: quanto maior a pontuação, maior a quantidade de “debris”. Os escores antes e depois de irrigação foram comparados. As diferenças no percentual de redução da pontuação entre os três grupos foram analisadas por meio do one-way ANOVA. Os resultados mostraram que após a P.U.I. a pontuação de “debris” foi reduzido em 74; 81 e 93 %, respectivamente, nos G1; G2 e G3. No entanto, a diferença entre os grupos não foi estatisticamente significativa ($p=0,078$). Os autores concluíram que houve uma tendência de que a P.U.I. foi mais eficaz na remoção de “debris” dentinários colocados artificialmente em canal simulado em canais preparados com maior conicidade, a conicidade influenciou a P.U.I.

VAN DER SLUIS et al. (2006) determinaram a influência do volume, do tipo de irrigante e o método de irrigação na remoção de “debris” de dentina, artificialmente colocados, na parte apical de canais radiculares durante a irrigação ultrassônica passiva. Foram utilizados quinze caninos instrumentados até o diâmetro final 20/10. Cada raiz foi dividida longitudinalmente, formando duas metades. Um sulco de 4 mm de comprimento, 0,2 mm de largura e 0,5 mm de profundidade foi confeccionado em cada uma das paredes do canal radicular entre os 2 – 6 mm a partir do ápice radicular. Em seguida estes sulcos foram preenchidos com “debris” de dentina antes das raízes serem remontadas. Todos os canais foram irrigados por ultrassom, utilizando um inserto fino e liso de diâmetro #15 e conicidade 0,02 e 21 mm de comprimento. No grupo 1, o canal foi irrigado com um fluxo contínuo de 50 mL de NaOCl a 2%. No grupo 2 o fluxo contínuo não foi utilizado, mas o canal foi irrigado com 12 mL de NaOCl à 2%, num fluxo de 2 mL a cada 30 s) por meio de uma seringa. No grupo 3 foi realizado o mesmo do grupo 2, mas foi irrigado com 6 mL de NaOCl à 2%, num fluxo de 2 mL/min). O grupo 4 foi tratado da mesma forma que o grupo 1, mas água foi utilizada como o irrigante. Foram realizadas imagens dos sulcos contendo os “debris”, imediatamente antes e após a irrigação. A quantidade de “debris” no sulco confeccionado foi avaliada e comparada. As diferenças nos escores de “debris” entre os grupos experimentais foram analisadas com o teste de Kruskal Wallis e o teste-U de Mann-Whitney em um nível de significância de $p=0,05$. Os resultados mostraram que a diferença entre todos os

grupos foi estatisticamente significativa ($p < 0,001$). Os grupos 1, 2 e 3 diferiu significativamente do grupo 4 ($p < 0,001$); não houve nenhuma diferença significativa entre os grupos 1, 2 e 3 ($p = 0,550$). Os autores puderam concluir que a entrega do irrigante com seringa, 2% de NaOCl (6 e 12 mL) foi tão eficaz como o fluxo contínuo de 2% de NaOCl (50 mL). A água não foi eficaz na remoção de “debris” de dentina nos sulcos artificiais criados na porção apical dos canais radiculares.

ZEHNDER (2006) revisou a literatura a respeito dos irrigantes endodônticos. Afirmou que o debridamento da ferida local no espaço da polpa doente é o principal passo no tratamento endodôntico permitindo que o dente não seja fonte de infecção. Apresentou colocações importantes a respeito de especificidades do microambiente pulpar e sobre as soluções irrigadoras em endodontia. Afirmou que as soluções de NaOCl são as mais recomendadas como irrigante endodôntico. Isto é devido ao seu amplo espectro antimicrobiano, bem como à capacidade única para dissolver restos de tecidos necróticos e pulpares. As preocupações químicas e toxicológicas relacionadas com a sua utilização foram discutidas, incluindo diferentes abordagens para melhorar a eficácia local sem aumentar o seu potencial cáustico. Além disso, as soluções quelantes são recomendadas como irrigantes adjuntos para evitar a formação da camada de “smear” e/ou para removê-la antes da obturação endodôntica. Com base nas ações e interações das soluções disponíveis atualmente, um regime clínico de irrigação foi proposto, sendo o NaOCl indicado para o momento da instrumentação do canal radicular, seguido pelo uso do EDTA ou ácido cítrico para a limpeza final do canal radicular anteriormente a obturação final.

BALTO (2007) redigiu uma análise crítica a respeito do artigo produzido por (VAN DER SLUIS et al., 2007), ele pôde concluir que foi uma revisão de literatura interessante e que o artigo procurou abordar as questões práticas associadas ao uso da P.U.I. no final do procedimento endodôntico, na esperança de obter um sistema de canais mais limpos. Nos alertou para a possibilidade de uma melhor abordagem, que pode resultar em canais melhores preparados biologicamente falando, apesar de que essa avaliação não apresenta provas suficientes para desqualificar a irrigação com seringa convencional. É bem claro que um dos processos mais importantes no tratamento e retratamento não cirúrgico do canal radicular é o preparo biomecânico, o objetivo deste é remover o tecido pulpar e/ou microrganismos existentes, e também remover qualquer “debris” e a camada de

“smear” resultantes do preparo. O NaOCl tem sido amplamente aceito como solução de irrigação, sendo o padrão-ouro desde a sua introdução na endodontia em 1936, por possuírem ação de clarificação, desodorização e dissolução tecidual. O NaOCl demonstrou ser um desinfetante eficaz melhorando o sistema de canais e produzindo melhor preparação biológica. Considerações importantes como o calibre da agulha utilizada, a concentração da solução irrigadora, o volume total e os métodos usados não são claramente citados em alguns estudos. Além disso, as condições experimentais “in vitro” diferem a partir de estudos “in vivo”. Todas estas considerações evitam qualquer conclusão de que a P.U.I. é mais eficaz do que a irrigação com seringa convencional, no entanto a P.U.I. parece ser um auxiliar importante no tratamento endodôntico. Há necessidade de mais provas experimentais e revisões sistemáticas para lançar luz sobre este procedimento.

ESTRELA et al. (2007) avaliaram, por meio da MEV, a limpeza das paredes dentinárias promovida por diferentes soluções de irrigação. As soluções avaliadas foram as de clorexidina, NaOCl e vinagre de maçã associadas ou não ao EDTA. Os autores puderam verificar que a combinação de todas as soluções com EDTA aumentou significativamente a capacidade de remoção da camada de “smear”, sendo que o melhor resultado foi obtido quando o EDTA foi associado ao vinagre de maçã.

HSIEH et al. (2007) investigaram, a influência do tamanho e da profundidade de inserção das agulhas de irrigação, e o diâmetro do instrumento apical final na distribuição do fluxo durante a irrigação de fluidos em canais radiculares. Utilizaram sete dentes unirradiculares humanos extraídos e preparados pela técnica Step-Back, com diâmetros de preparo apicais diferentes #25, #30, #35, #40, #45, #50 e #80, respectivamente. Um sistema de imagens térmicas (ThermaCAM) foi utilizado para gravar a distribuição dos fluidos após o preparo do canal radicular. A distribuição do fluido dinâmico foi analisada durante a irrigação, variando diferentes calibres de pontas de irrigação (23, 25 e 27 calibres) em várias profundidades (3, 6 e 9 mm) aquém do ápice radicular. Todo o processo de irrigação foi gravado por uma câmera de vídeo e analisado por dois observadores separadamente. O sucesso do processo de irrigação foi definido quando o irrigante foi capaz de fluir para a região apical imediatamente após a injeção. Os resultados mostraram que a água destilada foi extravasada para a região apical quando a agulha de calibre 27 foi usada para irrigar o canal radicular preparado até o diâmetro #30 em um ponto à 3 mm do batente

apical. Quando a mesma ponta de agulha foi colocada à 6 mm a partir do ápice do canal radicular, uma irrigação eficaz somente ocorreu nos canais preparados no diâmetro #50 ou maior. Quando uma agulha de calibre 25 foi usada para irrigar o canal radicular à 3 mm do comprimento de trabalho, o diâmetro do canal tinha de ser menor que #45 para permitir uma irrigação bem-sucedida. Quando a agulha de calibre 23 foi colocada na mesma posição (3 mm aquém) o diâmetro necessário para uma irrigação eficaz foi de #50. À 9 mm aquém do batente apical, nenhuma das agulhas de irrigação foram capazes de promover uma irrigação bem-sucedida para qualquer diâmetro de preparo do canal radicular. Os autores puderam concluir que a distribuição do fluxo de irrigação do canal radicular pode ser afetada adversamente pelo diâmetro das agulhas; pela distância da ponta da agulha e do batente apical e por canais estreitos.

PLOTINO et al. (2007) revisaram a literatura avaliando de maneira abrangente os variados métodos de uso clínico do ultrassom na endodontia e enfatizaram as grandes aplicações modernas da prática endodôntica. Observaram que o uso do ultrassom é diverso e abrange: o melhoramento do acesso em canais calcificados e com nódulos pulpare; a remoção de obstruções intra canais (instrumentos fraturados, cones de prata e pinos metálicos); o aumento da ação de substâncias irrigantes; a condensação da guta-percha; a inserção do MTA; a cirurgia paraendodôntica, na preparação e refinamento de cavidades, na inserção de materiais na raiz e no preparo do canal radicular. Os autores puderam concluir que o ultrassom nos oferece muitas aplicações e vantagens clínicas, melhorando a visualização combinada com uma abordagem mais conservadora, quando da remoção seletiva da estrutura dentária, especialmente em situações difíceis onde angulações e pontas específicas permitem o acesso a áreas restritas de trabalho, oferecem oportunidades que não são possíveis com o tratamento convencional. Como resultado, permitem um refinado acesso, localização de canais calcificados e retirada de instrumentos fraturados ou pinos, gerando mais resultados previsíveis. Além disso, permitem uma melhor ação das soluções irrigadoras. Finalmente, a integração de novas tecnologias, como o ultrassom, levou à melhoria das técnicas e o uso de materiais, mudando a forma como a endodontia está sendo praticada atualmente.

VAN DER SLUIS (2007) elencou, por meio de seu artigo científico, as inúmeras e diferentes situações clínicas de uso do ultrassom. Afirmou que o

ultrassom pode ser usado para melhor o acesso do canal radicular; irrigação ou ativação do irrigante; remoção de pinos, limas fraturadas e outras obstruções; melhorar a distribuição do cimento obturador; condensar a guta percha; durante a realização de cirurgia periapical e para aumentar a permeabilidade da dentina durante o clareamento dental em dentes despulpados. Enfim, pôde concluir que a utilização do aparelho de ultrassom é indispensável para a prática endodôntica diária.

VAN DER SLUIS et al. (2007a) avaliaram a influência da P.U.I., no selamento apical, de canais radiculares obturados. Foram selecionados quarenta pré-molares inferiores, os dentes foram preparados com sistema rotatório GT até o diâmetro final 30/04. Os dentes foram aleatoriamente distribuídos em dois grupos que foram obturados com cimento AH 26 e cones de guta percha pela técnica de compactação vertical System B. Dentro de um grupo a P.U.I. foi aplicada, após a conclusão do preparo biomecânico. No outro grupo a P.U.I. não foi realizada. Depois disso, os dentes foram submetidos a um sistema de infiltração de glicose, uma vez por semana durante um período total de 56 dias. As diferenças entre os grupos em termos de concentrações de glicose foram analisadas estatisticamente com o teste de Mann-Whitney; o nível de significância foi de fixado em $p=0,05$. Os resultados mostraram que após o primeiro mês, as obturações das raízes onde a P.U.I. tinha sido utilizada, selou o canal radicular significativamente melhor do que nos dentes em que não tiveram a P.U.I. ($p=0,017$). Os autores concluíram que o canal radicular foi melhor selado quando a P.U.I. foi realizada.

VAN DER SLUIS et al. (2007b) realizaram uma revisão da literatura a respeito da irrigação ultrassônica passiva. Relataram que a irrigação do canal radicular pode ser realizada com ultrassom simultaneamente ou não. Quando ela não é realizada simultaneamente o termo indicado para a técnica é P.U.I. Neste artigo, uma relevante revisão da literatura sobre a P.U.I. foi realizada a partir do banco de dados do MEDLINE. A P.U.I. pode ser realizada com um pequeno instrumento ou inserto liso (tamanho #10 #20) oscilando livremente dentro do canal radicular para induzir um poderoso micro turbilhão acústico. A P.U.I. pode ser um complemento importante para a limpeza do sistema de canais radiculares e, em comparação com a irrigação tradicional com seringa e agulha, remove mais tecidos orgânicos, bactérias planctônicas e “debris” da parede de dentina do canal radicular. P.U.I. é mais eficiente na limpeza de canais do que a irrigação com ultrassom de maneira

simultânea à instrumentação. P.U.I. pode ser eficaz em canais curvos e um inserto fino e liso pode ser tão eficaz como uma lima tipo K. A conicidade e o diâmetro do canal radicular são parâmetros importantes para uma eficaz remoção de “debris” dentinários. A irrigação com NaOCl é mais eficaz do que com água e a irrigação por ultrassom é mais eficaz do que a irrigação sônica na remoção de “debris” dentinários. O papel da cavitação durante a P.U.I. permanece inconclusivo. Nenhuma informação detalhada está disponível sobre a influência do tempo de irrigação, o volume do irrigante, a profundidade de penetração do instrumento e as propriedades de forma e material do instrumento para realização da P.U.I. A influência da frequência de irrigação e a intensidade no padrão do fluxo contínuo, bem como a complicada interação do fluxo contínuo acústico com o aderente biofilme precisa ser esclarecido para revelar o subjacente mecanismo físico da P.U.I.

CHOPRA; MURRAY; NAMEROW (2008) avaliaram, por meio da MEV, a eficácia da lima tipo F em comparação a lima tipo K ativada de forma ultrassônica na remoção da camada de “smear”. Foram utilizados 60 pré-molares uni radiculares, com raízes retas e canal único. O preparo biomecânico foi realizado com instrumentação rotatória ProTaper até o instrumento final F3 e complementados com instrumentos 35/06, 40/06 e 45/06. Em seguida os espécimes foram aleatoriamente divididos em 6 grupos. G1- Lima tipo F a 600 RPM ativando o EDTA por 30 segundos; G2- Lima tipo K sob ultrassom, ativando EDTA por 1 minuto; G3- NaOCl e EDTA com seringa convencional; G4- Soro fisiológico com seringa convencional; G5- Lima tipo F a 600 RPM ativando o NaOCl por 30 segundos; G6- Lima tipo K sob ultrassom, ativando NaOCl por 1 minuto. Em seguida os dentes foram preparados e submetidos a MEV para determinação da presença ou ausência da camada de “smear”. Os resultados mostraram que não houve diferença entre a remoção da camada de “smear” nos grupos ativados com a lima F ou lima tipo K sob ultrassom. A remoção da camada de “smear” é influenciada pela introdução da solução de EDTA. Os autores concluíram que não foi identificado qualquer aumento na remoção da camada de “smear” pelo uso da lima F em comparação com a lima tipo K sob ultrassom com ou sem uso do EDTA. O presente estudo sugere que as limas tipo F não é benéfica na remoção da camada de “smear”.

TASDEMIR et al. (2008) avaliaram o efeito da P.U.I. na extrusão apical da solução irrigante. Vinte incisivos superiores e inferiores com raízes retas e recém extraídos foram selecionados. Os espécimes foram preparados com instrumentos

rotatórios ProTaper até o instrumento F3. Durante a irrigação final, os canais radiculares foram preenchidos com uma solução de NaOCl à 2,5 % e a P.U.I. foi realizada com um aparelho piezoelétrico. Um instrumento de aço inoxidável (tamanho #15) foi inserido no canal radicular e o irrigante foi ativado por ultrassom durante um minuto. Esta sequência foi repetida três vezes, resultando num total de 3 minutos de P.U.I. O volume de irrigante estruído foi mensurado por pipetas PIPETMAN. Os dados foram analisados estatisticamente com o teste de Mann-Whitney. Os resultados mostraram que o volume médio de irrigante estruído apicalmente foi de 2,15 µL para o grupo P.U.I. e 14 uL para o grupo controle. O grupo experimental estruiu quantidades significativamente menores de irrigante do que o grupo controle ($p < 0,05$). Os autores puderam concluir que o procedimento de P.U.I. apresentou menos extrusão apical da solução irrigante. Quando o inserto é ativado passivamente por ultrassom em um canal radicular durante três minutos, após instrumentação, resulta baixos riscos de extrusão apical da solução irrigadora.

FELVER et al. (2009) avaliaram, por meio de fotografia em meio de luminol e pelo aparelho “Cavimeter”, a cavitação (vibração) ocorrida ao redor de algumas pontas ultrassônicas periodontais. Utilizaram o aparelho de ultrassom (Mini Piezon, produzido pela Electro Medical Systems, Nyon, Switzerland) e três pontas periodontais usadas para remoção de cálculos sub e supra gengivais (Pontas A, P e PS). A cavitação foi confirmada pela emissão acústica analisada pelo “Cavimeter”. Um padrão de vibração nó/ante nó foi observada, com o deslocamento máximo de cada tipo de ponta que ocorrem na extremidade livre (ponta). Altos níveis de atividade de cavitação ocorreram em áreas que cercam os ventres de vibração, embora os menores níveis foram observados na extremidade livre das pontas. Também houve boa correlação entre a amplitude de vibração e a sono quimioluminescência em outros pontos ao longo das pontas. A análise do “Cavimeter” correlacionou bem com as observações da fotografia em meio de luminol, sugerindo principalmente a presença de cavitação transitória nas pontas estudadas.

GU et al. (2009) revisaram a literatura, por meio de artigos científicos em bases de dados, sobre os irrigantes e os métodos disponíveis para melhorar a eficácia do debridamento do sistema de canais radiculares. Relataram que houveram importantes avanços tecnológicos na última década frente aos sistemas de irrigação do canal radicular e que esses dispositivos podem ser divididos em

sistema de agitação manual e mecanicamente assistidos. São eles, manuais: seringa de irrigação com agulha e cânulas; brushes (escovas); agitação dinâmica manual (com o cone de guta percha) e mecânicos: rotary brushes (escovas rotatórios); contínua irrigação durante a instrumentação rotatória; ativação sônica; ativação ultrassônica (irrigação contínua e irrigação passiva); aparelhos de pressão alternada ou negativa. Em geral, eles parecem resultar em uma melhora da limpeza do canal quando comparado com a tradicional irrigação com agulha e seringa manual. Observaram também que apesar da infinidade de estudos “in vitro”, nenhum estudo bem-controlado está disponível na literatura. Isto levanta preocupações sobre a imperativa necessidade de estudos que possam avaliar de forma mais eficaz esses métodos específicos de irrigação usando, “debris” ou modelos de biofilme, padronizados. Além disso, nenhum estudo baseado em evidências está disponível correlacionando a clínica com a eficaz melhora nos tratamentos com o uso destes dispositivos. Assim, a questão, se estes dispositivos são realmente necessários, continua sem resposta. Concluíram que entender essas questões fundamentais são cruciais para cientistas e clínicos para melhorar o design e a facilidade de uso das gerações futuras desses sistemas de agitação e para os fabricantes poderem afirmar que esses sistemas desempenham um melhor papel na endodontia contemporânea.

KUAH et al. (2009) avaliaram por meio da MEV, a eficácia do EDTA à 17%, com e sem ultrassom em remover a camada de “smear” “in vitro”. Foram utilizados cento e cinco pré-molares extraídos. Os dentes foram padronizados em um comprimento de trabalho de 12 mm e foram divididos aleatoriamente em sete grupos de acordo com os diferentes protocolos de irrigação: G1 (5 mL de solução salina durante 3 min. com ultrassom); G2 (5 mL de NaOCl durante 3 min.); G3 (5 mL de NaOCl durante 3 min. com ultrassom); G4 (5 mL de EDTA durante 3 min.); G5 (5 mL de EDTA durante 3 min. com ultrassom); G6 (5 mL de EDTA durante 1 min.); G7 (5 mL de EDTA durante 1 min. com ultrassom). As amostras foram preparadas e examinadas em MEV para verificar a presença da camada de “smear” e remoção de “debris”. Os resultados mostraram que os grupos com EDTA associados ao uso com ultrassom tiveram significativamente mais espécimes com remoção completa de “debris” e da camada de “smear”. Não houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos 5 e 7. Os autores puderam concluir que 1 minuto de aplicação da

associação EDTA/ultrassom é eficiente para a remoção de “debris” e camada de “smear” na região apical do canal radicular.

VAN DER SLUIS; WU; WESSELINK (2009) compararam, o efeito do tempo de irrigação sobre a remoção de “debris” por meio de dois métodos ultrassônicos de irrigação passiva. Foram utilizados vinte caninos e os mesmos foram preparados de maneira padrão até o diâmetro final #20/10 (esta amostra $n=20$, foi utilizada nos 5 grupos experimentais, pelo fato do experimento não alterar dimensional nem estruturalmente o espécime). Após o preparo biomecânico as amostras foram divididas longitudinalmente formando duas metades iguais. Um sulco de 4 mm de comprimento, 0,2 mm de largura e 0,5 mm de profundidade foi confeccionado em cada uma das metades entre os 2 – 6 mm apicais, em seguida “debris” dentinários foram colocados de maneira que os sulcos fossem completamente preenchidos. As duas metades foram montadas e amostras foram aleatoriamente distribuídas nos grupos experimentais. Nos grupos de 1 a 4, o irrigante foi ativado por um instrumento #15/02 de 21 mm de comprimento à 1 mm aquém do comprimento de trabalho por um ultrassom piezoelétrico. Nos grupos 1 e 2 ($n=20$), os canais foram ativados 3 e 1,5 min. respectivamente, utilizando um fluxo contínuo de irrigante. Nos grupos 3 e 4 ($n=20$), o tempo de irrigação foi de 1 e 3 min. respectivamente, e os canais foram irrigados 3 vezes com auxílio de uma seringa (método de lavagem intermitente). No grupo 5 ($n=20$), os canais radiculares foram irrigados 3 vezes, utilizando uma seringa de irrigação. Os resultados demonstraram significativamente mais “debris” removidos quando o irrigante foi ativado por ultrassom ($p=.000$). Três min. de ativação contínua com ultrassom foi tão eficaz como 1 ou 3 min. de ativação intermitente ($p>0,05$). Três min. de ativação contínua por ultrassom foi mais eficaz que 1,5 min. ($p=0,005$). Os autores puderam concluir que 1 min. de ativação ultrassônica intermitente é tão eficaz na remoção de “debris” dentinários do canal radicular apical como 3 minutos de ativação ultrassônica contínua. Um minuto e meio de ativação contínua é menos eficiente do que 3 min. de ativação contínua.

ZELTNER; PETERS; PAQUÉ (2009) avaliaram as mudanças de temperatura durante a realização da P.U.I. com diferentes insertos e métodos de ativação. Três caninos superiores extraídos foram utilizados, os dentes foram preparados até o diâmetro final #45. Em seguida três termopares foram montados à 3; 6 e 9 mm de distância do forame apical. Os dentes foram colocados num banho de água à 37° C. Água destilada à 20° C foi continuamente entregue através de um aparelho de

ultrassom (G1) ou depositado no canal radicular antes da ativação ultrassônica (G2); para a ativação, foram utilizados insertos de: níquel titânio sem corte ou limas endodônticas de aço inoxidável tipo K #15, #25 e #35. Antes e durante a ativação ultrassônica as temperaturas foram medidas continuamente durante 210 segundos. A análise estatística foi realizada por meio de análise de variância. Os resultados mostraram que as temperaturas iniciais diminuíram até 7,4° C; esta perda de temperatura foi significativamente menor no G1 do que no G2 ($p < 0,001$) nos terços médio e apical. Os decréscimos foram seguidos por subidas de temperatura para todos os experimentos do G2. No entanto, no G1, as temperaturas apenas atingiram valores basais nos terços médio e apical; no terço coronário, temperaturas mais baixas foram mensuradas. No G2, os aumentos médios de temperatura foram de 7,7°; 7,5° e 4,2° para os terços coronário, médio e apical respectivamente. Neste estudo a lima tipo K de tamanho #35 gerou o maior e de tamanho #15 gerou o menor aumento de temperatura; insertos de NiTi foram mais eficazes que as limas tipo K #15 e menos eficazes do que #35. Os autores concluíram que o fluxo contínuo impediu o potencial do ultrassom em aquecer as soluções irrigadoras. A P.U.I. está associada com o aumento da temperatura da solução irrigante.

BOUTSIOUKIS et al. (2010) avaliaram, por meio da dinâmica computacional de fluídos, o efeito do diâmetro de preparação do canal radicular e o fluxo do irrigante final dentro do canal radicular, quando irrigados com seringa manual e dois tipos diferentes de agulhas. Um modelo de dinâmica computacional de fluidos foi validado para simular o fluxo do irrigante no interior do canal radicular, agulhas com saída de fluxo lateral e frontal foram utilizadas e posicionadas no interior do canal radicular, preparados até diferentes diâmetros: #25, #35, #45 e #55, todos com conicidade 0.06, à 3 mm aquém do comprimento de trabalho. Velocidade, pressão e tensão nas paredes dos canais radiculares foram avaliados. Os resultados mostraram que tamanhos diferentes de preparação apical resultaram em menores diferenças no padrão de fluxo no canal radicular. Foram observadas diferenças importantes entre os dois tipos de agulhas. A agulha com fluxo lateral não permitiu que o irrigante fosse substituído e alcançasse o comprimento de trabalho, mesmo em dentes com diâmetro de preparo 55/06. A agulha com fluxo frontal permitiu que houvesse substituição significativa do irrigante no comprimento de trabalho mesmo em preparações de diâmetros #35, #45 e #55 taper 0,06. A tensão máxima observada, do irrigante na parede do canal, diminuiu proporcionalmente com o

aumento da preparação apical, mas a agulha com saída de fluxo frontal permitiu maior pressão média no forame apical, entre tanto ambas as agulhas levaram a uma diminuição progressiva da pressão apical com o aumento do diâmetro de preparação apical. Os autores puderam concluir que o diâmetro da preparação apical afeta diretamente a substituição do irrigante e a pressão nas paredes no forame apical. Diâmetros de preparo maiores que #25 pareceu melhorar o desempenho de irrigação com seringa. Deve-se sempre manter um adequado espaço entre a agulha e a parede do canal para assegurar o fluxo reverso eficaz do irrigante em direção a embocadura do canal.

DE-MOOR et al. (2010) avaliaram a eficácia da irrigação ativada com laser (LAI) em comparação com a P.U.I., na remoção de “debris” dentinários artificialmente colocados no canal radicular. Foram utilizados tempos de ativação da irrigação previamente propostos para LAI (4X de 5 segundos) e para P.U.I. (3X de 20 segundos). Os espécimes (100 caninos superiores, com raízes retas) foram preparados com instrumentos ProFile até o diâmetro final 40/06, divididas ao meio simetricamente e sulcos de 0,2 mm de largura x 0,5 mm espessura x 4 mm de comprimento, entre os 2 e 6 mm apicais, foram confeccionados. Estes sulcos foram preenchidos com “debris” de dentina e as raízes foram remontadas. As amostras foram aleatoriamente divididas em cinco grupos: G1 (Irrigação manual durante 20 segundos com NaOCl à 2,5%, (CI)); G2 (P.U.I. executado uma vez com 20 s com inserto Irrisafe (P.U.I. 1)); G3 (P.U.I. executado 3 x com 20 s cada com Irrisafe (P.U.I. 2)); G4 (LAI com o Er, Cr: YSGG e Z2 (200 mm) ponta Endolase a 75 mJ por 4x 5 s (IAF 1)); G5 (LAI com o laser Er: YAG laser e uma fibra endodôntica de 200 mm a 75 mJ por 4x 5 s (LAI 2)). Imagens a partir do sulco foram realizadas antes e após a irrigação. A quantidade de “debris” dentinários no sulco foi avaliada. Os resultados mostraram diferenças estatisticamente significantes ($p < 0,05$) entre a CI e todos os outros grupos e entre P.U.I. 1 e os outros grupos. Os autores puderam concluir que as técnicas que utilizam LAI lasers de érbio (Er: YAG ou Er, Cr: YSGG) por 20 segundos (4x 5 segundos) são tão eficazes como com a P.U.I. intermitente (3 x de 20 segundos).

GREGORIO et al. (2010) avaliaram “in vitro”, a eficácia de diferentes sistemas de irrigação em promover a penetração do NaOCl em canais laterais simulados próximo ao comprimento de trabalho. Cem dentes unirradiculares foram usados neste estudo. Um total de 600 canais laterais simulados foram criados, 6 em cada

dente, com 2 canais laterais a 2; 4,5 e 6 mm do comprimento de trabalho. Para assemelhar-se a situação clínica, um sistema fechado foi criado a partir do revestimento de cada raiz com cera. As raízes foram aleatoriamente distribuídas em 4 grupos: G1 (Endoactivator); G2 (P.U.I.); G3 (Lima F); G4 (Pressão apical negativa (ANP)); o grupo controle foi realizado com pressão positiva a partir de seringa e agulha manual. As amostras foram avaliadas por observação direta das imagens gravadas sob o microscópio. Os resultados mostraram que o G4 foi superior a atingir o comprimento de trabalho, e o G2 foi o mais eficaz na penetração da solução irrigadora nos canais laterais simulados. Os autores concluíram que o G4 demonstrou limitada ativação do irrigante em canais laterais, mas chegou ao comprimento de trabalho significativamente mais do que os outros grupos testados. Em contraste, o G2 demonstrou significativamente mais penetração do irrigante nos canais laterais, mas não até o comprimento de trabalho.

HAAPASALO (2010) revisou, no presente artigo, os procedimentos químicos, biológicos e métodos de irrigação seguros, fornecendo informações de ponta sobre a evolução dos mais recentes métodos. Relatou que o principal objetivo da instrumentação é promover uma eficaz sanificação e obturação do canal radicular. Diversos estudos veem utilizando técnicas avançadas como μ CT e demonstraram que, proporcionalmente, grandes áreas das paredes do canal principal permanecem intocadas pelos instrumentos, enfatizando a importância de meios químicos de limpeza e sanificação para todas as áreas do canal radicular. Não há solução de irrigação única que por si só seja suficiente para abranger todas as funções necessárias de um irrigante. Uma irrigação ótima é baseada na combinação de duas ou várias soluções irrigantes, numa sequência específica, para se obter o objetivo previsível de uma irrigação segura e eficaz. Irrigantes têm sido tradicionalmente entregues no espaço do canal radicular usando seringas e agulhas de metal de diferentes tamanhos e design de ponta. A experiência clínica e de pesquisa têm mostrado, no entanto, que esta abordagem clássica normalmente resulta em uma irrigação ineficaz, particularmente nas zonas periféricas, como anastomoses entre canais, aletas, istmos e na parte mais apical do canal radicular principal. Portanto, muitos dos compostos utilizados para a irrigação têm sido quimicamente modificados e vários dispositivos mecânicos têm sido desenvolvidos para melhorar a penetração e eficácia da irrigação.

JIANG et al. (2010) avaliaram se a direção oscilatória do inserto impulsionado ultrassonicamente têm influência sobre a remoção de restos de dentina em sulcos produzidos artificialmente dentro do canal radicular. Vinte caninos foram selecionados e padronizados com 15 mm de comprimento. Os dentes foram incluídos em resina e posteriormente seccionados ao meio. Em seguida houve a confecção de um sulco de 0,2 mm de largura x 0,5 mm de profundidade x 4 mm de comprimento na porção apical de cada metade da raiz, que foram preenchidas com “debris” dentinários. As amostras foram submetidas a P.U.I. repetidamente, seja com o inserto oscilando em direção ao sulco ou com o inserto oscilando perpendicular ao sulco. Depois de cada procedimento de ativação da solução irrigadora, a quantidade de “debris” de dentina no sulco foi avaliada por meio de fotografias do sulco confeccionado. As oscilações do inserto ultrassônico também foram visualizados “in vitro”, utilizando imagens de alta velocidade em uma escala de tempo relevante para o processo de limpeza, 10 microssegundos. Os resultados demonstraram que houve mais redução de “debris” dentinários com a oscilação em direção ao sulco ($p=0,002$). As imagens de alta velocidade mostraram que a oscilação do inserto está em um único plano, resultando em jatos de alta velocidade emanados a partir da ponta do inserto na direção das oscilações. Os autores concluíram que a oscilação do inserto ultrassônico impulsionado em direção ao sulco é mais eficaz na remoção de “debris” do que quando está posicionado perpendicularmente ao sulco, o que pode estar relacionado com o fato de existir um jato de alta velocidade a partir da ponta do inserto em uma única direção, seguindo a oscilação do inserto e um fluxo relativamente lento na direção perpendicular.

TAY et al. (2010) examinaram o efeito do bloqueio pela bolha na eficácia do debridamento do canal radicular. Testaram a hipótese nula de que não existe diferença entre um sistema “fechado” e um “aberto” para promover a remoção de “debris” e da camada de “smear”, usando uma agulha com bisel lateral para o depósito do irrigante. Os autores simularam dois sistemas para a realização do prepara biomecânico. No sistema “fechado” as raízes foram seladas com uma cola quente que restringia o fluxo do fluido através do forame apical. No sistema “aberto” o forame apical foi dilatado e conectado ao ambiente externo por meio de um tubo para permitir o escoamento do irrigante. Em seguida os dentes foram preparados para MEV e escores foram atribuídos para se verificar a presença e ausência da camada de “smear” e “debris”. Os resultados mostraram que não houve diferença

estatisticamente significativa em relação à remoção da camada de “smear” entre os dois sistemas independentemente do terço do canal estudado. Já em relação a remoção de “debris” verificou-se diferença estatisticamente significativa entre os dois sistemas para todos os terços dos canais estudados: coronário ($p < 0,001$); médio ($p < 0,001$) e apical ($p < 0,001$). Os autores concluíram que a hipótese nula foi rejeitada; a presença de um bloqueio por uma bolha no terço apical afeta negativamente a eficácia do debridamento. Assim, os estudos que não especificam ou não elucidam completamente os mecanismos para restrição do fluxo de irrigante através do forame apical, têm de ser interpretados com cautela.

VIOLICH; CHANDLER (2010) realizaram, por meio de 408 trabalhos divulgados no PubMed, uma revisão de literatura, focando a relevância da camada de “smear” para a Endodontia. Os autores afirmaram que a instrumentação do canal radicular produz uma camada de material orgânico e inorgânico chamada de camada de “smear” que também pode conter bactérias e seus subprodutos. Esta camada cobre as paredes radiculares instrumentadas e pode impedir a penetração de medicamentos intracanaís nos túbulos dentinários e interferir com a adaptação de materiais obturadores. Relataram que a remoção da camada de “smear” reforça a desinfecção do canal radicular e que, dentre os métodos atuais empregados para essa finalidade (química, ultrassom e técnicas utilizando laser), nenhum é totalmente eficaz. A maioria dos trabalhos recomenda o uso do EDTA alternado com NaOCl para a limpeza final do canal.

SABER; HASHEM (2011) avaliaram, por meio de MEV, a eficácia de diferentes métodos de ativação da irrigação final na remoção da camada de “smear”. Utilizaram como métodos a ativação final do irrigante com pressão negativa apical (EndoVac); agitação dinâmica manual com cone de guta percha (AMD) e P.U.I. Foram selecionados quarenta pré-molares inferiores humanos unirradulares que tiveram suas coroas removidas, sendo padronizados em 16 mm de comprimento. Os dentes foram submetidos ao preparo biomecânico com sistema rotatório ProTaper até o instrumento final F4 em associação ao NaOCl à 2,5 %. Os espécimes foram então divididos aleatoriamente em 4 grupos ($n=10$) de acordo com o método de irrigação final: G1 (Irrigação passiva); G2 (EndoVac); G3 (AMD); G4 (P.U.I.). As amostras foram divididas longitudinalmente e a presença da camada de “smear” foi examinada sob MEV. Os resultados mostraram que o G1 e G4 tiveram as maiores pontuações para presença da camada de “smear”, sem diferença significativa. Em

seguida o G3 e por fim o G2 que mostrou de forma estatisticamente significativa menor pontuação para presença da camada de “smear” ($p<0,05$). Os autores puderam concluir que os métodos de ativação final do irrigante (G3 e G2) resultaram em melhor remoção da camada de “smear” do que os G1 e G4.

VERA; ARIAS; ROMERO (2011) avaliaram, se o uso de um instrumento para executar a patência apical está relacionado com a permeabilidade do forame, por meio da presença de uma solução irrigante radiopaca no terço apical após a realização da P.U.I. Quarenta canais humanos foram aleatoriamente divididos em dois grupos. G1 (sem patência apical, NP); G2 (com patência apical, P). Para a realização da patência um instrumento manual tipo K #10 foi levado, constantemente, ao comprimento de 1 mm além do comprimento de trabalho. Em ambos os grupos, os canais foram preparados com o sistema ProTaper. A irrigação foi realizada com 1 mL de uma solução preparada de 5,25 % de NaOCl + um contraste radiopaco. Em seguida, foi realizada a P.U.I. Imagens radiográficas digitais foram realizadas e um leitor calibrado determinou a presença ou ausência da solução irrigadora no terço apical. Os resultados mostraram que houve diferenças significativas do irrigante no terço apical após P.U.I. quando a patência apical foi mantida ($p=0,02$). Os autores puderam concluir que manter a desobstrução do forame apical e em seguida realizar P.U.I. melhora a entrega do irrigante no terço apical de canais radiculares humanos.

VERSIANI; PÉCORA; SOUSA-NETO (2011) compararam, por meio de μ CT, o preparo promovido pelo sistema SAF® e pelo sistema rotatório k3 em canais achatados. Quarenta incisivos inferiores foram submetidos a μ CT antes e após o preparo biomecânico com os diferentes sistemas. Os valores do volume canal, área de superfície e geometria transversal foram comparadas antes e depois do preparo biomecânico. Os autores observaram que, em geral, não houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos ($p>0,05$), no entanto, o sistema rotatório apresentou mais áreas não tocadas pelo instrumento. Puderam concluir que o sistema SAF® proporciona um canal mais homogêneo e circunferencialmente preparado, principalmente no terço cervical. Observaram ainda que o diâmetro, no terço apical, após o preparo com o sistema SAF® foi equivalente àqueles canais preparados com um instrumento rotatório #40.02.

YILMAZ et al. (2011) avaliaram o efeito do pH e a temperatura sobre as variações da tensão superficial de soluções de EDTA. Foram utilizadas três

soluções, EDTA 17%, REDTA, e EDTA-T, as soluções foram preparadas e ajustadas para o pH de 5,5, 7,5, e 10,5. A tensão superficial das soluções teste foi medida à 22° C pela técnica da gota pendente, e esta mensuração foi repetida após o aquecimento da solução à 37° C. As diferenças entre os grupos experimentais foram analisadas estatisticamente pelo teste Bonferroni. Os resultados mostraram diferenças significativas nos valores da tensão superficial das diferentes soluções, dependendo do pH e temperatura ($p < 0,001$). O nível da tensão superficial da solução de EDTA diminuiu dramaticamente quando o tensoativo foi adicionado a uma solução de EDTA em ambos pH e nas variações de temperatura ($p < 0,001$). O aumento da temperatura alterou significativamente a tensão superficial das soluções de EDTA para o pH de 5,5 e de 7,5 e para a solução de REDTA a um pH de 10,5 ($p < 0,01$). Os autores concluíram que a tensão superficial do EDTA com e sem tensoativo é influenciado pelo pH e temperatura.

BEUS et al. (2012) realizaram um estudo clínico randomizado, onde compararam a efetividade de dois protocolos de irrigação endodônticos na eliminação de bactérias no canal radicular. Cinquenta pacientes, com necessidade de tratamento endodôntico em dente posterior com polpa mortificada e periodontite apical, foram selecionados. Como protocolo padrão utilizou-se a técnica não cirúrgica realizada em duas sessões usando Ca(OH)_2 intra canal como medicamento. Os dentes foram aleatoriamente divididos conforme o protocolo de irrigação G1 (seringa convencional); G2 (P.U.I.) na primeira visita após a instrumentação completa. As culturas bacterianas foram obtidas em 4 períodos durante o tratamento dos canais: (1) antes da instrumentação, (2) após o protocolo de irrigação, (3) após a medicação com Ca(OH)_2 e (4) antes da obturação. A análise estatística foi realizada usando o teste exato de Fisher e análise multivariada. Os resultados mostraram que o G1 e G2 tiveram canais 80% e 84% livre de bactérias, respectivamente, no final da primeira visita. Depois da medicação com Ca(OH)_2 a amostra total (G1 + G2) tinha aumentado para 87% livre de bactérias, e após a instrumentação da segunda visita resultou em um total de 91% livre de bactérias. Estas diferenças não foram significativas ($p > 0,05$). Os autores puderam concluir que não houve diferença estatística entre os métodos de irrigação. Cada protocolo resultou em uma alta frequência de culturas negativas. Esta alta frequência de culturas negativas obtidas em uma única sessão está provavelmente relacionada a

um aumento do volume e da profundidade de irrigação em comparação com protocolos anteriores relatados.

CASTELO-BRAZ et al. (2012) compararam “in vitro”, por meio da técnica da diafanização, os efeitos de duas técnicas de irrigação ultrassônica sobre a penetração de NaOCl no canal principal e em canais laterais simulados. Sessenta dentes unirradiculares foram utilizados e canais simulados foram confeccionados aos 2, 4 e 6 mm aquém do comprimento de trabalho (6 canais / dente, n = 360). Para assemelhar-se a situação clínica, um sistema que propiciou o fechamento do ápice foi criado em cada dente. Os dentes foram divididos aleatoriamente em 3 grupos experimentais, de acordo com a técnica de irrigação: G1 (irrigação de pressão positiva (PPI)); G2 (PUI) e G3 (CUI). As amostras foram avaliadas por observação direta das imagens geradas, sob operação de um microscópio. Para examinar a penetração da solução, 20% de tinta nanquim foi adicionada a solução de NaOCl 5% e entregue nos canais radiculares. Os resultados mostraram uma maior penetração da solução irrigante nos canais laterais no G3 ($p < 0,05$). G2 e G3 não diferiram significativamente na penetração da solução no terço apical do canal principal. O G1 mostrou uma penetração significativamente menor da solução para os canais principal e laterais em comparação com o G3 e G2. Os autores concluíram que G3 aumentou significativamente a penetração de solução irrigadora nos canais laterais simulados.

MALENTACCA et al. (2012) avaliaram “in vitro” a eficácia e segurança de vários dispositivos de irrigação quando utilizados com pressão positiva e negativa. Os seguintes sistemas foram testados: P.U.I.; EndoVac e Agulha de irrigação ultrassônica (ProUltra) usada tanto no modo de injeção como de irrigação. Para o grupo controle foi utilizada irrigação tradicional com seringa e agulha de ventilação lateral. Um modelo de resina foi usado com 4 canais laterais (respectivamente a 2, 5, 8 e 11 mm do forame apical) preenchidos com polpa bovina corada com fucsina. O modelo incluiu também uma câmara de 2 mm que ficou em comunicação com o forame apical, novamente preenchido com polpa bovina, para permitir a medição da extrusão de NaOCl para além do ápice dental. Os resultados mostraram que em relação a eficácia, os sistemas mais eficazes foram considerados aqueles que utilizam a agulha ultrassônica, quer nos modos de aspiração ou de injeção (ProUltra). EndoVac foi o menos efetivo. Por outro lado, ProUltra no modo de injeção traz o maior risco no que diz respeito a extrusão de NaOCl para além do forame

apical. EndoVac foi o mais seguro, mas apenas por uma pequena margem em comparação com ProUltra no modo irrigação e P.U.I. Os autores concluíram neste estudo que o sistema que melhor concilia eficácia e segurança é o sistema ProUltra no modo irrigação.

MOZO; LLENA; FORNER (2012) realizaram uma revisão de literatura resumindo e discutindo as informações disponíveis sobre irrigação ultrassônica em endodontia. Os autores apresentaram uma visão geral dos métodos de irrigação por meio de ultrassom e sua eficácia no debridamento do canal radicular, por meio de artigos listados no MEDLINE e Cochrane. Relataram que o uso do ultrassom nos procedimentos de irrigação melhora a limpeza do canal, transferem melhor o irrigante para o sistema de canais, melhorando o debridamento de tecidos moles, a remoção da camada de “smear” e microrganismos. Há muitos estudos “in vitro”, mas há a necessidade de se padronizar os protocolos, e correlacionar a eficácia clínica dos dispositivos ultrassônicos com melhores resultados do tratamento. A compreensão da base de irrigação por ultrassom é fundamental para clínicos e pesquisadores para melhorar a concepção e utilização de irrigação por ultrassom. Os autores puderam concluir que a técnica mais aconselhável para o uso clínico é o de complementar a irrigação convencional com seringa, na fase inicial de preparação do canal, com uma fase final de P.U.I. intermitente, após a preparação do sistema de canal radicular. A combinação de irrigação convencional em conjunto com a P.U.I. facilita e melhora a eliminação de bactérias e a camada de “smear” em todo o sistema de canais, contribuindo assim para maiores taxas de sucesso para o tratamento endodôntico.

MUNOZ; CAMACHO-CUADRA (2012) compararam a eficácia da irrigação com seringa e agulha, convencional em endodontia, com a P.U.I. e o sistema de pressão negativa (EndoVac) em fazer a solução irrigante chegar até o comprimento de trabalho em canais mesiais de molares inferiores. Trinta canais mesiais de primeiros ou segundos molares inferiores, com polpa vital foram utilizados. Os dentes foram aleatoriamente divididos em 3 grupos de acordo com o método de irrigação: G1 (Seringa e agulha); G2 (P.U.I. com IrriSafe) e G3 (EndoVac). Todos os canais foram tratados com o mesmo protocolo de preparação até o diâmetro final 35/04, usando 5,25% NaOCl como irrigante durante o procedimento de preparação. Antes de obturação, os canais foram irrigados com 1 mL de uma solução radiopaca usando os diferentes sistemas de irrigação e uma radiografia digital foi realizada.

Com a ajuda de um software de edição de imagens, a distância entre o máximo de penetração da solução e o comprimento de trabalho foi mensurada. Os resultados mostraram que a média das distâncias para G1, G2 e G3 foram, respectivamente, 1,51; 0,21; 0,42 mm. As análises indicaram diferenças estatisticamente significativa entre os grupos ($p < 0,001$). O teste de Tukey mostrou diferenças estatisticamente significativas entre o G1 e os outros 2 grupos ($p < 0,001$), mas não há diferenças significativas entre G2 e G3 ($p = 0,06$). Os autores puderam concluir que a P.U.I. e o EndoVac são mais eficazes do que a irrigação endodôntica convencional, com seringa e agulha, em levar a solução irrigante até o comprimento de trabalho.

PAIVA et al. (2012) avaliaram “in vivo”, por meio da contagem de unidade formadora de colônia (UFC) e reação de polimerase em cadeia (PCR), a capacidade de duas diferentes abordagens para complementar os efeitos antimicrobianos do preparo químico-mecânico em canais radiculares infectados. Amostras de canais radiculares necrosados, de dentes com periodontite apical, foram verificadas inicialmente (S1); após a preparação com sistema rotatório BioRaCe e irrigação com NaOCl à 2,5% (S2); e após P.U.I. com NaOCl à 2,5% ($n=13$) ou irrigação final com CHX à 2% ($n=14$) (S3). A incidência de cultura positiva para bactérias e fungos, bem como a PCR, para bactérias, fungos e archaea foram determinadas. Os resultados mostraram que todas as amostras (S1) foram positivas para as bactérias em todos os métodos. Fungos não foram detectados, e archaea ocorreu em apenas uma amostra (S1). Os procedimentos de tratamento foram significativamente eficazes na redução da incidência de cultura positiva e para os resultados da PCR. Embora ambas as abordagens complementares reduziram a incidência de resultados bacteriológicos positivos, quando comparados com as amostras após a instrumentação, a redução não foi estatisticamente significativa ($p > 0,05$). Não houve diferença significativa entre os grupos comparados ($p > 0,05$). Os autores puderam concluir que embora a desinfecção complementar com NaOCl associado a P.U.I. ou a irrigação final com CHX pôde reduzir o número de casos com resultados de cultura positiva e PCR para bactérias, muitos casos ainda permanecem com bactérias detectáveis no canal radicular principal. Investigações sobre alternativas, métodos complementares ou substâncias antimicrobianas devem ser incentivadas.

RIBEIRO et al. (2012) avaliaram, por meio de MEV, a remoção de “debris” e da camada de “smear”, em canais radiculares achatados, após o uso de diferentes protocolos de irrigação. Foram utilizados cinquenta incisivos inferiores preparados

pela técnica crow-down por meio dos instrumentos K3 até o diâmetro final 35/02. Em seguida os dentes foram aleatoriamente distribuídos em cinco grupos (n=10) de acordo com o protocolo de agitação do irrigante, usado durante o preparo biomecânico. G1 (irrigação com seringa convencional agulha NavTip sem agitação); G2 (Irrigação ativa com agulha NavTip FX); G3 (agitação dinâmica manual com cone de guta percha); G4 (irrigação ultrassônica passiva contínua) e G5 (sistema EndoVac). Os canais foram irrigados com 5 mL de 5,25% de NaOCl em cada mudança de instrumento e recebeu uma irrigação final com EDTA a 17% durante 1 min. Depois da instrumentação, as raízes foram preparadas para MEV sendo divididas longitudinalmente e realizadas fotomicrografias em 100X e 1000X de aumento para avaliação da quantidade de “debris” e da camada de “smear” em cada terço do canal radicular respectivamente. Os dados foram analisados pelo teste de Kruskal-Wallis e Testes post-hoc de Dunn ($p=0,05$). Os resultados mostraram que a agitação dinâmica manual deixou significativamente ($p<0,05$) mais “debris” no interior dos canais radiculares do que os outros protocolos, enquanto a irrigação ultrassônica e o sistema EndoVac foram os mais eficazes ($p<0,05$) para a remoção de “debris”. Em relação à camada de “smear”, não houve diferença estatisticamente significativa ($p>0,05$) entre ambos os protocolos de agitação ou entre os irrigantes. Os autores puderam concluir que embora nenhum dos protocolos de agitação do irrigante pôde remover completamente os “debris” e a camada de “smear” em canais radiculares achatados, os sistemas mecânicos de agitação (Ultrassom e EndoVac) promoveram maior limpeza do que as técnicas manuais.

SINGH; RAO; CHANDRASHEKAR (2012) compararam “in vitro”, por meio de MEV, a profundidade de penetração de dois cimentos obturadores endodônticos nos canais radiculares, após a remoção da camada de “smear” pela P.U.I. Foram selecionados trinta incisivos centrais recém extraídos. Os dentes tiveram suas coroas removidas, o comprimento de trabalho foi estabelecido e o diâmetro do preparo biomecânico foi de #40. Cada uma das raízes foi submetida a P.U.I. com NaOCl à 2,5%. Três diferentes cimentos e cones de guta percha foram utilizados para obturação. As raízes foram seccionadas usando micrótomo de tecido duro. Estas secções foram aurificadas e examinadas em MEV. Os resultados foram obtidos e analisados estatisticamente pelos testes de Mann-Whitney e Kruskal-Wallis. Houve diferença estatisticamente significativa entre o cimento AH Plus; Resino Seal e óxido de zinco e eugenol. Os autores puderam concluir que o cimento

AH Plus teve a maior profundidade de penetração nos túbulos dentinários do que os outros cimentos testados. O fato da penetração do cimento obturador nos túbulos dentinários aumenta a interface entre o material obturador e a dentina podendo influenciar em melhor capacidade de vedação e também de obturação.

VERHAAGEN et al. (2012) avaliaram, por meio da validação de um modelo numérico, as características de oscilação de diferentes insertos utilizados em endodontia. Os autores relataram que durante o tratamento endodôntico, um irrigante é injetado no canal radicular com o intuito de se erradicar os microrganismos presentes. A agitação do irrigante, vibrando um inserto ultrassônico, resulta em uma significativa melhora na eficácia da limpeza quando comparado ao método de irrigação da seringa convencional. A análise numérica das características de oscilação do inserto, mostrou um padrão sinusoidal de onda, com um aumento na amplitude e diminuição no comprimento de onda em direção a extremidade livre do inserto. Na prática clínica, é provável que ocorra o contato do inserto com a parede do canal radicular. Medições preliminares demonstraram que este contato, no entanto, conduz a um comportamento favorável do inserto, que inclui ondas viajantes e frequências secundárias. Os autores concluíram que medições da oscilação do inserto por meio de um programa de digitalização a laser permitiu boa concordância com a simulação numérica. O modelo numérico para verificação da oscilação do inserto endodôntico tem bom potencial para prever o padrão de oscilação e probabilidade de vários tipos de fraturas durante a P.U.I.

BHARDWAJ et al. (2013) avaliaram a eficácia de alguns irrigantes naturais, extrato de morinda citrifolia (MCJ), aloe vera e própolis em comparação ao NaOCl 1% com realização da P.U.I., para a remoção de biofilmes de *E. faecalis* intra radiculares em dentes humanos. Sessenta dentes recém extraídos foram selecionados e preparados com brocas GG e ProTaper F3. Os biofilmes de *E. faecalis* foram cultivados nas paredes do canal radicular preparados, das 60 metades de raiz seccionadas longitudinalmente. Estas metades das raízes foram remontadas e as amostras foram divididas aleatoriamente em cinco grupos de doze espécimes cada. Os grupos foram: G1 (NaOCl 1%); G2 (MCJ); G3 (Aloe vera); G4 (Própolis) e G5 (Solução salina). Todos os grupos foram tratados com P.U.I., juntamente com os respectivos irrigantes. As metades de raízes foram processadas para MEV e três imagens, respectivamente para os terços coronário, médio e apical, foram realizados para cada amostra. As imagens foram randomizadas e a cobertura

do biofilme foi avaliada de forma independente por três examinadores calibrados, utilizando um sistema de pontuação de quatro pontos. Os resultados mostraram que o G1 foi eficaz na remoção completa do biofilme de *E. faecalis* e foi superior aos irrigantes naturais MCJ, Aloe vera e própolis testados neste estudo. Os autores concluíram que NaOCl 1% associado com P.U.I. foi eficaz na remoção total do biofilme de *E. faecalis* quando comparado com irrigantes naturais (MCJ, aloe vera e própolis).

BITTER et al. (2013) investigaram os efeitos de diferentes protocolos de irrigação (IPs) sobre a parede dentinária para melhorar a resistência de união intra radicular de pinos de fibra de vidro. Cento e cinquenta dentes anteriores humanos extraídos foram tratados endodônticamente e divididos em três grupos ($n = 50$). O espaço para colocação do pino de fibra foi irrigado antes da colocação utilizando cinco diferentes IPs: G1 (controle, 5 ml de água destilada); G2 (NaOCl 5,25 % + P.U.I.); G3 (NaOCl 1 % + P.U.I.); G4 (EDTA 18 % seguido de NaOCl a 5,25%) e G5 (Clorexidina 2 %). Foram utilizados três diferentes adesivos para a colocação dos pinos de fibra em cada um dos grupos. O sistema adesivo Self-etch revelou maior resistência de união ($16,2 \pm 6,9$ MPa), em comparação com um adesivo Etch-and-rinse ($8,5 \pm 4,2$ MPa) e um cimento resinoso auto-adesivo ($9,2 \pm 4,7$ MPa). A utilização de EDTA 18 % seguido de NaOCl 5,25 % aumentou a resistência de união do cimento resinoso auto-adesivo. Por outro lado, este PI, diminuiu a resistência de união para o sistema adesivo etch-and-rinse, ao passo que NaOCl 1% aumentou a resistência de união para o mesmo sistema. Os autores concluíram que cada adesivo pode necessitar de uma estratégia individual de IP para desempenhar uma boa resistência de união.

BOUTSIUKIS et al. (2013) quantificaram, em um modelo que simula o canal radicular, o contato do inserto na parede do canal durante a ativação ultrassônica do irrigante; também avaliaram o tipo do irrigante, o efeito do diâmetro de preparo do canal, profundidade de inserção do inserto, energia ultrassônica, e treinamento prévio. Para verificação do contato do inserto, durante a ativação da solução irrigante na parede do canal radicular 15 operadores treinados e 15 operadores não treinados foram divididos em dois grupos. Os resultados foram analisados pelo teste Anova. O nível de significância foi fixado em $p < 0,05$. Além disso, as visualizações de alta velocidade, medições a laser-Vibrômetro e simulações numéricas da oscilação do inserto foram realizadas. Os resultados demonstraram que o contato do inserto

na parede do canal ocorreu em todos os casos durante pelo menos 20% do tempo de ativação. O contato foi significativamente menor em alta potência ($p<0,001$), quando o inserto foi colocado afastado do comprimento de trabalho ($p<0,001$), no canal mais amplo ($p<0,001$) e na direção do terço coronário em direção ao terço apical do canal radicular ($p<0,002$), na maioria dos casos estudados. O treinamento prévio do operador não mostrou um efeito significativo consistente em relação ao operador não treinado. A oscilação do inserto foi afetada pelo contato durante 94% do tempo de ativação. Durante o contato com a parede, o inserto saltou para trás e para frente contra a parede em frequências audíveis (cerca de 5 kHz), mas ainda realizava as oscilações originais 30 KHz. A oscilação do inserto não foi completa devido ao contato com a parede, mas uma cavitação hidrodinâmica considerável foi detectada. Os autores puderam concluir que o inserto permaneceu consideravelmente em contato com a parede durante a ativação do irrigante, portanto o termo irrigação ultrassônica passiva deveria ser alterado para irrigação ultrassonicamente ativada.

CACHOVAN et al. (2013) compararam “in vitro” o efeito bactericida, por meio da contagem de unidades formadoras de colônia, de dois sistemas de irrigação endodôntica: Sistema hidrodinâmico e P.U.I. Utilizaram 250 dentes unirradiculares extraídos que foram contaminados com suspensões de *Enterococcus faecalis*, culturas aeróbias mistas ou misturado com culturas anaeróbias. Primeiramente os sistemas de irrigação foram comparados, 100 dentes foram divididos em 4 grupos: G1 (Controle); G2 (Irrigação manual com 5 mL de soro); G3 (P.U.I. com 5 mL de soro) e G4 (Sistema hidrodinâmico com 5 mL de soro), e as unidades formadoras de colônias foram contadas. Em segundo lugar, utilizaram-se os dois sistemas de irrigação com diferentes soluções irrigadoras. Os 150 dentes restantes foram divididos em 5 grupos com 1,5 % de NaOCl sozinho ou com a associação de 1,5 % de NaOCl + 0,2% de CHX. As unidades formadoras de colônias para as amostras tratadas e não tratadas foram determinadas durante um período de 5 dias. Os resultados mostraram que ambos os sistemas de irrigação reduziram o número de bactérias de forma mais eficaz do que o sistema manual de irrigação ($p<0,001$). Com soro, a P.U.I. reduziu a contagem bacteriana significativamente melhor do que o sistema hidrodinâmico de irrigação ($p=0,042$). O NaOCl associado a CHX foi mais eficaz do que o NaOCl sozinho em ambos os sistemas ($p<0,001$), mas o sistema hidrodinâmico de irrigação foi mais eficaz com a associação de NaOCl + CHX do

que a P.U.I. Os autores puderam concluir que ambos os sistemas de irrigação, quando combinados com a associação de NaOCl + CHX, removem melhor as bactérias dos canais radiculares.

CAPAR; AYDINBELGE (2013) avaliaram, por meio de MEV-EDS (espectrômetro de energia dispersiva), os teores de minerais da parede de dentina do canal radicular após o tratamento endodôntico com diferentes protocolos de irrigação ou ativação da solução irrigadora. Cento e oito incisivos laterais superiores foram aleatoriamente divididos em oito grupos experimentais e um grupo controle. Os canais radiculares foram preparados usando o sistema rotatório ProTaper, com exceção do grupo preparado pela lima SAF. Os canais foram irrigados com 2 mL de NaOCl à 5 % a cada mudança de instrumento e receberam uma irrigação final com 10 mL de EDTA 17 % e 10 mL de NaOCl à 5 % por 1 min. O grupo controle foi irrigado com água destilada. G1 (Seringa e agulha de irrigação); G2 (NavTip FX); G3 (CanalBrush); G4 (ativação dinâmica manual com cone de guta percha); G5 (P.U.I.); G6 (EndoActivator); G7 (EndoVac) e G8 (SAF). As amostras foram preparadas para MEV-EDS a onde foi analisado o nível de composição elementar dos minerais dentinários. Os resultados foram então analisados estatisticamente pelo One-way ANOVA e Tukey mostrando que a relação de Ca/P foi alterada após o tratamento com SAF e EndoActivator. Os níveis de Ca, P, Mg, S, não foram estatisticamente significativos ($p>0,05$). Os autores puderam concluir que os diferentes protocolos de ativação da irrigação final não alteram os níveis de mineral da superfície radicular de dentina.

CASTAGNA et al. (2013) avaliaram, por meio da MEV, a eficácia da P.U.I. na remoção da camada de “smear” e de restos de dentina nas paredes do canal radicular. Foram utilizados 25 incisivos bovinos, os dentes foram preparados até o diâmetro final #60 por meio de técnica manual e então divididos aleatoriamente em três grupos de acordo com o protocolo final de irrigação. G1- EDTA (12 mL de EDTA 17% por 3 min. + 5 mL de NaOCl 2,5%); G2- EDTA/P.U.I. (3 ciclos de 30 segundos de 4 mL de EDTA 17% + 5 mL de NaOCl 2,5%); G3- Controle (sem irrigação de EDTA 17% e P.U.I., apenas 17 mL de NaOCl 2,5%). Em seguida os dentes foram preparados e submetidos a MEV para determinação da presença ou ausência da camada de “smear” e detritos de dentina. Os resultados mostraram que a comparação intra grupo revelou que o protocolo de EDTA/P.U.I. removeu uma maior quantidade de detritos no terço cervical ($p=0.03$). A análise intergrupo revelou que

EDTA/P.U.I. apresentou a menor quantidade de detritos no terço cervical ($p=0.007$). A camada de “smear” foi maior no grupo controle em comparação com o EDTA e EDTA/P.U.I., mas apenas no terço cervical ($p=0.02$). Nenhum dos protocolos de irrigação final removeu completamente a camada de “smear” e detritos dentinários. Os autores concluíram que a P.U.I. não melhorou a remoção da camada de “smear” em comparação a remoção promovida apenas pelo EDTA. Além disso, os escores de “smear” foram semelhantes, independentemente do terço do canal radicular após os protocolos de irrigação finais. Por outro lado, EDTA/P.U.I. removeu significativamente mais detritos no terço cervical em comparação com apenas EDTA.

COHENCA et al. (2013) avaliaram, por meio da contagem de UFC a eficácia da irrigação por pressão apical negativa (ANP), P.U.I. e irrigação por pressão positiva (PP), na redução do número de bactérias presentes nos canais radiculares de dentes de cães com necrose pulpar e lesão periapical. Um total de 80 canais radiculares foram aleatoriamente distribuídos em 3 grupos experimentais e 2 grupos controles, de acordo com o sistema de irrigação empregado: Grupo ANP ($n=20$); Grupo P.U.I. ($n=20$); Grupo PP ($n=20$); Grupo PC (controle positivo - irrigação com solução salina; $n=10$) e Grupo NC (controle negativo – tecido pulpar com vitalidade, não submetido à contaminação bacteriana; $n=10$). A primeira amostra (S1) foi coletada no início do estudo, e a segunda amostra (S2) foi coletada após a utilização dos protocolos de irrigação. Todas as amostras foram semeadas em meio de cultura para microrganismos anaeróbios. As contagens de UFCs foram analisadas estatisticamente por meio dos testes de Kruskal-Wallis, pós-teste de Dwass-Steel-Critchlow-Fligner e teste do qui-quadrado seguido do teste Tukey like para comparações múltiplas ($\alpha=0,05$). Todos os grupos experimentais foram efetivos na redução de microrganismos Gram-positivos, comparados ao grupo PC ($p<0,05$). Com relação à redução de microrganismos Gram-negativos, o grupo ANP foi significativamente melhor que o PP ($p<0,05$). Não foi possível observar diferença estatisticamente significativa entre os grupos PP e P.U.I. ($p>0,05$). Conclui-se que, em dentes de cães com periodontite apical, os sistemas de irrigação ANP e P.U.I. podem ser considerados métodos promissores, uma vez que ambos os protocolos promoveram uma redução bacteriana significativa.

GOODE et al. (2013) avaliaram, os efeitos da tensão na parede do canal radicular promovido por diferentes sistemas e técnicas de irrigação endodôntica. Foi

utilizado um sistema reutilizável de titânio que reproduzia o canal radicular com acentuada curvatura. A pasta de Ca(OH)_2 foi inserida ao longo do canal radicular e utilizada como “debris”. Os blocos de titânio foram então aparafusados em um conjunto estático para proporcionar uma vedação estanque aos fluidos. O NaOCl foi libertado a uma taxa de fluxo anteriormente determinada de 1 mL/min que produzia insignificante ou nenhuma pressão de extrusão nos periápices para todas as técnicas examinadas. Foram examinadas nove técnicas de entrega/agitação de irrigação: Irrigação passiva (controle); MAX-i-PROBE; Irrigação com agulha de fluxo lateral; Agitação mecânica manual com cone de guta percha não ajustado; Agitação mecânica manual com cone de guta percha ajustado; EndoActivator; Agitação sônica com pontas médias (VPro e EndoSafe) e grandes pontas (VPro e StreamClean); Irrigação ultrassônica contínua e EndoVac. A eficácia no debridamento foi verificado com análise de variância de Kruskal-Wallis e teste de Dunn ($\alpha=0,05$). Os resultados mostraram que EndoVac foi a única técnica que removeu mais de 99% da pasta de Ca(OH)_2 à taxa de fluxo pré-definida. Este grupo foi significativamente diferente ($p<0,05$) dos outros grupos que exibiam incompleta remoção da pasta de Ca(OH)_2 . Os autores puderam concluir que a capacidade do sistema EndoVac para remover “debris” foi significativamente maior dentro da metodologia utilizada. Essa área do modelo curvo, inacessível mecanicamente, pode ser causada por robusta formação de bolhas durante a saída do irrigante, criando maiores tensões na parede do canal por um fenômeno de fluxo de ar/líquido que é bem conhecido no sistema industrial.

MANCINI et al. (2013) avaliaram, por meio de MEV, a eficácia de diferentes métodos de irrigação em remover a camada de “smear” à 1, 3, 5, e 8 mm a partir do forame apical. Foram utilizados sessenta e cinco pré-molares unirradiculares inferiores humanos extraídos, padronizados, após a remoção da coroa, em 16 mm de comprimento. As amostras foram preparadas pelo sistema rotatório ProTaper até o instrumento final F4 e irrigados com 5,25 % de NaOCl à 37° C. Em seguida os dentes foram aleatoriamente divididos em 5 grupos (2 grupos controle [n=10] e 3 grupos teste [n=15]) de acordo com o método de ativação da irrigação final (irrigação sônica; P.U.I.; ou pressão negativa apical). Os canais radiculares foram então divididos longitudinalmente e observados por meio de MEV. A presença de “debris” e a camada de “smear” nos 1, 3, 5, e 8 mm a partir do forame apical foram

avaliadas. Os escores foram analisados pelo teste de Kruskal-Wallis e Mann-Whitney. Os resultados mostraram que o EndoActivator foi significativamente mais eficiente do que a P.U.I. e os grupos controles na remoção da camada de “smear” nos 3, 5 e 8 mm a partir do forame apical. O sistema EndoVac removeu estatisticamente mais camada de “smear” do que em todos os grupos nos 1, 3, 5 e 8 mm a partir do forame apical. Aos 5 e 8 mm do forame apical P.U.I. e o EndoVac não diferiram estatisticamente, mas ambos realizaram melhor limpeza que os grupos controles. Os autores concluíram que nenhum dos sistemas de ativação/entrega do irrigante removeu totalmente a camada de “smear”, no entanto, o EndoActivator e EndoVac apresentaram os melhores resultados aos 3, 5, e 8 mm (EndoActivator) e 1, 3, 5 e 8 mm (EndoVac) a partir do forame apical.

MELO-RIBEIRO et al. (2013) avaliaram, por meio da MO, a eficácia de limpeza e o toque nas paredes do canal radicular, no terço apical, da lima SAF em comparação a um sistema rotatório convencional de níquel titânio. Foram utilizados vinte e seis incisivos inferiores unirradiculares com canais achatados. Os dentes foram divididos aleatoriamente em dois grupos: G1 (SAF); G2 (Sistema rotatório convencional de níquel titânio). Após o preparo do canal radicular, os terços apicais dos espécimes foram submetidos a processamento histológico e analisadas por meio da MO quanto à percentual de “debris” e ao toque do instrumento à parede do canal radicular. Os dados foram comparados estatisticamente usando teste t não pareado com correção de Welch, e o nível de significância foi estabelecido em 5%. Os resultados mostraram que a percentagem remanescente de “debris” e a ausência de toque do instrumento nas paredes do canal radicular foi significativamente menor no grupo de SAF ($2,18 \pm 2,71$ e $12,33 \pm 7,85$, respectivamente) do que no grupo do sistema rotatório convencional de níquel titânio ($13,11 \pm 12,98$ e $53,54 \pm 15,95$, respectivamente) ($p < 0,05$). No G1 as amostras eram completamente livres de “debris”, enquanto que no G2 53% dos canais apresentavam “debris”. Os autores puderam concluir que a lima SAF teve significativamente mais contato com as paredes de dentina e removeu mais “debris” do que a instrumentação rotatória convencional, no terço apical de incisivos inferiores.

MERINO et al. (2013) avaliaram o efeito de variação de conicidade na capacidade de penetração da solução irrigadora para atingir o comprimento de trabalho em canais curvos sob ativação sônica e ultrassônica. Foram utilizadas sessenta e oito raízes méso vestibulares de primeiros molares inferiores com

curvatura entre 30° e 40°. As amostras foram aleatoriamente divididas inicialmente em dois grupos experimentais: G1 (Canais preparados até 30/04); G2 (Canais preparados até 30/08); ambos os grupos foram irrigados com uma solução de contraste e divididos em 2 subgrupos de 15 amostras cada: G1A e G2A ativados com P.U.I.; enquanto que nos G1B e G2B a solução foi ativada com irrigação sônica. As radiografias foram tomadas para avaliar a penetração da solução de contraste até o comprimento de trabalho. Esta avaliação foi realizada por meio do Adobe Photoshop CS5. Os resultados foram analisados estatisticamente e mostraram que apenas os grupos com conicidade .04 demonstraram diferenças significativas em que a ativação com P.U.I. foi superior ao atingir o comprimento de trabalho do que ativação sônica ($p=0,010$). O modelo de regressão logística mostrou que a única correlação em atingir comprimento de trabalho foi utilizando o sistema de ativação ($p=0,005$). Os autores sugerem que a variação de conicidade do canal não afeta a capacidade da P.U.I. em promover a chegada da solução no comprimento de trabalho em canais curvos, enquanto que a irrigação sônica obteve resultados inferiores com preparações do canal com conicidade .04.

PAIVA et al. (2013) avaliaram “in vivo”, por métodos de microbiologia molecular, os efeitos da P.U.I. como desinfetante complementar após o preparo biomecânico do canal radicular. Amostras foram realizadas a partir de 10 canais radiculares necróticos de dentes com periodontite apical antes (S1), depois do preparo biomecânico com instrumentos rotatórios de níquel titânio utilizando NaOCl à 2,5 % como irrigante (S2) e, em seguida, após a realização da P.U.I. na ativação do NaOCl (S3). Os parâmetros examinados incluíram a incidência de resultados positivos de PCR para presença de bactérias, o impacto sobre a diversidade bacteriana avaliada por eletroforese em gel com gradiente de desnaturação PCR-DGGE, redução bacteriana quantitativa determinada por PCR em tempo real, e a identificação de espécies persistentes por análise de biblioteca clone. Os resultados mostraram que todas as amostras (S1) foram positivas para as bactérias em todos os testes. Os procedimentos de tratamento foram significativamente eficazes na redução da incidência de resultados positivos para as bactérias, o número de células bacterianas (bioburden infecciosa), e a diversidade bacteriana (número de espécies e abundância). Contudo, a abordagem complementar P.U.I. não conseguiu melhorar significativamente a desinfecção alcançada pelo preparo biomecânico. Várias espécies bacterianas/filótipos foram identificadas no pós-tratamento. Os autores

concluíram que os resultados deste estudo clínico, incluindo um pequeno tamanho de amostra, sugere que a P.U.I. pode ser ineficaz em melhorar significativamente a desinfecção do canal radicular principal após o preparo biomecânico.

SPOORTHY et al. (2013) compararam a capacidade do irrigante em penetrar até o comprimento de trabalho em canais laterais simulados utilizando vários métodos de irrigação. Foram selecionados 64 dentes unirradiculares humanos preparados por instrumentação rotatória ProTaper. Em cada uma das amostras, foram criados três canais laterais simulados nos 2; 4 e 6 mm apicais a partir do ápice dental. As amostras foram distribuídas aleatoriamente em 4 grupos experimentais (n=16): G1 (Irrigação convencional com agulha); G2 (P.U.I.); G3 (EndoVac) e G4 (Combinação entre P.U.I. e EndoVac). Uma solução contraste (nanquim) foi misturada ao NaOCl 5,25 % e os canais radiculares foram irrigados pelos diferentes métodos. As amostras foram então avaliadas por observação direta pelas imagens capturadas por máquina fotográfica Canon EOS Rebel T3. A profundidade de penetração da solução contraste no comprimento de trabalho e para dentro dos canais laterais simulados foi analisada por meio do teste Qui-quadrado. Os resultados mostraram que os G4 e G3 apresentaram significativamente mais penetração da solução contraste até o comprimento de trabalho ($p<0,001$). Os G4 e G2 exibiram significativamente mais penetração da solução contraste nos canais laterais simulados ao nível de 6 mm ($p<0,001$). Nos níveis 4 e 2 mm, o G4 apresentou significativamente mais penetração da solução contraste que nos outros grupos ($p<0,001$). Os autores concluíram que a associação de P.U.I. e EndoVac foi o único grupo capaz de penetrar a solução contraste até o comprimento de trabalho e nos canais laterais simulados.

SRIREKHA et al. (2013) avaliaram “in vitro”, por meio da MEV, diferentes irrigantes ativados pela P.U.I. na remoção da camada de “smear” e “debris” após o preparo biomecânico. Sessenta pré-molares humanos foram selecionados e preparados com instrumentos rotatórios K3 até o diâmetro final 25/06. Os dentes foram então divididos aleatoriamente em três grupos experimentais (n=15): Ga (Ácido cítrico 10 % + P.U.I.); Gb (EDTA + P.U.I.); Gc (Ácido fosfórico + solução salina) e Gd (Controle, NaOCl 3 % + P.U.I.). As amostras foram seccionadas diametralmente e observadas em MEV para verificar a presença de “debris” e da camada de “smear”. Os resultados mostraram que o ácido cítrico à 10 % apresentou a melhor remoção da camada de “smear” quando comparado com EDTA à 17 % e

ácido fosfórico à 36 %, mas não foi estatisticamente significativa ($p>0,05$). A diferença na pontuação para a remoção de “debris” e da camada de “smear” no terço coronário, médio e apical em comparação ao grupo controle foi estatisticamente significativa ($p<0,001$). Os autores puderam concluir, dentro das limitações deste estudo, que os terços coronário e médio mostraram boa remoção da camada de “smear” e “debris” usando ácido cítrico e EDTA, juntamente com agitação ultrassônica. O terço apical em comparação com os terços coronário e médio, mostrou remoção inadequada de “debris” e da camada de “smear”, independentemente do irrigante e do sistema utilizado.

AHMETOGLU et al. (2014) avaliaram, por meio da MEV, a eficácia da irrigação com pressão negativa (EndoVac), P.U.I. e irrigação com seringa convencional (IC) na remoção da camada de “smear”. Foram utilizados 60 caninos humanos unirradiculares recém extraídos. Em seguida os espécimes foram aleatoriamente divididos em 6 grupos, preparados com instrumentos rotatórios e submetidos a diferentes protocolos de irrigação. G1- EndoVac + NaOCl; G2- EndoVac + NaOCl/EDTA; G3- P.U.I. + NaOCl; G4- P.U.I. + NaOCl/EDTA; G5- IC + NaOCl; G6- IC + NaOCl/EDTA. Os dentes foram seccionados longitudinalmente, preparados e analisados em MEV. Os resultados demonstraram que nos grupos 1, 3, e 5, não houve remoção da camada de “smear” ($p>0,05$). O terço coronário dentro dos grupos 2, 4, e 6 foram completamente limpos, já os terços médio e apical foram parcial ou completamente limpos ($p>0,05$). Os autores concluíram que independentemente do sistema de irrigação utilizado, o uso do NaOCl isoladamente não conseguiu promover a remoção da camada de “smear”. A combinação de NaOCl/EDTA, independentemente do sistema de irrigação utilizado, promoveu a remoção, parcial ou total, da camada de “smear”. Isto demonstrou que, a fim de se remover a camada de “smear” deve ser utilizada solução de EDTA para irrigação final do canal radicular, independentemente do sistema de irrigação utilizado.

AHUJA et al. (2014) avaliaram, por meio da MEV, a capacidade de 4 sistemas de ativação da irrigação final para remover a camada de “smear” em canais radiculares curvos. Foram utilizadas 80 raízes mésio-vestibulares de primeiros molares superiores recém extraídos com curvatura que variavam de 25° a 35°. O preparo biomecânico foi realizado com sistema MTwo até o diâmetro final 35/04 com o uso de 1 mL de NaOCl 2,5 % entre a troca de cada instrumento e então os espécimes foram aleatoriamente distribuídos em 4 grupos. G1- EndoVac; G2-

Agitação dinâmica manual com cone de guta percha (ADM); G3- P.U.I. e G4- Irrigação com agulha convencional (IC); todos os grupos foram irrigados com 5 mL de EDTA e 5 mL de NaOCl 2,5 %. Logo em seguida os dentes foram seccionados longitudinalmente, preparados e analisados em MEV. Os resultados mostraram que entre todos os grupos testados o EndoVac promoveu uma melhor remoção da camada de “smear”. A menor remoção da camada de “smear” foi encontrada no grupo da IC. Para os sistemas de ADM e P.U.I. os resultados foram semelhantes. Os autores concluíram que o sistema EndoVac pode ser utilizado como técnica de ativação da solução final com o intuito de remoção da camada de “smear” em canais curvos.

CHEN et al. (2014) avaliaram qualitativamente, por meio de um modelo de dinâmica computacional de fluidos, a irrigação endodôntica promovida por diferentes sistemas: seringa com diferentes pontas de agulha; EndoVac e P.U.I. Um sistema em forma de cone com paredes impermeáveis de 18 mm de comprimento simulou o canal radicular onde foram realizadas as irrigações. Os modelos de irrigação foram divididos em quatro grupos: G1 (Seringa manual com agulha de abertura frontal); G2 (Seringa manual com agulha de abertura lateral); G3 (EndoVac) e G4 (P.U.I.). Para todos os grupos verificou-se a velocidade, tensão exercida sobre a parede do canal radicular, turbulência e direção da irrigação. Os resultados mostraram que o G2 exerceu maior tensão em comparação ao G1, mas em apenas uma região localizada da parede do canal, com um fluxo geral sem a turbulência observada no G1. No G3 não foi verificado qualquer turbulência mensurável, com pouca interação entre o irrigante e a parede do canal radicular como evidenciado pelos menores valores de tensão, mas permitiu o fluxo do irrigante até o comprimento de trabalho. Por outro lado, a P.U.I. (G4) mostrou maior tensão, juntamente com a maior magnitude de velocidade. Os autores afirmaram que este estudo forneceu uma perspectiva de diferentes sistemas de irrigação sob a óptica da dinâmica computacional de fluidos, mas, no entanto, mais pesquisas são necessárias para entender como o irrigante se comporta em canais curvos e como a microestrutura da dentina influencia a irrigação.

CRUZ et al. (2014) avaliaram, por meio da MO, se uma pasta a base de EDTA, usada durante o preparo biomecânico, facilitaria a remoção de “debris” do terço apical de dentes de cães preparados com instrumentação rotatória. Vinte e quatro dentes de cães foram preparados pela técnica crow-down usando

instrumentos rotatórios de níquel titânio e divididos em dois grupos: G1 (NaOCl 5,25 % e irrigação final com EDTA) e G2 (NaOCl 5,25 % / Pasta à base de EDTA e irrigação final com EDTA). Em seguida os animais foram sacrificados e as mandíbulas foram preparadas para MO. Os resultados mostraram que no G1, onde a pasta de EDTA não foi utilizada durante o preparo biomecânico pouco ou quase nenhum “debris” foi encontrado no terço apical dos canais radiculares instrumentados, contudo, no G2, em que foi utilizada a pasta a base de EDTA durante o preparo biomecânico, foram observadas, de moderada a elevada acumulação de “debris” no terço apical. Os autores concluíram que o uso da pasta a base de EDTA durante o preparo biomecânico rotatório com instrumentos NiTi favorece a acumulação de detritos no terço apical dos canais radiculares. A irrigação com NaOCl 5,25 % e uma irrigação final com EDTA, por meio de uma agulha de fino calibre com simultânea aspiração, levou a uma menor acumulação de detritos no terço apical dos canais radiculares preparados.

DARDA et al. (2014) avaliaram, por meio da MEV, o efeito do EDTA-C na parede de dentina do canal radicular, em diferentes tempos de exposição. Foram utilizados cem dentes molares inferiores com canais mesiais independentes, os mesmos tiveram o canal mésio-vestibular instrumentado até o diâmetro #30 e as raízes seccionadas. Em seguida os espécimes foram divididos de forma randômica em dois grupos: G1 (1 min. de EDTA-C) e G2 (10 min. de EDTA-C), todos os dentes foram irrigados com NaOCl 5 % e preparados para a MEV. Os resultados mostraram que a irrigação por 1 min. de EDTA-C é eficaz na remoção da camada de “smear”. No entanto, a aplicação de EDTA-C por 10 min. causa excessiva erosão da dentina peri tubular. Os autores concluíram que o procedimento de irrigação final com EDTA-C não deve ser prolongado por mais de 1 min. durante o tratamento endodôntico.

DE-DEUS et al. (2014) apresentaram a descrição passo a passo de um novo método utilizado para identificação, medição e mapeamento tridimensional do acúmulo de “debris” após o preparo biomecânico do canal radicular. Três molares inferiores com presença de grande área de istmo e com configuração Tipo II de Vertucci foram utilizados e divididos conforme três diferentes protocolos experimentais. G1 (NaOCl à 5,25% + 17% de EDTA); G2 (água destilada) e G3 (sem irrigação). Após o preparo biomecânico os dentes foram submetidos a escaneamento de alta resolução e softwares foram utilizados para registrar e quantificar a quantidade de “debris” dentinários acumulados no canal ou em áreas

de istmos. Os resultados mostraram que o canal preparado sem irrigação resultou em 34,6% de seu volume com “debris”, enquanto que a utilização de água destilada ou NaOCl seguido de EDTA mostraram percentagem reduzida de “debris”, 16% e 11,3%, respectivamente. Quanto mais próximo da área de istmo, maior a quantidade de “debris” acumulado, independentemente do protocolo de irrigação utilizado. Os autores concluíram que com o presente método foi possível calcular o volume de “debris” nos istmos e no espaço do canal radicular. Este novo software, usado para a reconstrução das imagens, registro e análise, demonstrou ser promissor para a aplicação experimental.

GRISCHKE; MÜLLER-HEINE; HÜLSMANN (2014) compararam, a capacidade de remoção do cimento AH Plus das irregularidades das paredes do canal radicular por meio de diferentes métodos de irrigação ou ativação da solução irrigadora. Foram utilizados 53 dentes unirradiculares padronizados em 19 mm de comprimento. As raízes foram preparadas e seccionadas ao meio, permitindo a confecção de dois sulcos internos à parede interna do canal radicular nos terços cervical e apical. Em seguida todo o canal radicular foi coberto com o cimento obturador endodôntico AH Plus. Os dentes foram distribuídos aleatoriamente nos diferentes grupos experimentais: G1 (Controle – irrigação com seringa); G2 (CanalBrush); G3 (P.U.I.); G4 (EndoActivator) e G5 (RinsEndo). A quantidade restante do cimento obturador, nas irregularidades do canal radicular, foi avaliado sob um microscópio usando um sistema de pontuação de 4 escores, enquanto o cimento remanescente na superfície do canal radicular foi avaliado com um sistema de pontuação de 7 escores. Os resultados mostraram que a P.U.I. foi mais eficaz do que os outros sistemas de irrigação testados na remoção do cimento das irregularidades da parede do canal radicular ($p < 0,01$). Nenhuma das técnicas tiveram um efeito significativo sobre a limpeza dos sulcos laterais. Os autores puderam concluir que a P.U.I. apresenta um efeito superior na remoção de cimento da superfície do canal radicular durante o retratamento endodôntico. A remoção de cimento dos sulcos laterais não parece ser possível com nenhuma das uma das técnicas investigadas.

HAAPASALO et al. (2014) avaliaram, por meio da perda de massa em comparação ao tempo, a eficácia de um novo sistema multi sônico de limpeza, na dissolução tecidual em comparação com dispositivos de irrigação convencionais. Utilizaram pedaços de tecido de músculo bovino de (68 ± 2 mg) que foram colocados

em tubos de ensaio de 0,7 mL (altura: 23,6 mm, Diâmetro: 6 milímetros, diâmetro externo: 7,7 mm) expostos a 5 minutos de irrigação por diferentes dispositivos. Foram utilizados os sistemas multi sônico de limpeza; sistema de agitação ultrassônico Piezon, EndoVac e o sistema convencional de pressão positiva com seringa e agulhas tradicionais. Os sistemas foram testados com 0,5 %, 3 %, e 6 % de NaOCl, em temperatura ambiente (21° C) bem como à 40° C. A irrigação com água esterilizada foi utilizada como controle. A massa, das amostras teciduais, foi medida e registrada, antes e depois da utilização de cada dispositivo, e se a amostra foi completamente dissolvida, visualmente, dentro de 5 minutos, o tempo de dissolução foi registrado. A taxa de dissolução de tecido foi então calculada. Os resultados mostraram que o sistema multi sônico de limpeza teve a taxa mais rápida de dissolução tecidual ($p < 0,05$), a $1\% \pm 0,1\%$ por segundo usando 0,5% de NaOCl, $2,3\% \pm 0,9\%$ por segundo usando 3% de NaOCl, e $2,9\% \pm 0,7\%$ por segundo usando 6% de NaOCl. Esta taxa de dissolução tecidual foi mais do que 8 vezes maior do que o segundo dispositivo de teste mais rápido ($p < 0,01$), o sistema de ultrassom Piezon, que resultou em uma taxa de dissolução tecidual de $0,32\% \pm 0,002\%$ por segundo usando 6% de NaOCl a 40° C. Para todos os dispositivos de irrigação testados, a taxa de dissolução tecidual aumentava com uma maior concentração e temperatura da solução de NaOCl. Os autores puderam concluir que o novo sistema multi sônico de limpeza conseguiu uma dissolução tecidual significativamente mais rápida, quando comparados com os outros sistemas examinados “in vitro”.

KAMEL; KATAIA (2014) avaliaram, por meio de MEV, a presença da camada de “smear” e “debris” nas paredes do canal radicular após a preparação com o sistema de lima única reciprocante WaveOne em comparação ao sistema rotatório contínuo ProTaper, com dois diferentes métodos de irrigação final. Foram utilizados quarenta dentes humanos unirradiculares recém extraídos. Os dentes foram aleatoriamente divididos em quatro grupos: G1 (ProTaper); G2 (Protaper + Canal-Brush); G3 (WaveOne) e G4 (WaveOne + Canal-Brush). Em todos os grupos foram utilizados 2 mL de NaOCl a 5,25 % para a instrumentação do canal radicular. Para irrigação final, nos grupos G1 e G3 foi utilizado 1 mL de “Smear Clear” e, em seguida, NaOCl a 5,25 % foi aplicado com uma seringa de plástico. Nos grupos G2 e G4 foi utilizado 1 mL de “Smear Clear” e, em seguida, NaOCl a 5,25 % com agitação pelo Canal-Brush. As amostras foram processadas para a MEV para verificação da

presença de “debris” e da camada de “smear”. Os resultados mostraram que todos os grupos apresentaram uma remoção mais eficiente da camada de “smear” e “debris” no terço cervical, quando comparados com os terços médio e apical, ao passo que a média de pontuação total de “debris” e a pontuação de camada de “smear” para todos os grupos foram menores no G4 (WaveOne + Canal-Brush). Os autores concluíram que o uso do Canal-Brush em canais preparados com WaveOne produziu as paredes dos canais mais limpos, e o sistema WaveOne deu resultados superiores de limpeza em comparação com o sistema ProTaper.

MACEDO et al. (2014) quantificaram e visualizaram a ocorrência de cavitação em torno dos insertos endodônticos, por meio de métodos sono químicos, para detecção de químio luminescência e sono luminescência; fotografia por luminol e calorimetria. Puderam observar e demonstrar que houve a geração de cavitação em diferentes modelos de canais radiculares, gerada a partir da oscilação de diferentes insertos endodônticos. Isso ocorreu mesmo em configurações de baixa potência por meio de sono luminescência e químio luminescência. Esta metodologia de teste para dispositivos endodônticos foi encontrada para ser sensível e é um método útil na caracterização dos insertos endodônticos novos ou já existentes. A quantidade de cavitação variou entre os insertos e aumentou com o aumento configuração de energia. De um modo geral, um diâmetro maior aumentou a atividade de cavitação. O confinamento do canal radicular de um dente bovino e humano foi imitado e mostrou um aumento de cavitação e atividade por um aumento no número e tamanho das bolhas e um aumento nos valores de sono luminescência e químio luminescência. Gravações de alta velocidade mostraram que nuvens de bolhas de cavitação geradas nas bordas afiadas de um inserto de secção transversal quadrangular colabaram sobre o próprio inserto e não em uma parede próxima. Esta nuvem de bolhas não contribuiu para químio luminescência, mas pode ajudar na limpeza do canal radicular puxando o material sobre uma parede mais próxima. Nos ante nós foram observadas menores amplitudes e pequenas bolhas individuais que contribuíram para a maior parte da sono luminescência e químio luminescência. A introdução de ar na interface ar/líquido foi a justificativa encontrada para levar as bolhas à cavitação estável que promovem transmissão e mistura.

MOZO et al. (2014) compararam, por meio da MEV, a capacidade de eliminação de “debris” e de abertura dos túbulos dentinários com diferentes processos de irrigação associados ao ultrassom. Foram utilizados quarenta dentes

pré-molares humanos unirradiculares extraídos. Todos os dentes foram preparados pela técnica de instrumentação rotatória MTwo e, em seguida, divididos aleatoriamente em quatro grupos de acordo com a técnica de irrigação final: G1 (NaOCl a 2,5 % com agulha Miraject sem irrigação ultrassônica); G2 (P.U.I. com NaOCl a 2,5 % e inserto ultrassônico Irrisafe #20/00); G3 (P.U.I. com NaOCl a 2,5 % e inserto ultrassônico Irrisafe #25/00) e G4 (P.U.I. com NaOCl a 2,5 % e lima tipo K #25 como inserto). A quantidade de “debris” e o número de túbulos dentinários abertos foram estabelecidos pela MEV. Os dados foram comparados usando o teste de Kruskal Wallis e os resultados mostraram que as pontas Irrisafe (G2 e G3) abriram mais túbulos dentinários e eliminaram mais “debris” do que a irrigação convencional ($p < 0,05$) no terço apical. O terço médio não apresentou diferenças significativas entre os grupos. O inserto Irrisafe #25/00 foi mais eficaz do que a irrigação convencional e lima tipo K #25 ($p < 0,05$), no terço coronário. Os autores puderam concluir que a ativação ultrassônica, da solução irrigante, com insertos Irrisafe foram os procedimentos mais eficazes para eliminar os “debris” e abrir os túbulos dentinários, especialmente no terço apical.

GUERREIRO-TANOMARU et al. (2015) avaliaram, “ex vivo”, a eficácia da P.U.I. na eliminação do *Enterococcus faecalis* dos canais radiculares. Foram utilizados 75 dentes humanos unirradiculares extraídos. Após o preparo biomecânico, os canais radiculares foram inoculados com *E. faecalis* e incubados a 37° C por 21 dias. Os espécimes foram distribuídos em cinco grupos ($n=15$), de acordo com o método de irrigação: G1- P.U.I + solução salina (P.U.I./SS); G2- P.U.I. + NaOCl a 1% (P.U.I./NaOCl); G3- irrigação manual convencional (IMC) + solução salina (IMC/sol); G4- IMC + NaOCl a 1% (IMC/NaOCl) e G5- Sem irrigação (controle). Foram realizadas três coletas microbiológicas: inicial (21 dias após a inoculação), pós-irrigação (imediatamente após a irrigação), e final (7 dias após a irrigação). Os dados foram obtidos em UFC mL⁻¹ e submetidos aos testes de ANOVA e Tukey. Os resultados mostraram que a coleta pós-irrigação não demonstrou diferença estatisticamente significativa entre P.U.I./SS e IMC/SS nem entre P.U.I./NaOCl e IMC/NaOCl ($p > 0,05$), mas P.U.I./NaOCl e IMC/NaOCl apresentaram menor número de UFC mL⁻¹ comparado aos outros grupos ($p > 0,05$). Diferença estatisticamente significativa foi observada entre as coletas iniciais e pós-irrigação e entre a pós-irrigação e a coleta final ($p < 0,05$) em todos os grupos, exceto no controle. Na coleta final, todos os grupos apresentaram contagem bacteriana

similar à coleta inicial. Os autores concluíram que a P.U.I. ou IMC com NaOCl a 1% contribuem para a desinfecção, mas não eliminam *E. faecalis* do sistema de canais radiculares.

SHAHID; ALAM; KHAMIS (2015) revisaram a literatura para verificar a utilização da μ CT na área odontológica. Relataram que a μ CT é a técnica padrão ouro como ferramenta auxiliar para a pesquisa odontológica. O principal uso do μ CT tem sido a exploração não-invasiva de osso trabecular para múltiplas análises como investigação de crescimento e reparação. Devido ao avanço no sistema de μ CT, a concentração de mineral do osso e de dentes pode ser medida com maior precisão com a resolução de 5 à 30 μ m. μ CT 3D é um aparelho de investigação e diagnóstico, para uma melhor compreensão das estruturas do dente, inúmeros materiais dentários e técnicas de instrumentação. μ CT pode ajudar na avaliação de estruturas dento alveolares, qualitativamente, para compreender melhor a realização de um eficiente tratamento e resultados precisos. μ CT está sendo usada por inúmeros estudos no campo odontológico. Ela pode ser um grande trunfo para a análise geomorfométrica 3D de estruturas dento alveolares e anomalias.

SCHMIDT et al. (2015) avaliaram, por meio da MEV, a eficácia da P.U.I., com diferentes soluções, na remoção da camada de “smear”. Foram utilizados 32 pré-molares uni radiculares, com raízes retas e canal único. O preparo biomecânico foi realizado com instrumentação rotatória ProTaper até o instrumento final F4. Em seguida os dentes foram aleatoriamente divididos em 4 grupos de acordo com os diferentes protocolos de irrigação final. G1 (EDTA + NaOCl); G2 (EDTA P.U.I. + NaOCl); G3 (EDTA + NaOCl P.U.I.) e G4 (EDTA + NaOCl ambos com P.U.I.). Os espécimes foram divididos longitudinalmente para análise, em MEV, dos diferentes terços dos canais radiculares. Os resultados demonstraram que em todos os grupos a maior porcentagem de túbulos dentinários abertos ocorreram no terço cervical, seguidos pelos terços médio e apical. Quando os terços foram comparados, os resultados foram semelhantes, exceto para o terço cervical do G2 quando comparado com o G4. De acordo com os resultados do presente estudo, os autores concluíram que a realização da P.U.I., em comparação com a irrigação convencional com NaOCl 1 %, ambas a 1 mm do forame apical, não demonstrou maior eficácia na remoção da camada de “smear”.

Observa-se pela retrospectiva da literatura que a promoção de uma limpeza efetiva do sistema dos canais radiculares sempre despertou o interesse dos

pesquisadores. A ativação da solução irrigadora por meio do ultrassom parece ser uma alternativa promissora, no entanto poucos estudos foram realizados verificando se a P.U.I. é realmente passiva e seus efeitos dentro do canal radicular. Desta maneira verificou-se os efeitos da P.U.I. no canal radicular quanto a passividade, remoção de “debris” e da camada de “smear”.

PROPOSIÇÃO

O objetivo do presente trabalho foi avaliar os efeitos da irrigação ultrassônica passiva no canal radicular pelas seguintes hipóteses:

1. Avaliar a alteração interna do canal radicular (volume) promovida pela P.U.I. em diferentes substratos (dentes humanos e bovinos) por meio da μ CT.
2. Avaliar a remoção de “debris” promovida pela P.U.I. com diferentes soluções irrigadoras finais, por meio da microscopia óptica.
3. Avaliar a remoção da camada de “smear” promovida pela P.U.I. com diferentes soluções irrigadoras finais, por meio da microscopia eletrônica de varredura.

MATERIAIS E MÉTODO

Para facilitar a compreensão das metodologias utilizadas, os procedimentos experimentais foram organizados em três partes, a saber:

Parte 1. Avaliação da alteração de volume do canal radicular por meio da μ CT.

Parte 2. Avaliação da remoção de “debris”; por meio da MO.

Parte 3. Avaliação da remoção da camada de “smear”, por meio da MEV.

Seleção da Amostra

Dentes Humanos

Foram obtidos, do banco de dentes da FORP-USP, caninos inferiores unirradiculares humanos hígidos, mantidos em solução de timol a 0,1%.

Os dentes foram lavados em água corrente por 24 horas e, em seguida, sua superfície radicular externa foi limpa por meio de raspagem com ultrassom (Profi Class, Dabi Atlante Industrias Médico Odontológicas Ltda, Ribeirão Preto, SP, Brasil). Tomadas radiográficas nos sentidos orto-radial e méso-radial foram realizadas com filmes Ultra Speed (Kodak Brasileira Comércio e Indústria Ltda, São José dos Campos, SP, Brasil) e aparelho Spectro 70X Seletronic (Dabi Atlante Industrias Médico Odontológicas Ltda, Ribeirão Preto, SP, Brasil), tempo de exposição de 0,5 segundo e distância objeto-filme de 12 cm. As radiografias foram avaliadas com auxílio de negatoscópio (VH Equipamentos Médicos Odontológicos e Assess, Araraquara, SP, Brasil). Em seguida, com auxílio do microscópio clínico (Modelo ALL 03-EL, Alliance Comercial de São Carlos Ltda. – ME, São Carlos, SP, Brasil), avaliou-se a porção radicular dos espécimes em aumento de 16 vezes.

Foram selecionados da amostra inicial, os caninos inferiores que apresentaram raiz completamente formada, canal radicular único e relativamente reto, livre de nódulos pulpare, reabsorção interna, tratamento endodôntico prévio ou fratura radicular, totalizando 56 dentes.

Figura 1. Seleção dos dentes humanos. Espécime representado pelas imagens dispostas em (A) (vista frontal) e (B) (vista lateral). Tomadas radiográficas nos sentidos orto-radial (C) e méso-radial (D) utilizadas na seleção da amostra.

Dentes Bovinos

Foram obtidos, do abatedouro e frigorífico Nalin (Ajapí, São Paulo, Brasil), incisivos centrais inferiores unirradiculares bovinos hígidos, mantidos em solução de timol a 0,1%.

Os dentes foram lavados em água corrente por 24 horas e, em seguida, sua superfície radicular externa foi limpa por meio de raspagem com ultrassom (Profi Class, Dabi Atlante Industrias Médico Odontológicas Ltda, Ribeirão Preto, SP, Brasil). Tomadas radiográficas nos sentidos orto-radial e méso-radial foram realizadas com filmes Ultra Speed (Kodak Brasileira Comércio e Indústria Ltda, São José dos Campos, SP, Brasil) e aparelho Spectro 70X Seletronic (Dabi Atlante Industrias Médico Odontológicas Ltda, Ribeirão Preto, SP, Brasil), tempo de exposição de 0,5 segundo e distância objeto-filme de 12 cm. As radiografias foram avaliadas com auxílio de negatoscópio (VH Equipamentos Médicos Odontológicos e Assess, Araraquara, SP, Brasil).

Foram selecionados da amostra inicial, os incisivos inferiores que apresentaram canal radicular único e relativamente reto, livre de nódulos pulpares, reabsorção interna ou fratura radicular, totalizando 10 dentes.

Figura 2. Seleção dos dentes bovinos. Espécime representado pelas imagens dispostas em (A) (vista frontal) e (B) (vista lateral). Tomadas radiográficas nos sentidos orto-radial (C) e méso-radial (D) utilizadas na seleção da amostra.

Parte 1. Avaliação da alteração de volume do canal radicular;

Para a realização da **Parte 1**, foram utilizados 10 dentes humanos e 10 dentes bovinos, da amostra selecionada. O fluxograma a seguir contém a representação esquemática da sequência metodológica utilizada na **Parte 1** do presente estudo (Figura 3).

Figura 3. Ilustração esquemática da metodologia utilizada para avaliar a alteração de volume do canal radicular.

Cada espécime foi acoplado a um dispositivo na máquina Isomet® 1000 (Buehler, Lake Forest, IL, EUA), no qual um disco diamantado (South Bay Technology, San Clement, CA, EUA), sob refrigeração constante, peso de 350 g e velocidade de 350 RPM, realizou o corte da porção coronária, perpendicularmente ao longo eixo da raiz, proporcionando um comprimento padrão de $17 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$. Em seguida, os espécimes foram inseridos separadamente em tubos de polipropileno tipo Eppendorf (Micro Test Tubes 3810X standard; Eppendorf do Brasil Ltda, São Paulo, SP, Brasil), contendo 1 mL de soro fisiológico, e armazenados em estufa (37°C , 100 % umidade relativa) por 72 horas, visando sua reidratação. Os tubos foram identificados numericamente e dispostos sequencialmente em um suporte plástico (Eppendorf do Brasil Ltda, São Paulo, SP, Brasil) (Figura 4), favorecendo sua localização no decorrer das etapas da pesquisa.

Figura 4. Preparo dos espécimes. (A) Máquina de corte Isomet® 1000; (B-C) Espécime adaptado ao dispositivo de fixação na máquina de corte e corte da porção coronária do dente utilizando um disco diamantado sob refrigeração; (D) Espécime sem a porção coronária inserido em um tubo de polipropileno tipo Eppendorf identificado por um número sequencial contendo soro fisiológico; (E) Tubos Eppendorf dispostos sequencialmente em um suporte plástico para armazenamento em estufa.

Preparo biomecânico dos dentes humanos

Os dez espécimes humanos, após serem retirados do tubo Eppendorf, tiveram o canal radicular irrigado com 2 mL de hipoclorito de sódio a 1 %, (Rioquímica Indústria Farmacêutica, São José do Rio Preto, São Paulo, Brasil) usando-se seringa plástica descartável (Ultradent Products Inc., South Jordan, UT, EUA) e agulha NaviTip (Ultradent Products Inc., South Jordan, UT, EUA). A exploração do canal foi realizada com uma lima manual número #10 tipo K de aço inoxidável (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça). O canal radicular foi novamente irrigado com 2 mL de hipoclorito de sódio a 1 % e uma lima manual número #15 tipo K de aço inoxidável (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça) foi cuidadosamente introduzida no interior do canal até que sua ponta coincidisse com o forame apical. Dessa medida, subtraiu-se 1 mm para o estabelecimento do comprimento de trabalho (CT).

O acionamento mecânico do instrumento Reciproc (R50) foi realizado com o contra ângulo redutor 6:1 Sirona (SN 39266; VDW GmbH, Munique, Alemanha) acoplado ao micromotor SMR 1213151 (VDW GmbH, Munique, Alemanha) que, por sua vez, estava conectado ao motor elétrico VDW Silver (VDW GmbH, Munique, Alemanha). Antes do início do preparo dos espécimes, em cada grupo, a velocidade de rotação e a precisão do torque do motor foram calibrados automaticamente por meio da função calibration (CAL) (Figura 5).

Os dez espécimes bovinos, por possuírem canais bastante amplos, não foram submetidos ao preparo biomecânico.

Figura 5. (A) Motor elétrico VDW Silver; (B) Contra-ângulo redutor Sirona (1) acoplado ao micromotor SMR 1213151 (2); (C) Procedimento de calibragem automática da velocidade e do torque do motor VDW Silver; (D) Detalhe do instrumento recíprocante acoplado ao contra-ângulo Sirona.

Os canais foram preparados seguindo-se as recomendações do fabricante após a seleção, na tela do aparelho, dos parâmetros pré-definidos de torque e velocidade correspondentes ao sistema Reciproc (Figura 6).

Figura 6. Programação no visor do Motor VDW Silver referente à instrumentação com os sistemas Reciproc.

A solução e volume utilizado foi 1,25 mL de solução de hipoclorito de sódio a 1 % (Rioquímica Industria Farmacêutica, São José do Rio Preto, São Paulo, Brasil) a cada ciclo de três movimentos de penetração e retrocesso, usando-se seringa plástica descartável e agulha NaviTip, totalizando 20 mL de solução irrigadora para cada espécime. Os instrumentos foram utilizados em movimento de bicada (peck motion), com avanços de 2 a 3 mm no sentido apical até atingirem o CT. Neste momento, os instrumentos passaram a ser utilizados em movimento curto e circunferencial, de penetração e retrocesso, com ligeira pressão apical, tocando-se em todas as paredes do canal radicular. Os espécimes foram, então, recolocados nos respectivos tubos Eppendorf contendo soro fisiológico, e armazenados em estufa (37° C, 100 % umidade relativa) até o momento da primeira análise micro tomográfica (μ CT).

Exame μ CT inicial

Para a obtenção do dado morfométrico (volume) do canal radicular, utilizou-se o microtomógrafo SkyScan modelo 1174 v.2 (SkyScan, Kontich, Bélgica) do Departamento de Odontologia Restauradora da FORP-USP. Este aparelho é composto por um tubo de raios-X de microfoco com fonte de alta tensão (50 kV, 800 μ A), um porta-amostra com manipulador de precisão e um detector baseado em uma câmera Charge Coupled Device (CCD) de 1.3 Mp (1304 x 1024 pixel). Este dispositivo permite o escaneamento de amostras com até 15 mm de altura usando resolução espacial isotrópica que pode variar de 6 a 30 μ m. Todo este sistema é acoplado e conectado a um computador Dell Precision T5500 WorkStation (Dell Inc., São Paulo, SP, Brasil) com sistema operacional Windows 7 de 64 bits, utilizado no controle, aquisição de dados, reconstrução e análise dos atributos das imagens (Figura 7).

Figura 7. Vistas lateral (A) e frontal (B) do microtomógrafo SkyScan modelo 1174 v.2 conectado ao computador Dell Precision T5500 WorkStation.

Após o posicionamento de um filtro de alumínio de 0,5 mm de espessura em frente à câmera CCD, o compartimento da câmara do microtomógrafo foi fechada e a fonte de raios-X ligada por meio do botão de energia na barra de ferramentas do Programa de Controle SkyScan v.2, dando início ao processo de *aging*, no qual a tensão e a corrente sobem suavemente com o objetivo de aumentar o tempo de vida do tubo de raios-X. Em seguida, procedeu-se a correção do campo de aquisição por meio da ferramenta *flat-field correction* usando o programa de controle SkyScan 1174 v.2. A fonte de raios-X foi, então, desligada, a porta externa do compartimento da câmara aberta e um fragmento de 1 cm² de fita dupla face VHB (3M Fitas e Adesivos Industriais, Sumaré, São Paulo, Brasil) foi fixado à base da mesa giratória do aparelho, visando o posicionamento dos espécimes de forma perpendicular à fonte de radiação. Cada dente foi, então, fixado individualmente na fita adesiva.

Na sequência do posicionamento do dente e fechamento do compartimento da câmara do microtomógrafo, a fonte de raios-X foi novamente acionada e a posição do espécime verificada com a ferramenta Video Image do Programa de Controle SkyScan v.2.

Confirmado o posicionamento, iniciou-se a aquisição das projeções do espécime em diversas angulações ao longo de uma rotação de 180°, com passos de rotação de um grau. Definiu-se a projeção angular com tamanho de voxel isotrópico de 22,9 µm. Essa manobra permitiu calcular a média dos sinais e assim melhorar a definição final de cada imagem, estabelecendo um tempo de escaneamento de aproximadamente 26 minutos por espécime. As projeções bidimensionais das imagens geradas foram arquivadas no formato Tagged Image File (TIFF). Ao término do escaneamento, os espécimes foram inseridos novamente nos tubos Eppendorf contendo soro fisiológico e armazenados em estufa (37° C, 100 % umidade relativa).

A etapa seguinte consistiu na reconstrução das secções transversais a partir das imagens das projeções angulares por meio do algoritmo de reconstrução de feixe cônico de Feldkamp modificado, usando o programa NRecon v.1.6.4 (SkyScan, Kontich, Bélgica), resultando na completa representação da microestrutura interna de cada dente. Neste sentido, foi aplicada redução de artefatos em forma de anel (ring artifact) no valor de 2 (escala de 0 – 20), de endurecimento de feixe (beam hardening) no percentual de 40 % (escala de 0 a 100 %), de suavização (smoothing) no valor de 3 (escala de 0 a 10) e com o histograma de contraste no modo logarítmico variando de 0,0050 (valor mínimo) a 0,1200 (valor máximo).

Após a reconstrução, realizou-se o processamento e análise das imagens com auxílio do programa CTAn v.1.11 (SkyScan, Kontich, Bélgica) que consistiu, inicialmente, na utilização de operações matemáticas para alterar valores dos pixels do canal radicular, em um processo denominado binarização ou segmentação. Estas operações matemáticas consistiram na elaboração e execução de uma rotina computacional por meio da ferramenta Custom Processing, utilizando uma sequência de plug-ins, visando padronizar e automatizar o processo de obtenção de dados.

O primeiro passo consistiu na segmentação da imagem por meio da técnica de limiarização ou *threshold* interativo no qual a segmentação dos valores de cinza foi obtida de forma interativa, separando-se os segmentos que corresponderiam à dentina e ao canal radicular. Neste processo foi possível dividir a imagem em regiões, reconhecendo-as como objetos independentes uns dos outros e do fundo. Obteve-se, assim, uma imagem binária aonde os pixels pretos representaram o fundo e as regiões de pixels brancos, os objetos da análise. O segundo passo consistiu na execução do *plug-in morphological operations* visando à remoção de nódulos de calcificação que afetariam a análise quantitativa do canal radicular. Também foi necessária a utilização de operações *bitwise* possibilitando que um número de operações booleanas ou lógicas pudesse ser aplicado entre o conjunto de dados selecionado (objeto binarizado) e a região de interesse (RI) definida. No presente estudo, estas operações visaram inicialmente definir o contorno da RI como sendo igual ao contorno do objeto binarizado. Posteriormente, por meio da eliminação da imagem da dentina binarizada, obteve-se a imagem representativa do canal radicular.

A aplicação de procedimentos de pós-processamento é necessária a fim de corrigir as imagens binarizadas resultantes do processo de segmentação. No presente estudo, algumas partículas espúrias de fundo foram eliminadas através do *plug-in Despeckle*, permitindo a supressão de objetos em um intervalo de tamanho especificado, não relacionados ao canal principal.

Em seguida, para a análise qualitativa, gerou-se modelos tridimensionais dos canais radiculares por meio do algoritmo *double time cubes*, no formato P3G e, a partir do programa CTVol v.2.2.1.0 (SkyScan, Kontich, Bélgica), foi feita a visualização realista dos modelos tridimensionais. Em seguida, por meio do plug-in 3D analysis, foi possível obter a análise quantitativa do volume (mm³). Os dados obtidos nesta etapa estão localizados nas tabelas I e II.

Realização da P.U.I.

O protocolo para a realização da P.U.I. foi padronizado, para todos os grupos, em 60 segundos de ativação ultrassônica. Esse tempo foi dividido em três etapas de 20 segundos cada, para a substituição ou troca da substância irrigadora final utilizada nos grupos experimentais.

Os dentes foram fixados em uma base confeccionada de silicone de adição (Elite HD+, Zhermack, Badia Polesine Rovigo, Itália) para que permanecessem imóveis durante a realização da P.U.I. Utilizou-se o inserto ultrassônico Irrisonic (Helse, Santa Rosa de Viterbo, São Paulo, Brasil) acoplado à caneta do aparelho ultrassônico (EMS PM 200, Nyon, Suíça). Durante a realização dos três ciclos da P.U.I. não houve irrigação concomitante, apenas foi realizada a ativação do volume da solução que preenchia o canal radicular. Nesta etapa utilizou-se as soluções de NaOCl 1 % e a solução de EDTA-C. Os três ciclos da P.U.I. foram realizados da seguinte maneira: 1º ciclo de 20 segundos de ativação da solução de NaOCl 1 %; após a substituição da solução de NaOCl 1 % pela de EDTA-C, realizou-se o 2º ciclo de 20 segundos de ativação; após a substituição da solução de EDTA-C pela solução de NaOCl 1 % realizou-se o 3º ciclo de 20 segundos de ativação (Figura 8). A explicação completa da irrigação e troca das soluções irrigadoras durante os ciclos da P.U.I. pode ser verificada após a figura 8.

Figura 8. Realização da P.U.I. (A) Base de silicone de adição confeccionada para fixação das amostras, caneta e ponta ultrassônica fixada para realização da P.U.I. (B) Detalhe do inserto ultrassônico inserido na amostra sem toque nas paredes. (C) Detalhe do inserto ultrassônico Irrisonic®. (D) Aparelho ultrassônico EMS PM 200 utilizado para realização da P.U.I.

Os dentes foram irrigados com 5 mL de hipoclorito de sódio 1 % e mantidos preenchidos, desta solução, ao final do volume irrigado. A ponta ultrassônica então foi introduzida até o comprimento de 3 mm aquém do comprimento de trabalho e a caneta ultrassônica foi fixada em um aparato plástico permitindo que a ponta ultrassônica não tocasse a parede interna do canal radicular durante a realização dos ciclos da P.U.I. Acionou-se então o ultrassom regulado em potência de 10 % (acorde recomendação do fabricante do inserto, Helse, Santa Rosa de Viterbo, São Paulo, Brasil) pelo período de 20 segundos, sendo aferido o tempo com auxílio de

cronômetro digital (RS 200, Polar, Oulu, Finlândia). Em seguida o canal radicular foi irrigado com 3 mL de solução de EDTA-C 17 % e mantido preenchido, com esta solução, para a realização do segundo ciclo ultrassônico, como descrito acima. Ao término do segundo ciclo, irrigou-se o canal com mais 5 mL de hipoclorito de sódio 1 % e o canal foi mantido preenchido, com esta solução, para a realização do terceiro ciclo ultrassônico. Ao final, os espécimes foram, então, recolocados nos respectivos tubos Eppendorf contendo soro fisiológico, e armazenados em estufa (37° C, 100 % umidade relativa) até o momento da segunda análise μ CT.

Segundo exame μ CT

Concluída realização da P.U.I., os espécimes foram submetidos ao segundo exame μ CT, seguindo-se os protocolos descritos previamente em relação ao escaneamento e reconstrução. Os dados obtidos nesta etapa estão localizados nas tabelas I e II.

Parte 2 e 3. Avaliação da remoção de “debris” e da camada de “smear”

Para a realização da **Parte 2 e 3**, foram utilizados os 46 dentes humanos restantes da seleção da amostra. O fluxograma a seguir contém a representação esquemática da sequência metodológica utilizada na **Parte 2 e 3** do presente trabalho (Figura 9).

Figura 9. Ilustração esquemática da metodologia utilizada para avaliar a remoção de “debris” e da camada de “smear”.

Cirurgia de Acesso e Preparo biomecânico

Cada espécime foi acoplado a um dispositivo na bancada de trabalho permitindo ao operador realizar a cirurgia de acesso. Utilizou-se broca diamantada esférica nº 1014 (KG Sorensen, Medical Burs Ind. e Com. de Pontas e Brocas Cirúrgicas Ltda., Cotia, São Paulo, Brasil) acoplada a turbina de alta rotação EXTRATORque 605C (KaVo do Brasil Ind. Com. Ltda., Joinville, Santa Catarina, Brasil) sob refrigeração constante, para o desgaste do esmalte, broca esférica carbide nº FG 03 (KG Sorensen, Medical Burs Ind. e Com. de Pontas e Brocas Cirúrgicas Ltda., Cotia, São Paulo, Brasil) para o corte da dentina até atingir a câmara pulpar e broca Endo-Z (Dentsply Maillefer Brasil, Petrópolis, Rio de Janeiro, Brasil) para remoção do teto da câmara pulpar e regularização das paredes da cavidade.

Os espécimes tiveram o canal radicular irrigado com 2 mL de hipoclorito de sódio a 1 %, (Rioquímica Industria Farmacêutica, São José do Rio Preto, São Paulo, Brasil) usando-se seringa plástica descartável (Ultradent Products Inc., South Jordan, UT, EUA) e agulha NaviTip (Ultradent Products Inc., South Jordan, UT, EUA). A exploração do canal foi realizada com uma lima manual número #10 tipo K de aço inoxidável (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça) seguida do preparo do terço cervical com broca CP Drill (ponta #30 conicidade 20) (Helse Indústria e Comércio Ltda, Santa Rosa de Viterbo, São Paulo, Brasil) montada em micromotor, em baixa rotação ambos (KaVo do Brasil Ind. Com. Ltda., Joinville, Santa Catarina, Brasil) e sem irrigação. Esta broca foi introduzida uma única vez no sentido do longo eixo do canal até a profundidade de 3 mm a partir da embocadura do canal radicular (Figura 10).

Figura 10. Cirurgia de acesso e preparo cervical. (A) Broca esférica diamantada n° 1014 e alta rotação para início da cirurgia de acesso. (B) Irrigação da câmara pulpar e canal radicular com 2 mL de NaOCl 1%. (C) Exploração do canal radicular com lima manual de aço inoxidável #10 Tipo K. (D) Detalhe da broca CP Drill acoplada ao contra ângulo e micromotor pneumático para realização do preparo cervical.

O canal radicular foi novamente irrigado com 2 mL de hipoclorito de sódio a 1 % e uma lima manual número #15 tipo K de aço inoxidável (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça) foi cuidadosamente introduzida no interior do canal até que sua ponta coincidisse com o forame apical. Dessa medida, subtraiu-se 1 mm para o estabelecimento do comprimento de trabalho (CT).

O acionamento mecânico do instrumento Reciproc (R50) foi realizado com o contra-ângulo redutor 6:1 Sirona (SN 39266; VDW GmbH, Munique, Alemanha) acoplado ao micromotor SMR 1213151 (VDW GmbH, Munique, Alemanha) que, por sua vez, estava conectado ao motor elétrico VDW Silver (VDW GmbH, Munique, Alemanha). Antes do início do preparo dos espécimes, em cada grupo, a velocidade de rotação e a precisão do torque do motor foram calibrados automaticamente por meio da função calibration (CAL).

Os canais foram preparados seguindo-se as recomendações do fabricante após a seleção, na tela do aparelho, dos parâmetros pré-definidos de torque e velocidade correspondentes ao sistema Reciproc®.

Os canais foram irrigados com 1,25 mL de solução de hipoclorito de sódio a 1 % (Rioquímica Industria Farmacêutica, São José do Rio Preto, São Paulo, Brasil) a cada ciclo de três movimentos de penetração e retrocesso, usando-se seringa plástica descartável e agulha NaviTip, totalizando 20 mL de solução irrigadora para cada espécime. Os instrumentos foram utilizados, em movimento de bicada (peck motion), com avanços de 2 a 3 mm no sentido apical até atingirem o CT. Neste momento, os instrumentos passaram a ser utilizados em movimento curto e circunferencial, de penetração e retrocesso, com ligeira pressão apical, tocando-se em todas as paredes do canal radicular. Ao final do preparo biomecânico, os espécimes foram, aleatoriamente divididos em 2 grupos (n=24 e n=22) para análise em microscopia óptica (MO) “**parte 2**” e microscopia eletrônica de varredura (MEV) “**parte 3**” e subdivididos nos respectivos grupos para realização da P.U.I. com diferentes substâncias irrigadoras finais.

Grupos experimentais

Grupos controle sem utilização da P.U.I.

Seis espécimes foram distribuídos nos grupos controle positivo e negativo e não foram submetidos a irrigação ultrassônica passiva.

Grupo 1 (Controle positivo): Quatro dentes tiveram seus canais irrigados com 5 mL de solução irrigadora final de NaOCl 1 % por um período de 5 minutos. Neste grupo foi verificada a presença de “debris” e camada de “smear”

Grupo 2 (Controle negativo): Dois dentes tiveram seus canais irrigados com 5 mL de solução irrigadora final EDTA-C 17 % por um período de 5 minutos. Neste grupo foi verificada a ausência de camada de “smear”

Realização da P.U.I. com as diferentes soluções finais

Grupo 3 (n=10): P.U.I. com substância irrigadora final soro fisiológico.

Grupo 4 (n=10): P.U.I. com substância irrigadora final NaOCl 1 %.

Grupo 5 (n=10): P.U.I. com substância irrigadora final EDTA-C 17 %.

Grupo 6 (n=10): P.U.I. com alternância das substâncias irrigadoras finais NaOCl 1 % / EDTA-C 17 %.

Os dentes foram irrigados com 5 mL de cada solução indicada e mantidos preenchidos, desta solução, ao final do volume irrigado. O inserto ultrassônico (Irrisonic®) então foi acoplada a caneta ultrassônica e introduzida até o comprimento de 3 mm aquém do comprimento de trabalho durante a realização dos ciclos da P.U.I. Acionou-se, então o ultrassom regulado em potência de 10 % (acorde recomendação do fabricante do inserto, Helse, Santa Rosa de Viterbo, São Paulo, Brasil) pelo período de 20 segundos, sendo aferido o tempo com auxílio de cronômetro digital (RS 200, Polar, Oulu, Finlândia). Em seguida o canal radicular foi irrigado com 5 mL, da solução testada, e mantido preenchido, com esta solução, para a realização do segundo ciclo ultrassônico, como descrito acima. Ao término do segundo ciclo irrigou-se o canal com mais 5 mL da solução testada e o canal foi mantido preenchido, com esta solução, para a realização do terceiro ciclo ultrassônico.

Preparação dos espécimes para a microscopia óptica

Os vinte e dois espécimes selecionados tiveram seus canais secos com cones de papel absorventes estéreis #50 Cell Pack (Tanari Industrial Ltda., São Paulo, São Paulo, Brasil) e preenchidos com solução de formol 10 % (Chemco, Indústria e Comércio Ltda., Hortolândia, São Paulo, Brasil) e imersos em coletor universal (J Prolab Ind. e Com. de Produtos para Laboratório Ltda., São José dos Pinhais, Paraná, Brasil) devidamente identificados, contendo 80 ml de formol 10 % por um período de 48 horas para o processo de fixação tecidual.

Decorrido o processo de fixação tecidual, os dentes foram submetidos a lavagem em água corrente por um período de 4 horas, para remoção total da solução fixadora, acondicionados em cassetes universais individuais (Erviagas Instrumental e Cirúrgica, São Paulo, São Paulo, Brasil) e submetidos ao processo de descalcificação em ácido tricloroacético a 10 %.

Após o período de descalcificação as amostras foram divididas, com auxílio de uma navalha, em três terços (cervical, médio e apical) padronizando o comprimento do terço apical em 4 mm e desidratadas em soluções de graduações ascendentes de álcool etílico (70°; 80°; 90° e 100°) pelo tempo de 1 hora em cada graduação, diafanizadas em solução de xilol, incluídas em parafina, seccionadas de maneira seriada em cortes de 6 µm de espessura e coradas com solução de hematoxilina e eosina. Após a confecção das lâminas as fotomicrografias foram realizadas para a realização da análise morfométrica.

Análise morfométrica

Para o estudo morfométrico, foram analisados, de cada espécime, 10 cortes do terço apical, sendo selecionado um corte e descartados os 50 cortes subsequentes, sucessivamente, com a finalidade de tornar a amostra mais homogênea. Desta forma, o primeiro corte foi o mais apical, após descarte do 1 mm não instrumentado, os 50 cortes subsequentes foram descartados e o corte 51 foi selecionado, seguindo-se sucessivamente até a seleção dos 10 cortes do terço apical.

A análise inicial foi realizada em microscópio óptico (Nikon, Eclipse E 600, Japão) com ocular de 5X/0.13 e objetiva de ampliação de 10X/25, obtendo-se aumento final de 50X. As imagens foram capturadas por meio do software Adobe Photoshop 5.1 (Adobe Systems, San Jose, CA, EUA).

Determinação da área ocupada por “debris”

As imagens digitalizadas foram analisadas utilizando-se a grade de integração do software Image J (National Institute of Health, Maryland, EUA) que permitiu a

contagem dos pontos, coincidentes com as áreas limpas e áreas com “debris” presentes dentro do canal radicular (Figura 11).

Figura 11. “A” Fotomicrografia da região apical (50X). “B” Imagem mostrada em “A” com a grade de integração do software Image J para contagem de áreas com e sem “debris”. A seta vermelha indica região com “debris” e a preta sem “debris”.

A área total do canal radicular, na secção transversal, foi considerada como o número de pontos presentes nos limites da luz do mesmo (área limpa e com “debris”), sem preocupação de se estabelecer seu valor absoluto.

Após a contagem dos pontos que coincidiram com a área limpa e dos pontos das áreas não limpas do canal radicular, foi calculada a porcentagem dos pontos da secção transversal do canal radicular com “debris”. Os dados obtidos estão expressos na tabela VI.

Preparação dos espécimes para microscopia eletrônica de varredura

Os vinte e quatro espécimes foram seccionados, recebendo dois sulcos diametralmente opostos nas suas faces proximais, feitos com disco diamantado dupla face (KG Sorensen, Medical Burs Ind. e Com. de Pontas e Brocas Cirúrgicas Ltda., Cotia, São Paulo, Brasil), acoplado a micromotor elétrico LBC 2000 (Beltec Indústria Comércio Equipamentos Odontológicos, Araraquara, São Paulo, Brasil) com o cuidado para que os sulcos não atingissem o interior dos canais radiculares e, conseqüentemente, depositassem raspas de dentina sobre a superfície a ser analisada.

Os dentes foram então clivados no sentido vestibulo lingual utilizando-se um cinzel Lucas duplo bixel 3 mm e martelo Mead ambos (Quinelato, Schobell Industrial

Ltda, Rio Claro, São Paulo, Brasil). A porção que apresentasse menos irregularidades e com a melhor extensão do canal radicular a ser avaliado foi selecionada para ser submetida à MEV. Os dentes seccionados foram submetidos às graduações ascendentes de álcool etílico para sua desidratação (70°, 80°, 90° e 100°), permanecendo 20 minutos nas concentrações 70°, 80° e 90° e 1 hora na concentração absoluta (100°). Após desidratados, as amostras foram acondicionadas em Eppendorfs, com tampas abertas, e alocados em um desumidificador pelo período de 12 horas, a fim de serem encaminhados para a realização da MEV.

A realização da MEV exigiu que, primeiramente, os elementos fossem metalizados, recebendo cobertura ultrafina de material eletricamente condutor (30 nm) e fixados com fita adesiva condutora de corrente elétrica em suportes metálicos (*stubs*), onde receberam duas tênues camadas de ouro, por meio do aparelho BAL-TEC SCD 050 Sputter Coater (Capovani Brothers Inc., Scotia, New York, USA), (Figura 12).

Figura 12. Metalização da amostra. (A) Detalhe da metade da amostra após ter recebido a confecção de duas canaletas nas faces proximais e ser clivada com auxílio de cinzel e martelo. (B) Aparelho BAL-TEC SCD 050 Sputter Coater utilizado para a realização da metalização dos espécimes. (C) Amostra metalizada, após passar pelo processo de aurificação.

O aparelho utilizado para a realização da MEV foi o Jeol JSM - 6610 LV (Jeol Ltda., Tóquio, Japão) (Figura 13).

Figura 13. Microscópio Eletrônico de Varredura Jeol JSM – 6610 LV.

Durante a análise foram realizadas fotomicrografias de cada terço do canal radicular (cervical, médio e apical) no aumento de 1000X para avaliação da presença da camada de “*smear*”.

As fotomicrografias foram tabuladas sem identificação e submetidas à apreciação de 3 examinadores, previamente calibrados para a leitura e avaliação da limpeza. Os avaliadores, doutores em Endodontia, atribuíram escores que variaram de 1 a 4 a cada fotomicrografia, conforme a quantidade de camada de “*smear*” observada nas paredes dos canais radiculares.

Os escores em números absolutos, variando de acordo com a quantidade da camada de “*smear*” foram analisados seguindo a metodologia proposta por (CHOPRA et al., 2008; RIBEIRO et al., 2012; CASTAGNA et al., 2013). Valores de escores: Escore 1 (todos os túbulos dentinários visíveis/quantidade insignificante de camada de “*smear*”); Escore 2 (mais de 50% dos túbulos dentinários

visíveis/pequena quantidade de camada de “smear”); Escore 3 (menos de 50% dos túbulos dentinários visíveis/camada de “smear” recobrindo a dentina) e Escore 4 (nenhum túbulo dentinário visível/obliteração total dos túbulos pela camada de “smear”) (Figura 14).

Figura 14. Escores representativos para análise em MEV. (A) Escore 1 - todos os túbulos dentinários visíveis/quantidade insignificante de camada de “smear”. (B) Escore 2 - mais de 50% dos túbulos dentinários visíveis/pequena quantidade de camada de “smear”. (C) Escore 3 - menos de 50% dos túbulos dentinários visíveis/camada de “smear” recobrindo a dentina. (D) Escore 4 - nenhum túbulo dentinário visível/obliteração total dos túbulos pela camada de “smear”.

Os dados referentes a presença da camada de “smear” estão expressos na tabela VII.

Análise dos dados obtidos no presente estudo

Na parte 1, deste estudo, obteve-se os dados referentes ao volume do canal radicular, antes e após a irrigação ultrassônica passiva, em mm³ e estes foram avaliados pelo teste paramétrico e não paramétrico de Wilcoxon. (Tabelas III, IV e V).

Na parte 2, deste estudo, obteve-se os dados referentes à remoção de “debris” pela diferença entre o cálculo da porcentagem entre a área total do canal e a área com a presença de “debris” e estes foram avaliados pelo teste não paramétrico de Kruskal-Wallis (Tabela VI).

Na parte 3, deste estudo, obteve-se os dados referentes à remoção da camada de “smear” atribuindo-se escores às fotomicrografias avaliadas e os dados foram avaliados pelo teste não paramétrico de Kruskal-Wallis / Dunn (Tabelas VIII e IX).

Todas as comparações foram realizadas com auxílio do *software BioEstat 5.0* e foram consideradas com índice de significância de 5% ($p < 0,05$).

RESULTADOS

Os resultados apresentados no presente estudo foram obtidos por meio da análise estatística dos dados provenientes à análise do aumento do volume interno do canal radicular após a realização da P.U.I., da porcentagem de “debris” presentes no canal radicular, após a realização da P.U.I. e dos escores atribuídos à limpeza dos terços cervical, médio e apical após a realização da P.U.I. com diferentes soluções irrigadoras finais. Dessa forma, visando facilitar a disposição e compreensão dos resultados, dividiu-se este capítulo em três, como seguem:

1. Análise do aumento do volume interno

Os resultados obtidos por meio de análise em μ CT, antes e após a realização da P.U.I. estão expressos a seguir (**Tabelas I e II**).

Tabela I. Valores em mm³ obtidos antes e após a realização da "P.U.I." nos dentes bovinos.

Amostras	Volume do canal Antes da P.U.I. (mm³)	Volume do canal Após a P.U.I. (mm³)
1	91,90	94,34
2	139,44	140,95
3	141,30	142,50
4	59,72	62,37
5	147,62	149,02
6	170,23	170,63
7	168,22	169,74
8	163,68	164,90
9	95,08	97,30
10	62,04	63,79
Média ± Desvio Padrão	123,92 ± 42,94	125,55 ± 42,40

Tabela II. Valores em mm³ obtidos antes e após a realização da "P.U.I." nos dentes humanos.

Amostras	Volume Antes da P.U.I. (mm³)	Volume Após a P.U.I. (mm³)
1	19.97	20,20
2	24.12	24,69
3	18.96	19,05
4	14.26	14,35
5	20.04	20,04
6	15.93	15,95
7	19.74	19,92
8	22.98	23,24
9	16.62	16,93
10	17.50	17,57
Média ± Desvio Padrão	19,01 ± 3.06	19,19 ± 3,17

Para comparação, do antes e depois da P.U.I., nos dentes bovinos, optou-se pelo teste não paramétrico de Wilcoxon, pois a distribuição dos dados não foi normal.

Tabela III. Valores de volume do canal radicular (mediana, 1ºquartil-3ºquartil) antes a após a realização da P.U.I. nos dentes bovinos.

Antes	Após	Valor de P*
140,3 (91,9-162,7)	141,7 (94,3-164,9)	0,002

*Teste Wilcoxon

Os resultados mostraram aumento estatisticamente significativo do volume do canal radicular após a realização da P.U.I., ou seja, houve ação específica do ultrassom, por meio da cavitação, na parede de dentina.

Para comparação, do antes e depois da P.U.I., nos dentes humanos, optou-se pelo teste paramétrico T pareado, pois a distribuição dos dados foi normal.

Tabela IV. Valores de volume do canal radicular (média $\pm$ desvio-padrão) antes e após a realização da P.U.I. nos dentes humanos.

Antes	Após	Valor de P^*
19,0 (3,1)	19,2 (3,2)	0,008

*Teste T pareado

Os resultados mostraram aumento estatisticamente significativo do volume do canal radicular após a realização da P.U.I., ou seja, houve ação específica do ultrassom, pelo toque e por meio da cavitação, na parede de dentina.

Comparação entre o aumento do volume após a realização da P.U.I., entre os dentes humanos e bovinos a título de ilustração.

Para comparação entre o aumento ocasionado nos dentes bovinos e humanos optou-se pelo teste paramétrico T pareado, pois a distribuição dos dados foi normal. Devido à discrepância de volume entre os dentes bovinos e humanos optou-se por trabalhar com porcentagens.

Tabela V. Valores em % de aumento de volume do canal radicular (média $\pm$ desvio-padrão) após a realização da P.U.I. nos dentes bovinos e humanos.

Grupo	% de aumento de volume	Valor de P^*
Bovino	2,30 $\pm$ 1,61	0,011
Humano	0,89 $\pm$ 0,68	

*Teste T independente

Os resultados mostraram maior porcentagem de aumento de volume no dente bovino, quando comparado ao dente humano, pois o maior volume do canal radicular bovino permitiu maior movimentação da solução interna, maior frequência de vibração e conseqüentemente maior cavitação.

2. Análise da remoção de “debris”

Os dados originais correspondentes à porcentagem de “debris” encontrados no terço apical do canal radicular estão expressos na **Tabela VI**.

Tabela VI. Porcentagem de “debris” na área de secção transversal do canal radicular. Valores originais.

		Porcentagem de “debris”			
	Controle +	Soro Fisiológico	NaOCl 1%	EDTA-C 17%	NaOCl 1% / EDTA-C 17%
Terço Apical	18,80	0,46	0,00	7,89	4,08
	32,26	6,15	2,69	1,53	2,02
		8,96	3,37	1,02	0,97
		0,31	0,00	0,00	0,63
		0,81	0,00	5,79	2,52
Média ± Desvio padrão		3,33 ± 3,97■	1,21 ± 1,67■	3,24 ± 3,40■	2,04 ± 1,37■

*Símbolos iguais indicam não haver diferença estatística, $p > 0,05$.

Os dados foram submetidos ao teste de Shapiro-Wilk para verificar a normalidade das amostras, os resultados mostraram que os dados não eram normais, desta maneira optou-se pelo teste não paramétrico de Kruskal-Wallis por se tratarem de 4 amostras independentes.

Os resultados deste teste (KW=6.0931 $p=0.1923$) demonstraram não haver diferença estatística significativa entre os grupos avaliados.

A figura 15, a seguir, ilustra as imagens representativas dos resultados relacionadas às diferentes soluções associadas a P.U.I.

Figura 15. Fotomicrografias da região apical dos espécimes dos grupos **(A)** Soro fisiológico; **(B)** NaOCl 1%; **(C)** EDTA-C 17%; **(D)** NaOCl 1% / EDTA-C 17%.; com aumento de 50X. Note canais livres de “debris”.

A figura 16, a seguir, ilustra as imagens representativas dos resultados relacionadas ao grupo controle, aonde não foi realizada a P.U.I.

Figura 16. Fotomicrografias da região apical dos espécimes do grupo controle com aumento de 50X. Note canais com presença de “debris”.

Os resultados mostraram que apesar de não haver diferença estatisticamente significativa entre a realização ou não da P.U.I. ($p=0.1923$), qualitativamente, realizar P.U.I., independentemente da solução final utilizada, promoveu melhor remoção de “debris” dos canais radiculares, favorecendo a limpeza.

3. Análise da remoção da camada de “smear”

O conjunto matemático segue um modelo composto por um fator de variação denominado soluções, formado por 4 grupos experimentais, sendo G3 (Soro fisiológico), G4 (NaOCl 1%), G5 (EDTA-C 17%) e G6 (NaOCl 1% / EDTA-C 17%); outro chamado terços, correspondente aos terços cervical, médio e apical dos canais radiculares estudados.

Foram obtidas 3 fotos micrografias para cada amostra, correspondentes ao terço cervical, médio e apical respectivamente. Somaram-se no total 60 fotomicrografias de aumento de 1000X avaliadas por 3 examinadores que atribuíram escores variando de 1 a 4, conforme a quantidade da camada de “smear” observada. Assim obtiveram-se 180 dados de escores.

Os dados dos escores foram submetidos ao Coeficiente Kappa, que teve como objetivo analisar a confiabilidade da classificação das fotomicrografias feitas pelos três examinadores. Esse teste descreve a intensidade de concordância entre examinadores e está baseado no número de respostas concordantes. Os valores obtidos pelo Coeficiente Kappa podem variar de zero (ausência de concordância) e 1 (concordância perfeita). O valor encontrado neste experimento foi de 85% (IC= 0.752 – 0.946) que indica substancial concordância entre os examinadores, classificada como quase perfeita, conforme Landis e Koch, 1977.

Para que os cálculos estatísticos fossem realizados calculou-se a moda, ou seja, o valor que mais se repetia entre os três examinadores, gerando 60 dados com os quais se montou uma tabela com os resultados para cada terço estudado. Os escores atribuídos podem ser vistos na **Tabela VII**.

Tabela VII. Moda dos escores por grupo, por meio de avaliação de três examinadores.

Terços	Soro Fisiológico	NaOCI 1%	EDTA-C 17%	NaOCI 1% / EDTA-C 17%
Cervical	4	4	1	1
	2	2	1	1
	2	4	1	1
	2	4	1	1
	3	3	1	1
Médio	4	4	1	1
	2	2	1	1
	4	4	1	1
	3	4	1	1
	4	4	1	1
Apical	2	4	1	1
	4	4	1	2
	2	4	1	2
	4	4	2	1
	4	4	1	1

Para a análise estatística, foi feita a comparação entre as diferentes soluções avaliadas e entre os diferentes terços estudados, pelo teste de Kruskal-Wallis.

As comparações estão expressos nas tabelas VIII e IX, respectivamente.

Comparação entre as soluções avaliadas

A tabela VIII mostra claramente os resultados do teste de Kruskal-Wallis (KW=61.3808 $p<0,0001$) havendo diferença estatística significativa entre as soluções. Para a determinação de quais soluções eram diferentes, em termos estatísticos, foi realizado o teste de Dunn, cujos resultados são mostrados na Tabela abaixo.

Tabela VIII. Valores da mediana (Max/Min), soma dos postos e do posto médio em cada grupo.

Grupos	Mediana* (Max/Min)	Somo dos Postos	Posto médio
Grupo Controle negativo	1 ■ (1 / 1)	102	17.00
Grupo Controle positivo	4 ● (4 / 4)	360	60.00
Soro Fisiológico	3 ● (4 / 2)	746	49.73
NaOCI 1%	4 ● (4 / 2)	844	56.26
EDTA-C 17%	1 ■ (2 / 1)	277	18.46
NaOCI 1% / EDTA-C 17%	1 ■ (2 / 1)	299	19.93

*Símbolos diferentes indicam diferença estatística, $p<0,05$.

Os resultados obtidos demonstraram, em relação à remoção da camada de “smear”, diferença estatística significativa entre o Soro fisiológico e o EDTA-C 17% ($p<0,05$); entre o Soro fisiológico e a associação de NaOCl 1% / EDTA-C 17% ($p<0,05$); entre o NaOCl 1% e o EDTA-C 17% ($p<0,05$) e entre o NaOCl 1% e a associação de NaOCl 1% / EDTA-C 17% ($p<0,05$), ou seja, o EDTA-C 17% e a associação de NaOCl 1% / EDTA-C 17% promoveram remoção da camada de “smear”, soro fisiológico e NaOCl 1% não removeram a camada de “smear”.

Comparação entre os terços avaliados

A tabela IX mostra claramente os resultados do teste de Kruskal-Wallis (KW=1.2583 $p=0.5330$) não havendo diferença estatística significativa entre os terços estudados.

Tabela IX. Valores da mediana (Max/Min) e valor de p .

Terços	Mediana* (Max/Min)	Valor de p
Cervical	1,5 ■ (4 / 1)	0.533
Médio	1,5 ■ (4 / 1)	
Apical	2 ■ (4 / 1)	

*Símbolos iguais indicam não haver diferença estatística, $p>0,05$.

Os resultados encontrados nos evidenciam que, a limpeza para os três terços, foram similares, não havendo diferença estatisticamente significativa.

Resultado fotomicrográfico

As Figuras 17, 18, e 19, a seguir, ilustram as imagens representativas dos resultados relacionadas às soluções e terços radiculares.

Figura 17. Fotomicrografias da superfície radicular interna (1000X) do terço cervical após a realização da P.U.I. com as diferentes soluções: **(A)** Soro fisiológico; **(B)** NaOCl 1%; **(C)** EDTA-C 17%; **(D)** NaOCl 1% / EDTA-C 17%.

Figura 18. Fotomicrografias da superfície radicular interna (1000X) do terço médio após a realização da P.U.I. com as diferentes soluções: **(A)** Soro fisiológico; **(B)** NaOCl 1%; **(C)** EDTA-C 17%; **(D)** NaOCl 1% / EDTA-C 17%.

Figura 19. Fotomicrografias da superfície radicular interna (1000X) do terço apical após a realização da P.U.I. com as diferentes soluções: **(A)** Soro fisiológico; **(B)** NaOCl 1%; **(C)** EDTA-C 17%; **(D)** NaOCl 1% / EDTA-C 17%.

DISCUSSÃO

O preparo biomecânico dos canais radiculares consiste em etapa fundamental para o sucesso da terapia endodôntica. Este preparo tem como objetivo promover o alargamento das paredes internas do canal radicular promovendo a remoção de tecidos vitais ou não vitais, contaminados ou não, por meio da ação química e mecânica das soluções irrigadoras e dos instrumentos endodônticos (HAAPASALO et al., 2010; MELO-RIBEIRO et al., 2013; CRUZ et al., 2014).

Ao longo dos anos, várias técnicas, instrumentos, soluções irrigadoras e métodos para irrigação ou ativação das soluções irrigadoras foram criados com o objetivo de propiciar melhor limpeza e modelagem do sistema de canais radiculares. No entanto, as variações anatômicas impedem que os instrumentos e as soluções irrigantes atinjam todas as porções do canal radicular, favorecendo a permanência de remanescentes teciduais e bacterianos no canal radicular, em istmos, reentrâncias e ramificações (CRUZ et al., 2014; MOZO et al., 2014; GUERREIRO-TANOMARU et al., 2015; SCHMIDT et al., 2015).

Estudos têm mostrado que, apesar dos incríveis avanços tecnológicos, nenhum sistema é capaz de promover a completa limpeza do sistema de canais radiculares (MELO-RIBEIRO et al., 2013; PAIVA et al., 2013; SRIREKHA et al., 2013; AHMETOGLU et al., 2014; KAMEL; KATAIA, 2014).

Desta maneira inúmeros autores têm demonstrado que independentemente da técnica utilizada durante o preparo biomecânico, há a deposição, nas paredes e no canal radicular, de restos de tecidos orgânicos e inorgânicos denominados de camada de “smear” e “debris”. A presença desses remanescentes resulta na obstrução dos túbulos dentinários, dificultando ou impedindo a ação das soluções irrigadoras, medicação intra canal e penetração do cimento obturador, podendo levar ao insucesso do tratamento endodôntico (McCOMB; SMITH, 1975; DAUTEL-MORAZIN; VULCAIN; BONNAURE-MALLET, 1994; TORABINEJAD et al., 2002; VIOLICH; CHANDLER, 2010; RIBEIRO et al., 2012; AHMETOGLU et al., 2014; KAMEL; KATAIA, 2014).

Os resíduos remanescentes na luz dos canais radiculares após o preparo biomecânico, ou em áreas onde não houve atuação efetiva das soluções químicas e dos instrumentos endodônticos, podem ser analisados e quantificados por diferentes métodos, tais como, MEV (McCOMB; SMITH, 1975; TORABINEJAD et al., 2002; TORABINEJAD et al., 2003; GUERISOLI et al., 2002; TEIXEIRA; FELIPPE; FELIPPE, 2005; ESTRELA et al., 2007; CHOPRA; MURRAY; NAMEROW, 2008; KUAH et al., 2009; SABER; HASHEM, 2011; CAPAR; AYDINBELGE, 2013; CASTAGNA et al., 2013); MO (FERREIRA et al., 2004; MELO-RIBEIRO et al., 2013; CRUZ et al., 2014); análise de cortes e imagens antes e após a instrumentação (DE-MOOR et al., 2010; GREGORIO et al., 2010; SPOORTHY et al., 2013; GRISCHKE; MÜLLER-HEINE; HÜLSMANN, 2014), por μ CT (VERSIANI; PÉCORA; SOUSA-NETO; 2011; DE-DEUS et al., 2014; SHAHID; ALAM; KHAMIS et al., 2015) e por análise microbiológica (WEBER 2003; BEUS et al., 2012; PAIVA et al., 2012; CACHOVAN et al. 2013; COHENCA et al., 2013; PAIVA et al., 2013).

Este estudo utilizou a μ CT, para análise do aumento de volume do canal radicular, que permitiu quantificar o aumento em mm³ após a realização da P.U.I. nos diferentes substratos analisados. A μ CT tem sido utilizada com variados propósitos na área científica e tem servido de referência como importante ferramenta auxiliar para a pesquisa odontológica (VERSIANI; PÉCORA; SOUSA-NETO; 2011; DE-DEUS et al., 2014; SHAHID; ALAM; KHAMIS et al., 2015).

Utilizou, também, a MO para análise da limpeza, que permitiu quantificar a presença de “debris” no interior dos canais radiculares (FERREIRA et al., 2004; MELO-RIBEIRO et al., 2013; CRUZ et al., 2014). O remanescente pulpar e “debris” após a instrumentação dos canais radiculares, representa uma área onde o

instrumento provavelmente não conseguiu atuar e em que a solução irrigante não cumpriu sua função (FERREIRA et al., 2004; MELO-RIBEIRO et al., 2013).

Utilizou, também, a MEV para análise da limpeza, que permitiu quantificar a presença da camada de “smear” na parede interna dos canais radiculares (McCOMB; SMITH, 1975; TORABINEJAD et al., 2002; TORABINEJAD et al., 2003; GUERISOLI et al., 2002; TEIXEIRA; FELIPPE; FELIPPE, 2005; ESTRELA et al., 2007; CHOPRA; MURRAY; NAMEROW, 2008; KUAH et al., 2009; SABER; HASHEM, 2011; CAPAR; AYDINBELGE, 2013; CASTAGNA et al., 2013).

A presença da camada de “smear” após a instrumentação dos canais radiculares representa áreas onde o instrumento atuou, cortando a dentina da parede do canal, alargando o diâmetro interno (TORABINEJAD et al., 2002; TORABINEJAD et al., 2003; VIOLICH; CHANDLER, 2010; KAMEL; KATAIA, 2014).

A MEV é extremamente aceita para esta finalidade, tendo sido o método por meio do qual se evidenciou a existência dessa camada pela primeira vez (McCOMB; SMITH, 1975) permitindo que inúmeros estudos, sobre as características da camada de “smear”, pudessem ser realizados (DAUTEL-MORAZIN et al. 1994; DARDA et al., 2014; MOZO et al., 2014; SCHMIDT et al., 2015).

Os resultados do presente estudo, alcançados após a realização da P.U.I., revelaram que a P.U.I. não é passiva. Observou-se aumento estatisticamente significativo, independentemente do substrato dental analisado. Resultados concordantes também foram observados (BOUTSIOUKIS et al., 2013), que salientou que a P.U.I. não é passiva, sugerindo a alteração do termo de irrigação ultrassônica passiva para irrigação ultrassonicamente ativada. Devido às características anatômicas do canal radicular, ao delgado volume interno e ao movimento, muitas vezes involuntário do operador durante a realização da P.U.I., faz com que o inserto toque nas paredes do canal radicular, esse fato associado a característica da cavitação, impede que a P.U.I. seja passiva.

Durante a realização da P.U.I. a energia acústica é transmitida a partir da oscilação de um inserto liso, ativando o irrigante no interior do canal radicular induzindo o efeito de cavitação. Durante este processo inúmeras bolhas são geradas a partir de um potente turbilhão acústico e o rompimento dessas bolhas favorece a remoção de “debris” do interior do canal radicular (KUNERT, 2006; VAN DER SLUIS et al., 2007b; FELVER et al., 2009; GU et al., 2009; VAN DER SLUIS; WU;

WESSELINK, 2009; CASTELO-BRAZ et al., 2012; CASTAGNA et al., 2013; AHUJA et al., 2014; AHMETOGLU et al., 2014; MOZO et al., 2014).

A característica de oscilação do inserto, principalmente da ponta, durante a P.U.I. também já foi descrita (FELVER et al., 2009; BOUTSIUKIS et al., 2013). O diâmetro e conicidade do canal radicular, após o preparo biomecânico, influem diretamente na execução da P.U.I. pois os movimentos do operador somados a amplitude percorrida pela ponta do inserto muitas vezes é maior do que o diâmetro do canal clinicamente. Estudos foram realizados verificando a influência do diâmetro e da conicidade do preparo biomecânico sobre a execução da P.U.I. Alguns autores afirmaram que estes quesitos interferem diretamente, sugerindo que em canais preparados com conicidades maiores a P.U.I. permitiu uma melhor remoção de “debris” (VAN DER SLUIS; WU; WESSELINK, 2005; HSIEH et al. 2007; JIANG et al., 2010; VERHAAGEN et al., 2012), fato este observado e comprovado em nosso estudo, que realizou, por meio de μ CT, a verificação da não passividade da P.U.I. (Tabelas I e II).

Há também resultados contraditórios observados por (MERINO et al., 2013), que não encontraram relação da eficácia da P.U.I. com a variação da conicidade de preparo do canal radicular, observaram que a ativação ultrassônica independente da conicidade do preparo permitiu que o irrigante alcançasse o comprimento de trabalho.

Tudo indica que o aumento da conicidade parece melhorar a realização da P.U.I., permitindo um melhor efeito de cavitação, no entanto o mesmo não acontece para a irrigação tradicional com seringa e agulha. Preparos mais calibrosos e com conicidade maior reduziram a capacidade do irrigante de chegar no comprimento de trabalho, isso se dá pela diminuição da tensão do irrigante sobre a parede do canal radicular, que é diretamente ligada ao tipo de sistema de ativação, ou característica da agulha irrigadora (BOUTSIUKIS et al., 2010; GOODE et al., 2013; CHEN et al., 2014).

Entretanto, durante a P.U.I., o toque da ponta do inserto na parede do canal radicular não é de todo ruim, pois isso permite que as ondas ultrassônicas (30 KHz) regridam para ondas audíveis (5 KHz), variando a frequência, mas ainda gerando uma cavitação hidrodinâmica considerável (VERHAAGEN et al., 2012; BOUTSIUKIS et al., 2013).

Como existem diferentes formas de insertos, dúvidas foram levantadas sobre a formação de cavitação, ao redor destas pontas dentro do canal radicular durante a realização da P.U.I., contudo, estudos demonstraram que existe a formação de cavitação mesmo em frequências mais baixas, sendo a cavitação variada entre os diferentes insertos e aumentada com o aumento de configuração de energia (HSIEH et al., 2007; FELVER et al., 2009; JIANG et al., 2010; MALENTACCA et al., 2012; MACEDO et al., 2014).

Observamos em nosso estudo que houve aumento do volume interno independente do substrato utilizado. Nos dentes humanos o volume do canal radicular era muito mais reduzido do que o volume do canal radicular dos dentes bovinos. Durante a realização da P.U.I., nos dentes bovinos, pudemos notar que não houve, em nenhum momento, o toque da ponta do inserto ultrassônico na parede do canal radicular, o que não pode ser afirmado quando a P.U.I. foi executada nos dentes humanos, em virtude do diâmetro do canal radicular.

Durante a realização da P.U.I., nos dentes humanos, notou-se que o inserto constantemente tocava a parede interna de dentina do canal radicular. Fato este em concordância com nossos resultados, em um estudo realizado por (BOUTSIUKIS et al., 2013), os autores puderam notar que o inserto permaneceu em contato com a parede do canal radicular por tempo considerável.

Nos dentes humanos pode-se explicar que o aumento de volume interno está relacionado a partir da formação da cavitação que promove turbilhão acústico gerando microbolhas que se chocam promovendo desgaste da parede de dentina no canal radicular, associado ao toque do inserto ultrassônico na parede de dentina interna do canal radicular. Este toque reduz, mas não impede a formação da cavitação e apesar do inserto ultrassônico ser liso ele, em contato com a parede do canal, desgasta a dentina.

Pode-se dizer que o uso da P.U.I. nos dentes bovinos (conforme tabela II) promoveu maior aumento do volume interno, a execução da P.U.I. gerou grande cavitação, pois o inserto estava livre, não perdendo a oscilação em nenhum momento, gerando implosão das microbolhas e grande efeito do turbilhão acústico, que em contato com a parede de dentina promove o desgaste gerando o aumento de volume interno.

O presente trabalho demonstrou que a P.U.I. não é passiva, sugerimos e concordamos com a nova nomenclatura para (irrigação ultrassônica ativa ou

irrigação ultrassonicamente ativada), pois contempla realmente o que está sendo realizado (BOUTSIUKIS et al., 2013; MACEDO et al., 2014).

A implosão dessas microbolhas e a dissipação desta energia durante a P.U.I. nos dá indícios de uma melhor limpeza do canal radicular. Alguns autores afirmaram em seus estudos que a P.U.I. melhora a limpeza final, removendo melhor “debris” do interior do canal radicular (SABINS; JOHNSON; HELLSTEIN, 2003; SPOLETI; SIRAGUSA; SPOLETI, 2003; FERREIRA et al., 2004; LEE; WU; WESSELINK, 2004; VAN DER SLUIS; WU; WESSELINK, 2005; BALTO, 2007; VAN DER SLUIS, 2007; VAN DER SLUIS et al., 2007a; VAN DER SLUIS; WU; WESSELINK, 2009; CASTELO-BRAZ et al., 2012; MOZO; LLENA; FORNER, 2012; MUNOZ; CAMACHO-CUADRA, 2012; VERHAAGEN et al., 2012; BHARDWAJ et al., 2013; CACHOVAN et al., 2013; MOZO et al., 2014).

Contudo, alguns autores são contrários e relataram que a P.U.I. não indicou melhora no resultado de limpeza final (PAIVA et al., 2013; SCHMIDT et al., 2015) para a maioria desses autores a falta de padronização de um protocolo final de ativação da solução irrigadora, o tipo de irrigante, o volume, temperatura e o tempo de ativação, impede que possa ser verificado realmente a influência da P.U.I. na limpeza final (VAN DER SLUIS et al., 2006; PLOTINO et al., 2007; ZELTNER; PETERS; PAQUÉ, 2009).

Em nosso estudo, pode-se observar que não houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos com diferentes soluções irrigadoras finais e o grupo controle, em relação a remoção de “debris” (ver tabela VI). Mas notou-se melhora qualitativa na limpeza atingida após a realização da P.U.I. independentemente da solução irrigadora final (ver figuras 15 e 16).

Podemos atribuir isto ao constante movimento do irrigante no interior do canal radicular quando a P.U.I. é realizada, remanescentes do tecido pulpar e/ou “debris” dentinários acumulados em áreas de difícil acesso ou na própria parede dentinária é trazida para a luz do canal permitindo a remoção durante o processo de irrigação e aspiração, fato este também salientado por (BOUTSIUKIS et al., 2013; HAAPASALO et al., 2014; MACEDO et al., 2014).

A cavitação permite que o irrigante seja levado até o comprimento de trabalho, com importante tensão contra a parede do canal radicular, favorecendo o deslocamento do “debris” para sua posterior remoção (TASDEMIR; CELIK;

YILDIRIMVERA, 2008; TAY et al., 2010; ARIAS; ROMERO, 2011; SINGH; RAO CHANDRASHEKAR, 2012; MERINO et al., 2013; SPOORTHY et al., 2013).

Apesar de notarmos em nosso estudo uma melhora qualitativa em relação a remoção de “debris”, nossos resultados indicam que ela não promoveu a remoção da camada de “smear”, semelhantes resultados foram encontrados por (CHEN et al., 2013; MANCINI et al., 2013; AHUJA et al., 2014).

Fica claro que a ação de qualquer instrumento na parede de dentina promove a formação da camada de “smear” (TORABINEJAD et al., 2002; VIOLICH; CHANDLER, 2010; RIBEIRO et al., 2012; AHMETOGLU et al., 2014; KAMEL; KATAIA, 2014) e esta remoção ao longo de décadas vem sendo realizada por meio de soluções irrigadoras pós preparo do canal radicular denominadas de soluções quelantes e desmineralizadoras tais como o EDTA e suas diversas associações com tensoativos, ácido cítrico, ácido málico, ácido acético, e vinagre de maçã (HÜLSMANN; HECKENDORFF; LENNON, 2003; TORABNEJAD et al., 2003; ESTRELA et al., 2007; YLMAZ et al., 2011; AHMETOGLU et al., 2014; DARDA et al., 2014).

O agente quelante ou desmineralizador deve ser aplicado sobre a dentina radicular, o que promoverá a remoção da camada de “smear” e do “smear” plug, aumentando sua permeabilidade. O EDTA, um sal de ácido fraco, veio a substituir os ácidos fortes, foi o primeiro agente quelante utilizado na Endodontia com a finalidade de facilitar a instrumentação de canais atrésicos. (VON DER FEHR; NYGAARD-OSTBY, 1963; GUERISOLI et al., 2002; YLMAZ et al., 2011; DARDA et al., 2014).

Muitos autores nos mostraram, ao longo dos anos, a importância de se remover a camada de “smear” ante a medicação intra canal, a obturação final do canal radicular e a instalação de pinos de fibra de vidro (TORABINEJAD et al., 2002; TORABNEJAD et al., 2003; ZEHNDER, 2006; ESTRELA et al., 2007; HAAPASALO et al., 2010; VIOLICH; CHANDLER, 2010; BITTER et al., 2013).

É possível perceber que a remoção da camada de “smear” está diretamente relacionada a substância irrigadora quelante e não ao método de ativação desta solução.

No presente estudo pudemos observar que a P.U.I. não promoveu a remoção da camada de “smear”, obtivemos amostras livres ou com pouca presença de “debris” apenas quando associou-se um agente quelante à P.U.I. (ver tabela VII).

No entanto podemos creditar papel importante na realização da P.U.I. para a remoção da camada de “smear”, pois a ação do agente quelante é dependente do tempo e a literatura sugere, como padrão, a utilização de um protocolo de 3 a 5 minutos de espera para que se obtenha uma remoção considerável da camada de “smear”.

Este tempo é consideravelmente grande, e sempre que possível é importante otimizar o tempo de trabalho buscando uma melhor ergonomia tanto para o profissional como para o paciente.

A P.U.I. demonstrou ser um mecanismo importantíssimo para otimização do tempo de trabalho para se alcançar a remoção da camada de “smear” após o preparo biomecânico do canal radicular.

Em nossos resultados foi possível observar que o protocolo de 20 s de EDTA-C associado a P.U.I. obteve resultados idênticos ao grupo controle com tempo de espera de 5 minutos para ação da solução de EDTA-C, fato ocorrido pelo aumento da temperatura e agitação constante da solução. A cavitação agiu como um catalizador, acelerando o tempo necessário para a remoção da camada de “smear”, possibilitando limpeza e ergonomia profissional.

Este trabalho abre novas perspectivas de pesquisa tais como: verificar o efeito da cavitação na desintegração da dentina associada ou não a diferentes soluções irrigante e diferentes protocolos de agitação.

CONCLUSÕES

Com base na metodologia empregada e nos resultados obtidos, conclui-se que:

- 1-** A P.U.I. não é passiva, ela promove alteração de volume no canal radicular, aumentando seu volume interno independentemente do substrato testado;
- 2-** A P.U.I. não promoveu uma remoção de “debris” estatisticamente significativa, independentemente da solução irrigadora final;
- 3-** A P.U.I. não promove a remoção da camada de “smear”, este resultado é dependente e exclusivo da substância quelante utilizada, no entanto a P.U.I. reduz significativamente o tempo de ação desta solução para se atingir a limpeza final, otimizando o tempo clínico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHMETOGLU, F.; KELES, A.; YALCIN, M.; SIMSEK, N. Effectiveness of different irrigation systems on smear layer removal: A scanning electron microscopic study. **European Journal of Dentistry**, v. 08 n. 01, p. 53-7, 2014.

AHUJA, P.; NANDINI, S.; BALLAL, S.; VELMURUGAN, N. Effectiveness of four different final irrigation activation techniques on smear layer removal in curved root canals: A scanning electron microscopy study **Journal of Dentistry, Tehran University of Medical Sciences**, v. 11, n. 01, p. 1-9, 2014.

BALTO, K. Root canal irrigation – which method? **Evidence Based Dentistry**, v. 08, n. 03, p. 5-6, 2007.

BEUS, C.; SAFAVI, K.; STRATTON, J.; KAUFMAN, B. Comparison of the effect of two endodontic irrigation protocols on the elimination of bacteria from root canal system: A prospective, randomized clinical trial. **Journal of Endodontics**, v. 38, n. 11, p. 1479-83, 2012.

BHARDWAJ, A.; VELMURUGAN, N.; SUMITHA; BALLAL, S. Efficacy of passive ultrasonic irrigation with natural irrigants (Morinda citrifolia juice, Aloe Vera and Propolis) in comparison with 1% sodium hypochlorite for removal of *E. faecalis* biofilm: An in vitro study. **Indian J Dent Res.**, v. 24, n. 01, p. 35-41, 2013.

BITTER, K.; HAMBARAYAN, A.; NEUMANN, K.; BLUNCK, U.; STERZENBACH, G. Various irrigation protocols for final rinse to improve bond strengths of fiber posts inside the root canal. **Eur J Oral Sci.**, v. 121, n. 04, p. 349-54, 2013.

BOUTSIOUKIS, C.; GOGOS, C.; VERHAAGEN, B.; VERSLUIS, M. KASTRINAKIS, E.; VAN DER SLUIS, L. W. M. The effect of apical preparation size on irrigant flow in root canals evaluated using an unsteady computational fluid dynamics model. **International Endodontic Journal**, v. 43, n. 10, p. 874-81, 2010.

BOUTSIOUKIS, C.; VERHAAGEN, B.; WALMSLEY, A. D.; VERSLUIS, M.; VAN DER SLUIS, L. W. M. Measurement and visualization of fileto- wall contact during

ultrasonically activated irrigation in simulated canals. **International Endodontic Journal**, v. 46, n. 11, p. 1046-55, 2013.

CACHOVAN, G.; SCHIFFNER, U.; ALTENHOF, S.; GUENTSCH, A.; PFISTER, W.; EICK, S. Comparative antibacterial efficacies of hydrodynamic and ultrasonic irrigation systems in vitro. **Journal of Endodontics**, v. 39, n. 09, p. 1171-75, 2013.

CAPAR, I. D.; AYDINBELGE, H. A.; Surface change of root canal dentin after the use of Irrigation activation protocols: Electron microscopy and na Energy-dispersive X-ray microanalysis. **Microscopy Research and Technique**, v. 76, n. 09, p. 893-96, 2013.

CASTAGNA, F.; RIZZON, P.; ROSA, R. A.; SANTINI, M. F.; BARRETO, M. S.; HUNGARO-DUARTE, M. A.; REIS-SÓ, M. V. Effect of passive ultrasonic instrumentation as a final Irrigation protocol on debris and smear layer removal. A SEM analysis. **Microsc. Res. Tech.**, v. 76, n. 05 p. 496-502, 2013.

CASTELO-BAZ, P.; MARTÍN-BIEDMA, B.; CANTATORE, G.; RUIZ-PIÑON, M.; BAHILLO, J.; RIVAS-MUNDIÑA, B.; VARELA-PATIÑO, P. In Vitro Comparison of Passive and Continuous Ultrasonic Irrigation in Simulated Lateral Canals of Extracted Teeth. **Journal of Endodontics**, v. 38, n. 05, p. 688-91, 2012.

CHEN, J. E.; NURBAKHSB, B.; LAYTON, G.; BUSSMANN, M.; KISHEN, A. Irrigation dynamics associated with positive pressure, apical negative pressure and passive ultrasonic irrigations: A computational fluid dynamics analysis. **Australian Endodontic Journal**, v. 40, n.02, p. 54-60, 2014.

CHOPRA, S.; MURRAY, P. E.; NAMEROW, K. N. A scanning electron microscopic evaluation of the effectiveness of the f-file versus ultrasonic activation of a k-file to remove smear layer. **Journal of Endodontics**, v. 34, n. 10, p. 1243-45, 2008.

COHENCA, N.; SILVA, L. A. B.; SILVA, R. A. B.; NELSON-FILHO, P.; HEILBORN, C.; WATANABE, E.; SARAIVA, M. C. P. Microbiological evaluation of different irrigation protocols on root canal disinfection in teeth with apical periodontitis: An in vivo study. **Brazilian Dental Journal**, v. 24, n. 5, p. 467-73, 2013.

CRUZ, A.; VERA, J.; GASCÓN, G.; PALAFOX-SÁNCHEZ, C. A.; AMEZCUA, O.; MERCADO, G. Debris Remaining in the Apical Third of Root Canals After Chemomechanical Preparation by Using Sodium Hypochlorite and Glyde: An In Vivo Study. **Journal of Endodontics**, v. 40, n. 09, p. 1419-23, 2014.

DARDA, S.; MADRIA, K.; JAMENIS, R.; HEDA, A.; KHANNA, A.; SARDAR, L. An in-vitro evaluation of effect of EDTAC on root dentin with respect to time. **Journal of International Oral Health**, v. 06, n. 02, p. 22-7, 2014.

DAUTEL-MORAZIN, A.; VULCAIN, J. M.; BONNAURE-MALLET, M. An ultra structural study of the smear layer: comparative aspects using secondary electron image and backscattered electron image. **Journal of Endodontics**, v. 20, n. 11, p. 531-34, 1994.

DE-DEUS, G.; MARINS, J.; NEVES, A. A.; REIS, C.; FIDEL, S.; VERSIANI, M. A.; ALVES, H.; LOPES, R. T.; PACIORNIK, S. Assessing accumulated hard-tissue debris using micro-computed tomography and free software for image processing and analysis. **Journal of Endodontics**, v. 40, n. 02, p. 271-76, 2014.

DE-DEUS, Q. D. Endodontia. 5Ed, Rio de Janeiro, Ed. **Medsa**, 1992. 695p.

DE-MOOR, R. J. G.; MEIRE, M.; GOHARKHAY, K.; MORITZ, A.; VANOBBERGEN, J. Efficacy of ultrasonic versus laser-activated irrigation to remove artificially placed dentin debris plugs. **Journal of Endodontics**, v. 36, n. 09, p. 1580-83, 2010.

ESTRELA, C.; LOPES, H. P.; ELIAS, C. N.; LELES, C. R.; PÉCORA, J. D. Limpeza da superfície do canal radicular pelo vinagre de maçã, hipoclorito de sódio, clorexidina e EDTA. **Revista da Associação Paulista de Cirurgiões-Dentistas**, v. 61, n. 02, p. 117-22, 2007.

FELVER, B.; KING, D. C.; LEA, S. C.; PRICE G. J.; WALMSLEY, A. D. Cavitation occurrence around ultrasonic dental scalers. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 16, p. 692-97, 2009.

FERREIRA, R. B.; ALFREDO, E.; ARRUDA, M. P.; SILVA-SOUSA, Y. T. C.; SOUSA-NETO, M. D. Histological analysis of the cleaning capacity of nickel-titanium rotary instrumentation with ultrasonic irrigation in root canals. **Australian Endodontic Journal**, v. 30, n. 02, p. 56-58, 2004.

GOODE, N.; KHAN, S.; EID, A. A.; NIU, L.; GOSIER, J.; SUSIN, L. F.; PASHLEY, D. H.; TAY, F. R. Wall shear stress effects of different endodontic irrigation techniques and systems. **Journal of Dentistry**, v. 41, n. 07, p. 636-41, 2013.

GU, L.; KIM, J. R.; LING, J.; CHOI, K. K.; PASHLEY, D. H.; TAY, F. R. Review of contemporary irrigant agitation techniques and devices. **Journal of Endodontics**, v. 35, n. 06, p. 791-804, 2009.

GUERISOLI, D. M. Z.; MARCHESAN, M. A.; WALMSLEY, A. D.; LUMLEY, P. J.; PECORA, J. D. Evaluation of smear layer removal by EDTAC and sodium hypochlorite with ultrasonic agitation. **International Endodontic Journal**, v. 35, p. 418-21, 2002.

GUERREIRO-TANOMARU, J. M.; CHÁVEZ-ANDRADE, G. M.; FARIA-JÚNIOR, N. B.; WATANABE, E.; TANOMARU-FILHO, M. Effect of passive ultrasonic irrigation on enterococcus faecalis from root canals: An ex vivo study. **Brazilian Dental Journal**, v. 26, n. 04, p. 342-46, 2015.

GREGORIO, C.; ESTEVEZ, R.; CISNEROS, R.; PARANJPE, A.; COHENCA, N. Efficacy of different irrigation and activation systems on the penetration of sodium hypochlorite into simulated lateral canals and up to working length: An in vitro study. **Journal of Endodontics**, v. 36, n. 07, p. 1216-21, 2010.

GRISCHKE, J.; MÜLLER-HEINE, A.; HÜLSMANN, M. The effect of four different irrigation systems in the removal of a root canal sealer. **Clin Oral Invest.**, v. 18, n. 07, p. 1845-51, 2014.

HAAPASALO, M.; SHEN, Y.; QIAN, W.; GAO, Y. Irrigation in Endodontics. **Dent Clin N Am.**, v. 54, p. 291-312, 2010.

HAAPASALO, M.; WANG, Z.; SHEN, Y.; CURTIS, A.; PATEL, P.; KHAKPOUR, M. Tissue dissolution by a novel multisonic ultracleaning system and sodium hypochlorite. **Journal of Endodontics**, v. 40, n. 08, p. 1178-81, 2014.

HSIEH, Y. D.; GAU, C. H.; KUNG-WU, S. F.; SHEN, E. C.; HSU, P. W.; FU, E. Dynamic recording of irrigating fluid distribution in root canals using thermal image analysis. **International Endodontic Journal**, v. 40, p. 11-17, 2007.

HÜLSMANN, M.; HECKENDORFF, M.; LENNON, A. Chelating agents in root canal treatment: mode of action and indications for their use. **International Endodontic Journal**, v. 36, n. 12, p. 810-30, 2003.

JIANG, L. M.; VERHAAGEN, B.; VERSLUIS, M.; VAN DER SLUIS, L. W. M. Influence of the oscillation direction of an ultrasonic file on the cleaning efficacy of passive ultrasonic irrigation. **Journal of Endodontics**, v. 36, n. 08, p. 1372-76, 2010.

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. **Journal of Endodontics**, v. 40, n. 03, p. 446-50, 2014.

KUAH, H. G.; LUI, J. N.; TSENG, P. S. K.; CHEN, N. N. The effect of edta with and without ultrasonics on removal of the smear layer. **Journal of Endodontics**, v. 35, n. 03, p. 393-96, 2009.

KUNERT, I. R. Tecnologia sônica e ultra-sônica. In: MESQUITA, E.; KUNERT, I. R. O ultrassom na prática odontológica. São Paulo, SP: **Artmed Editora S.A.**, p. 24-45, 2006.

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. **International Endodontic Journal**, v. 37, n. 10, p. 672-78, 2004.

MACEDO, R. G.; VERHAAGEN, B.; FERNANDEZ-RIVAS, D.; GARDENIERS, J. G. E.; VAN DER SLUIS, L. W. M.; WESSELINK, P. R.; VERSLUIS, M. Sonochemical and high-speed optical characterization of cavitation generated by an ultrasonically oscillating dental file in root canal models. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 21, n. 01, p. 324–35, 2014.

MALENTACCA, A. UCCIOLI, U.; ZANGARI, D.; LAJOLO, C.; FABIANI, C. Efficacy and safety of various active irrigation devices when used with either positive or negative pressure: An in vitro study. **Journal of Endodontics**, v. 38, n. 12, p. 1622-26, 2012.

MANCINI, M.; CERRONI, L.; IORIO, L.; ARMELLIN, E.; CONTE, G.; CIANCONI, L. Smear layer removal and canal cleanliness using different irrigation systems (endoactivator, endovac, and passive ultrasonic irrigation): Field emission scanning electron microscopic evaluation in an in vitro study. **Journal of Endodontics**, v. 39, n. 11, p. 1456-60, 2013.

McCOMB, D.; SMITH, D. C. A preliminary scanning microscopic study of root canals after endodontic procedures. **Journal of Endodontics**, v. 01, n. 07, p. 238-42, 1975.

MELO-RIBEIRO, M. V.; SILVA-SOUSA, Y. T. C.; VERSIANI, M. A.; LAMIRA, A.; STEIER, L.; PÉCORA, J. D.; SOUSA-NETO, M. D. Comparison of the cleaning efficacy of self-adjusting file and rotary systems in the apical third of oval-shaped canals. **Journal of Endodontics**, v. 39, n. 03, p. 398-401, 2013.

MERINO, A.; ESTEVEZ, R.; GREGORIO, C.; COHENCA, N. The effect of different taper preparations on the ability of sonic and passive ultrasonic irrigation to reach the working length in curved canals. **International Endodontic Journal**, v. 46, n. 05, p. 427-33, 2013.

MOZO, S.; LLENA, C.; FORNER, L. Review of ultrasonic irrigation in endodontics: Increasing action of irrigating solutions. **Med Oral Patol Oral Cir Bucal.**, v. 17, n. 03, p. e512-16, 2012.

MOZO, S.; LLENA, C.; CHIEFFI, N.; FORNER, L.; FERRARI, M. Effectiveness of passive ultrasonic irrigation in improving elimination of smear layer and opening dentinal tubules. **J Clin Exp Dent.**, v. 06, n. 01, p. 47-52, 2014.

MUNOZ, H. R.; CAMACHO-CUADRA, K. In Vivo Efficacy of three different endodontic irrigation systems for irrigant delivery to working length of mesial canals of mandibular molars. **Journal of Endodontics**, v. 38, n. 04, p. 445-48, 2012.

PAIVA, S. S. M.; SIQUEIRA-JR, J. F.; RÔÇAS, I. N.; CARMO, F. L.; FERREIRA, D. C.; CURVELO, J. A. R.; SOARES, R. M. A.; ROSADO, A. S. Supplementing the antimicrobial effects of chemomechanical debridement with either passive ultrasonic irrigation or a final rinse with chlorhexidine: A clinical study. **Journal of Endodontics**, v. 38, n. 09, p. 1202-06, 2012.

PAIVA, S. S. M.; SIQUEIRA-JR, J. F.; RÔÇAS, I. N.; CARMO, F. L.; LEITE, D. C. A.; FERREIRA, D. C.; RACHID, C. T. C.; ROSADO, A. S. Molecular microbiological evaluation of passive ultrasonic activation as a supplementary disinfecting step: A clinical study. **Journal of Endodontics**, v. 39, n. 02, p. 190-4, 2013.

PLOTINO, G.; PAMEIJER, C. H.; GRANDE, N. M.; SOMMA, F. Ultrasonics in endodontics: A review of the literature. **Journal of Endodontics**, v. 33, n. 02, p. 81-95, 2007.

RIBEIRO, E. M.; SILVA-SOUSA, Y. T. C.; SOUZA-GABRIEL, A. E.; SOUSA-NETO, M. D.; LORENCETTI, K. T.; CORREA-SILVA, S. R. Debris and smear removal in flattened root canals after use of different irrigant agitation protocols. **Microsc. Res. Tech.**, v. 75, p. 781-90, 2012.

SABER, S. E. D.; HASHEM, A. A. R. Efficacy of different final irrigation activation techniques on smear layer removal. **Journal of Endodontics**, v. 37, n. 09, p. 1272-75, 2011.

SABINS, R. A.; JOHNSON, J. D.; HELLSTEIN, J. W. A comparison of the cleaning efficacy of short-term sonic and ultrasonic passive irrigation after hand instrumentation in molar root canals. **Journal of Endodontics**, v. 29, n. 10, p. 674-78, 2003.

SHAHID, F.; ALAM, M. K.; KHAMIS, M. F. Application of micro-ct in various discipline of clinical and research dentistry. **International Journal of Pharma and Bio Sciences**, v. 06, n. 03, p. 1194-1206, 2015.

SCHMIDT, T. F.; TEIXEIRA, C. S.; FELIPPE, M. C. S.; FELIPPE, W. T.; PASHLEY, D. H.; BORTOLUZZI, E. A. Effect of ultrasonic activation of irrigants on smear layer removal. **Journal of Endodontics**, v. 41, n. 08, p. 1359-63, 2015.

SINGH, C.V.; RAO, S. A.; CHANDRASHEKAR, V. An in vitro comparison of penetration depth of two root canal sealers: An SEM study. **J Conserv Dent.**, v. 15, n. 03, p. 261-64, 2012.

SPOLETI, P.; SIRAGUSA, M.; SPOLETI, M. J. Bacteriological evaluation of passive ultrasonic activation. **Journal of Endodontics**, v. 29, n. 01, p. 12-14, 2003.

SPOORTHY, E.; VELMURUGAN, N.; BALLAL, S.; NANDINI, S. Comparison of irrigant penetration up to working length and into simulated lateral canals using various irrigating techniques. **International Endodontic Journal**, v. 46, n. 09, p. 815-22, 2013.

SRIREKHA, A.; RASHMI, K.; HEGDE, J.; LEKHA, S.; RUPALI, K.; RESHMI, G. An in vitro evaluation of passive ultrasonic agitation of different irrigants on smear layer removal after post space preparation: A scanning electron microscopic study. **J Indian Prosthodont Soc.**, v. 13, n. 03, p. 240-46, 2013.

TASDEMIR, T.; ER, K.; CELIK, D.; YILDIRIM, T. Effect of passive ultrasonic irrigation on apical extrusion of irrigating solution. **European Journal of Dentistry**, v. 02, p. 198-203, 2008.

TAY, F. R.; GU, L.; SCHOEFFEL, J.; WIMMER, C.; SUSIN, L.; ZHANG, K.; ARUN, S. N.; KIM, J.; LOONEY, S. W.; PASHLEY, D. H. Effect of vapor lock on root canal debridement by using a side-vented needle for positive-pressure irrigant delivery. **Journal of Endodontics**, v. 36, n. 04, p. 745-50, 2010.

TEIXEIRA, C. S.; FELIPPE, M. C. S.; FELIPPE, W. T. The effect of application time of EDTA and NaOCl on intracanal smear layer removal: An SEM analysis. **International Endodontic Journal**, v. 38, n. 05, p. 285-90, 2005.

TORABINEJAD, M.; HANDYSIDES, R.; KHADEMI, A. A.; BAKLAND, L. K. Clinical implications of the smear layer in endodontics: A review. **Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics**, v. 94, n. 6, p. 658-66, 2002.

TORABINEJAD, M.; CHO, Y.; KHADEMI, A. A.; BAKLAND, L. K.; SHABAHANG, S. The effect of various concentrations of sodium hypochlorite on the ability of MTAD to remove the smear layer. **Journal of Endodontics**, v. 29, n. 4, p. 233-39, 2003.

VAN DER SLUIS, L. W. M.; WU, M. K.; WESSELINK, P. R. The efficacy of ultrasonic irrigation to remove artificially placed dentine debris from human root canals prepared using instruments of varying taper. **International Endodontic Journal**, v. 38, n. 10, p. 764-68, 2005.

VAN DER SLUIS, L. W. M.; GAMBARINI, G.; WU, M. K.; WESSELINK, P. R. 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. **International Endodontic Journal**, v. 39, p. 472-76, 2006.

VAN DER SLUIS, L. W. M. Ultrasound in endodontics. **Academic Centre for Dentistry Amsterdam, ENDO**, v. 01, n. 01. p. 29-36, 2007.

VAN DER SLUIS, L. W. M.; SHEMESH, H.; WU, M. K.; WESSELINK, P. R. An evaluation of the influence of passive ultrasonic irrigation on the seal of root canal fillings. **International Endodontic Journal**, v. 40, n. 05, p. 356-61, 2007a.

VAN DER SLUIS, L. W. M.; VERSLUIS, M.; WU, M. K.; WESSELINK, P. R. Passive ultrasonic irrigation of the root canal: A review of the literature. **International Endodontic Journal**, v. 40, p. 415-26, 2007b.

VAN DER SLUIS, L. W. M.; WU, M. K.; WESSELINK, P. R. Comparison of 2 flushings methods used during passive ultrasonic irrigation of the root canal. **Quintessence International**, v. 40, n. 10, p. 875-79, 2009.

VERA, J.; ARIAS, A.; ROMERO, M. Effect of maintaining apical patency on irrigant penetration into the apical third of root canals when using passive ultrasonic irrigation: An in vivo study. **Journal of Endodontics**, v. 37, n. 09, p. 1276-78, 2011.

VERHAAGEN, B.; LEA, S. C.; BRUIN, G. J.; VAN DER SLUIS, L. W. M.; WALMSLEY, A. D.; VERSLUIS, M. Oscillation characteristics of endodontic files: Numerical model and its validation. **IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control**, v. 59, n. 11, p. 2448-59, 2012.

VERSIANI, M. A.; PÉCORA, J. D.; SOUSA-NETO, M. D. Flat-oval root canal preparation with Self-adjusting file instrument: A micro-computed tomography study. **Journal of Endodontics**, v.37, n.07, p. 1002-07, 2011.

VIOLICH, D. R.; CHANDLER, N. P. The smear layer in endodontics – A review. **International Endodontic Journal**, v. 43, n. 01, p. 2-15, 2010.

VON DER FEHR, F. R.; ØSTBY, N. B. Effect of EDTAC and sulfuric acid on root canal dentine. **Oral Surgery**, v. 16, n. 02, p. 199-205, 1963.

WEBER, C. D.; MCCLANAHAN, S. B.; MILLER, G. A.; DIENER-WEST, M.; JOHNSON, J. D. The effect of passive ultrasonic activation of 2% chlorhexidine or

5.25% sodium hypochlorite irrigant on residual antimicrobial activity in root canals. **Journal of Endodontics**, v. 29, n. 09, p. 562-64, 2003.

YILMAZ, Z.; AKTEMUR, S.; BUZOGLU, H. D.; GÜMÜSDERELIOGLU, M. The effect of temperature and ph variations on the surface tension of edta solutions. **Journal of Endodontics**, v. 37, n. 06, p. 825-27, 2011.

ZEHNDER, M. Root Canal Irrigants. **Journal of Endodontics**, v. 32, n. 05, p. 389-98, 2006.

ZELTNER, M.; PETERS, O. A.; PAQUÉ, F. Temperature changes during ultrasonic irrigation with different inserts and modes of activation. **Journal of Endodontics**, v. 35, n. 04, p. 573-77, 2009.

ANEXO

ANEXO A

Parecer consubstanciado de aprovação do projeto de pesquisa pelo Comitê de Ética em Pesquisa da FORP-USP.

FACULDADE DE
ODONTOLOGIA DE RIBEIRÃO
PRETO/ FORP/ USP

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

Título da Pesquisa: Existe passividade quando realizamos irrigação ultrassônica passiva (P.U.I.)?

Pesquisador: Samuel Henrique Câmara de Bem

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 39790114.2.0000.5419

Instituição Proponente: Universidade de São Paulo

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 923.291

Data da Relatoria: 16/12/2014

Apresentação do Projeto:

O preparo biomecânico dos canais radiculares consiste etapa fundamental para o sucesso da terapia endodôntica. Esta etapa tem como objetivo promover o alargamento das paredes internas do canal radicular promovendo a remoção de tecidos vitais ou não vitais contaminados ou não, por meio da ação química e mecânica das soluções irrigadoras e dos instrumentos endodônticos. Tradicionalmente as soluções irrigadoras têm sido inseridas nos canais radiculares por meio da utilização de seringas e agulhas metálicas de diferentes tamanhos, diâmetros e design de pontas, entre tanto, a experiência clínica e os trabalhos de pesquisa tem demonstrado que esta abordagem clássica, normalmente resulta em uma irrigação ineficaz, principalmente em áreas periféricas, de istmos e no terço apical do canal radicular. Desta maneira muitos autores têm proposto que a ativação da solução irrigadora por meio do ultrassom, proporciona maior eficácia na remoção de "debris" e na limpeza dos túbulos dentinários. Durante a realização da irrigação ultrassônica passiva (PUI) a energia acústica é transmitida a partir da oscilação de um inserto liso, ativando o irrigante no interior do canal radicular induzindo o efeito de cavitação. Durante este processo

Endereço: Avenida do Café s/nº

Bairro: Monte Alegre

CEP: 14.040-904

UF: SP

Município: RIBEIRÃO PRETO

Telefone: (16)3602-0251

Fax: (16)3602-4102

E-mail: cep@forp.usp.br

FACULDADE DE
ODONTOLOGIA DE RIBEIRÃO
PRETO/ FORP/ USP

Continuação do Parecer: 923.291

inúmeras bolhas são geradas a partir de um potente turbilhão acústico e o rompimento dessas bolhas favorece a remoção de “debris” do interior do canal radicular. O objetivo deste trabalho será avaliar o efeito da PUI no interior dos canais radiculares, em relação ao volume interno, remoção de “debris” e remoção da camada de “smear” por meio de micro tomografia computadorizada, microscopia óptica e microscopia eletrônica de varredura respectivamente. O projeto está apresentado de forma correta, cumpre todas as normativas estabelecidas pelo CEP da FORP/USP e CONEP. Os pesquisadores são habilitados para execução do mesmo. Relevante para a área da saúde. Bem embasado cientificamente.

Objetivo da Pesquisa:

O objetivo deste trabalho é avaliar os efeitos da irrigação ultrassônica passiva nos canais radiculares. Para tanto avaliaremos a alteração interna do canal radicular (volume) promovida pela P.U.I. por meio da microtomografia computadorizada (CT), a remoção de debris promovida pela P.U.I. com diferentes soluções irrigadoras finais, por meio da microscopia óptica e a remoção da camada de “smear” promovida pela P.U.I. com diferentes soluções irrigadoras finais, por meio da microscopia eletrônica de varredura.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Não tem riscos. Pesquisa será realizada com dentes - in vitro.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Pesquisa bem delineada. Os responsáveis são plenamente habilitados para a execução da mesma. Projeto relevante.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Adequados.

Recomendações:

Nenhuma recomendação.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Protocolo aprovado. Os relatórios (parciais/final) deverão ser encaminhados, utilizando-se da opção “Enviar Notificação” (descrita no Manual “Submeter Notificação”, disponível na Central de Suporte – canto superior direito do portal www.saude.gov.br/plataformabrasil).

Situação do Parecer:

Aprovado

Endereço: Avenida do Café s/nº
Bairro: Monte Alegre CEP: 14.040-904
UF: SP Município: RIBEIRÃO PRETO
Telefone: (16)3602-0251 Fax: (16)3602-4102 E-mail: cep@forp.usp.br

FACULDADE DE
ODONTOLOGIA DE RIBEIRÃO
PRETO/ FORP/ USP

Continuação do Parecer: 923.291

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Considerações Finais a critério do CEP:

Conforme deliberado na 175ª R.O. do CEP.

RIBEIRAO PRETO, 19 de Dezembro de 2014

Assinado por:

Simone Cecilio Hallak Regalo
(Coordenador)

Endereço: Avenida do Café s/nº

Bairro: Monte Alegre

CEP: 14.040-904

UF: SP

Município: RIBEIRAO PRETO

Telefone: (16)3602-0251

Fax: (16)3602-4102

E-mail: cep@forp.usp.br

ANEXO B

Parecer consubstanciado de aprovação do relatório final do projeto de pesquisa pelo Comitê de Ética em Pesquisa da FORP-USP.

FACULDADE DE
ODONTOLOGIA DE RIBEIRÃO
PRETO/ FORP/ USP

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Existe passividade quando realizamos irrigação ultrassônica passiva (P.U.I.)?

Pesquisador: Samuel Henrique Câmara de Bem

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 39790114.2.0000.5419

Instituição Proponente: Universidade de Sao Paulo

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DA NOTIFICAÇÃO

Tipo de Notificação: Envio de Relatório Final

Detalhe:

Justificativa: Relatório Final do projeto.

Data do Envio: 23/08/2015

Situação da Notificação: Parecer Consubstanciado Emitido

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 1.204.692

Apresentação da Notificação:

Adequada. Pesquisador apresentou formulario de relatório final de estudo in vitro devidamente preenchido

Objetivo da Notificação:

Relatório final

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

É estudo in vitro, dentes de banco de dentes

Comentários e Considerações sobre a Notificação:

Adequada

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Endereço: Avenida do Café s/nº

Bairro: Monte Alegre

CEP: 14.040-904

UF: SP

Município: RIBEIRAO PRETO

Telefone: (16)3315-0493

Fax: (16)3315-4102

E-mail: cep@forp.usp.br

FACULDADE DE
ODONTOLOGIA DE RIBEIRÃO
PRETO/ FORP/ USP

Continuação do Parecer: 1.204.692

Sem considerações

Recomendações:

N/A

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Aprovado

Considerações Finais a critério do CEP:

Conforme deliberado na 183ª Sessão Ordinária do CEP/FORP.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Envio de Relatório Final	Relatorio_Final_CEP_FORP_USP_Samuel de Bem.pdf	23/08/2015 20:12:03	Samuel Henrique Câmara de Bem	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

RIBEIRAO PRETO, 28 de Agosto de 2015

Assinado por:
Simone Cecilio Hallak Regalo
(Coordenador)

Endereço: Avenida do Café s/nº

Bairro: Monte Alegre

CEP: 14.040-904

UF: SP

Município: RIBEIRAO PRETO

Telefone: (16)3315-0493

Fax: (16)3315-4102

E-mail: cep@forp.usp.br