

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
Faculdade de Odontologia

**Avaliação da limpeza da superfície dentinária de canais  
radiculares de molares após utilização de diferentes  
sistemas de irrigação.**

Érika Sales Joviano Pereira

Belo Horizonte  
Julho/2009

**Érika Sales Joviano Pereira**

**Avaliação da limpeza da superfície dentinária de canais radiculares de molares após utilização de diferentes sistemas de irrigação.**

Dissertação apresentada ao Colegiado  
do Programa de Pós-Graduação em  
Odontologia

Nível Mestrado.

Área de Concentração: Endodontia

Orientador: Prof<sup>a</sup>. Dra. Maria Guiomar  
de Azevedo Bahia

Co-orientador: Prof. Dr. Vicente Tadeu  
Lopes Buono

Belo Horizonte

Julho/2009

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
Faculdade de Odontologia

**Avaliação da limpeza da superfície dentinária de canais radiculares de molares após utilização de diferentes sistemas de irrigação.**

**Érika Sales Joviano Pereira**

**Membros da Banca Examinadora:**

**Prof<sup>a</sup>. Dra. Maria Guiomar de Azevedo Bahia (Orientador) - FO-UFMG**

**Prof. Dr. Vicente Tadeu Lopes Buono (Co-orientador) - EE-UFMG**

**Prof. Dr. Eudes Gondim Júnior- APCD-SP**

**Prof. Dr. Antônio Paulino Ribeiro Sobrinho - FO-UFMG**

**Prof<sup>a</sup>. Dra. Elza Maria de Araújo (Suplente) - FO-UFMG**

Data da Apresentação: 28/07/2009.

Belo Horizonte, 28 de Julho de 2009.

## DEDICATÓRIA

A Deus, fonte inesgotável de força,

Ao meu querido Pai, Nilton José Pereira (*In Memoriam*), pelo orgulho que demonstrava quando falava dos meus estudos. À minha mãe, Vânia Sales Joviano Pereira pelo exemplo de caráter, pela compreensão e carinho. Ao meu irmão Cláudio Sales Joviano Pereira pelo incentivo e colaboração. Aos tios, tias, primos, enfim, aos familiares que sempre foram pilares essenciais para o meu crescimento e evolução. Ao Frederico Diniz Ventura pela admiração incondicional e aos seus familiares que sempre apoiaram a minha busca pelo conhecimento. Você Fred, me deu grande incentivo e “vestiu a camisa” caminhando ao meu lado, estudando junto, esperando enquanto eu estudava durante tardes e tardes de Domingo. A você, meu amor e meu reconhecimento.

## AGRADECIMENTOS

A minha Orientadora Professora Doutora Maria Guiomar de Azevedo Bahia por acreditar em minha capacidade e por me incentivar a ponto de me fazer acreditar. A confiança em mim depositada me fez evoluir intensamente. Cumprir esta jornada em sua companhia foi um privilégio e, por isso, esses dois anos de curso constituíram os momentos de maior felicidade em minha vida. Mas sua colaboração foi ainda maior. Não é verdade que para alcançarmos a realização de algo desejado é preciso sonhar? Você sonhou e sonha comigo, me faz pensar “alto” e espero que possamos, futuramente, consolidarmos muitos desses sonhos.

Ao meu Co-Orientador Professor Doutor Vicente Tadeu Lopes Bueno pelo carinho e delicadeza que sempre demonstrou por mim. O seu empenho e sua dedicação foram essenciais ao longo do curso. Aprendi muito com sua forma fácil de falar sobre temas difíceis. Você é um grande Mestre pelo qual terei admiração eterna. Jamais vou me esquecer das vezes que nos reunimos para as discussões, pois o aprendizado era tamanho que só tenho a lhe agradecer. Muito obrigada.

Ao Professor Doutor Antônio Paulino Ribeiro Sobrinho pelas orientações dadas durante o mestrado que contribuíram para o meu crescimento como pesquisadora. Sua atenção, seus conhecimentos e sua colaboração foram imprescindíveis para a conclusão dessa dissertação. Tive momentos espetaculares onde pude te ouvir falar sobre Imunologia que foram marcantes. A sua vontade de nos fazer enxergar que o caminho é mais bem percorrido se estivermos unidos e o fato de nos mostrar que os horizontes são amplos com muitas áreas a serem exploradas também foram pontos valiosos que levaremos conosco ao longo da vida.

Aos Professores Dagoberto Brandão, José Eustáquio, Vagner Santos, Evandro Neves Abdo, João Paulo Haddad e Saul de Paiva Martins por suas contribuições em minha pesquisa. Às professoras Elza Maria de Araújo,

Andréia Duarte Vargas, Efigênia Ferreira e Ferreira e Isabella de Almeida Por Deus pela colaboração e pelos conhecimentos adquiridos durante o curso.

À professora Addah Regina Silva Freire que nos auxiliou na execução da parte experimental relacionada à radiologia. Muito obrigada!

Aos meus dois novos “irmãos” Isabella Peixoto e Fabiano Cardoso. Vocês passaram a fazer parte da minha família nestes dois anos. Agradeço-lhes a convivência maravilhosa, a paciência que tiveram para ouvir minhas histórias. Quero vocês comigo eternamente.

Aos companheiros do grupo de pesquisa Ana Cecília, Evandro e Isabella pela dedicação e contribuição importantíssimas durante o processo de calibração. À Marta pelo auxílio durante a submissão do trabalho ao Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG. Aos alunos de iniciação científica Rodrigo Keigo e Marcos Vinícius pela colaboração durante a pesquisa. À Renata Martins, Luciana, Lígia, Rafael, Warley, Ricardo, Jaqueline, Marília, Viviane, Bruno (Laboratório) e ao colega e Professor Luiz Carlos pela participação de cada um em minha caminhada.

A minha turma de mestrado (2007): Adriana, Audrey, Carlos, Cláudia, Fernanda, Cristiane, Daniela, Fabiano, Isabella, Fabíola, Francisco, Heriberto, Ivana e Michele; agradeço-lhes o companheirismo e a consideração que tiveram por mim.

Aos colegas Alfonso Gala, Marco Aurélio e Karina Imaculada pela cordialidade e colaboração.

À Beth, Laís e Zuleica pela ajuda nas “questões burocráticas” e pela atenção.

Ao Lucas Costa e ao Tio Arthur pela elaboração do *software* para a análise das imagens.

À Suely pela preciosa participação durante os experimentos.

À Dagmar pela colaboração para que eu tivesse tempo disponível para os estudos.

Às amigas Carolina Miqueletti, Sílvia Junqueira, Angélica M. C. Lopes e Carmem Regina que sempre apoiaram e me incentivaram a fazer o mestrado.

Afirmo, a todos que de alguma forma contribuíram para que eu chegasse ao trabalho final deste curso que, sozinha não teria sido possível. Esta dissertação é fruto do esforço de todos vocês. Muito obrigada!

# SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS E NOTAÇÕES

LISTA DE FIGURAS

RESUMO

ABSTRACT

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	15
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	18
<b>2.1</b>	<b>Anatomia do sistema de canais radiculares</b> .....	18
<b>2.2</b>	<b><i>Smear layer</i> endodôntica e sua remoção</b> .....	20
<b>2.3</b>	<b>Ação do hipoclorito de sódio</b> .....	23
<b>2.4</b>	<b>Ação do ácido etilenodiaminotetracético</b> .....	27
2.4.1	Técnicas de aplicação do EDTA e do NaOCl .....	30
<b>2.5</b>	<b>Sistema convencional de irrigação</b> .....	32
<b>2.6</b>	<b>Sistemas de irrigação ativa</b> .....	33
2.6.1	O Sistema Endo Activator .....	35
2.6.2	O Sistema EndoVac .....	40
<b>2.7</b>	<b>Métodos de análise da morfologia dentinária após instrumentação Endodôntica</b> .....	41
2.7.1	Métodos semi-quantitativos .....	42
<b>3</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	45
<b>3.1</b>	<b>Objetivo geral</b> .....	45
<b>3.2</b>	<b>Objetivos específicos</b> .....	45
<b>4</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	47
<b>4.1</b>	<b>Seleção e instrumentação dos dentes</b> .....	47
<b>4.2</b>	<b>Sistemas de irrigação utilizados</b> .....	50
<b>4.3</b>	<b>Preparo dos dentes para análise em estereomicroscópio e microscópio eletrônico de varredura</b> .....	54
<b>4.4</b>	<b>Análise das imagens das hemi-seções</b> .....	56



<b>4.5</b>	<b>Análise estatística dos dados obtidos.....</b>	<b>58</b>
<b>5</b>	<b>RESULTADOS e DISCUSSÃO.....</b>	<b>60</b>
<b>5.1</b>	<b>Parâmetros anatômicos: raio e ângulo de curvatura .....</b>	<b>60</b>
<b>5.2</b>	<b>Capacidade de remoção de debris.....</b>	<b>61</b>
<b>5.3</b>	<b>Imagens por estereomicroscópio (MO) e MEV.....</b>	<b>66</b>
5.3.1	Grupo Experimental 1 – irrigação Convencional.....	66
5.3.2	Grupo Experimental 2 – irrigação sônica.....	67
5.3.3	Grupo Experimental 3 – irrigação a vácuo.....	68
<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>71</b>
<b>7</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>73</b>
	<b>ANEXOS.....</b>	<b>87</b>
	<b>ARTIGO.....</b>	<b>96</b>

## LISTA DE ABREVIATURAS E NOTAÇÕES

°C .....	grau Celsius
CPC .....	Comprimento de patência do canal
CT.....	Comprimento de trabalho
cpm.....	Ciclos por minuto
D <sub>0</sub> .....	Diâmetro inicial ( de ponta do instrumento)
°F .....	Grâu Fahrenheit
ISO .....	International Standards Organization
kHz .....	quilohertz
LEOs .....	Lesões de origem endodôntica
MEV.....	Microscópio eletrônico de varredura
ml.....	Mililitro
mm .....	Milímetro
MO.....	Microscópio óptico ou estereomicroscópio
NaOCl.....	Hipoclorito de sódio
NiTi .....	Níquel–Titânio
SCR.....	Sistema de canais radiculares

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1	Raio e ângulo de curvatura, descritos pelos parâmetros $r$ e $\alpha$ .....	19
Figura 2.2	Endo Activator System: contra-ângulo acoplado à ponta vermelha de calibre médio semelhante ao da lima 25/04.....	36
Figura 2.3	EndoVac System.....	39
Figura 2.4	EndoVac System: (A) microcânula em maior aumento, (B) microcânula acima e macrocânula abaixo .....	40
Figura 4.1	Dispositivo para padronização radiográfica (A); tomada radiográfica angulada (B).....	47
Figura 4.2	Projedor de perfis .....	48
Figura 4.3	Confecção de canaletas.....	49
Figura 4.4	Estabilização do elemento dental em base de sílica.....	49
Figura 4.5	Seringa descartável de 3ml e agulha 27x4 gauge .....	51
Figura 4.6	Protocolo de utilização do Endo Activator System: três ciclos de ativação a menos 2mm do comprimento de trabalho.....	52
Figura 4.7	Protocolo de utilização do EndoVac System: irrigação/aspiração na instrumentação pela macrocânula, três ciclos de microirrigação utilizando-se NaOCl, EDTA e novamente NaOCl com a microcânula no CT e recuada a 2mm CT repetidamente durante um período de 30 segundos.....	53
Figura 4.8	Clivagem longitudinal das raízes .....	54
Figura 4.9	Estereomicroscópio.....	55
Figura 4.10	Tela do software exibindo a imagem principal e as três imagens de referência correspondentes aos escores 1, 2 e 3 .....	57
Figura 4.11	Microscópio eletrônico de varredura – Laboratório de Microscopia e Microanálise da Escola de Engenharia da UFMG .....	58
Figura 5.1	Imagens por estereomicroscópio e MEV do Grupo Experimental 1 .....	66
Figura 5.2	Imagens por estereomicroscópio e MEV do Grupo Experimental 2.....	67
Figura 5.3	Imagens por estereomicroscópio e MEV do Grupo Experimental 3.....	68

## RESUMO

Avaliação da limpeza da superfície dentinária de canais radiculares de molares após utilização de diferentes sistemas de irrigação.

O desbridamento do sistema de canais radiculares (SCR) é de extrema importância sendo a irrigação um complemento para o seu sucesso. Atualmente, a desinfecção hidrodinâmica tem recebido grande enfoque. Considerando a dificuldade de limpeza efetiva no terço apical de canais radiculares, torna-se essencial o aprofundamento no conhecimento de novas técnicas de irrigação. Esta pesquisa avaliou, por microscopia ótica (MO) e eletrônica de varredura (MEV), a limpeza do terço apical de canais radiculares por três sistemas de irrigação: convencional, irrigação sônica e irrigação a vácuo. Após aprovação pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG, molares inferiores foram instrumentados pelo sistema *ProTaper Universal* e divididos em três grupos: G1 – 15 dentes irrigados com NaOCl 5,25% e fluxo final com EDTA 17% com agulha de 27X4 gauge; G2 – 15 dentes irrigados com NaOCl 5,25% com agulha 27X4 gauge e ativação sônica (Endo Activator System) por 60s de cada uma das soluções NaOCl e EDTA, após instrumentação e irrigação convencionais e G3 – 15 dentes irrigados durante a instrumentação com NaOCl pela macro cânula do EndoVac System e ciclos de micro irrigação após preparo mecânico-químico com NaOCl e EDTA. As raízes foram seccionadas e observadas por MO e MEV. As imagens do MO foram analisadas, por três avaliadores independentes, para análise qualitativa da limpeza do terço apical pelos escores: (1) pequena quantidade de debris; (2) moderada quantidade de debris e (3) densa quantidade de debris. A análise estatística pelo teste Kruskal-Wallis apresentou diferença estatisticamente significativa entre os grupos com remoção de debris semelhante para irrigações convencional e sônica (70% e 64% respectivamente) e menor remoção de debris do que ambas para a irrigação a vácuo (44%). Concluiu-se que as irrigações convencional e sônica foram semelhantes quanto à remoção de debris do terço apical e a irrigação a vácuo foi menos efetiva do que ambas na limpeza dessa região. Nenhum dos três sistemas de irrigação foi capaz de desbridar completamente o SCR.

Palavras chave: irrigação, instrumentos NiTi, *smear layer*, remoção debris, microscopia.

## ABSTRACT

Capacity of debris removal by conventional irrigation, EndoActivator, or EndoVac.

The aim of the study was to assess, through stereomicroscope (SM) and scanning electron microscopy (SEM), the wall's cleanliness of the molars' root canals on the apical one-third with three different irrigation systems: Needle Irrigation, Endo Activator System and EndoVac System. Canal preparations were made in forty five mandibular human molars with ProTaper Universal System. The teeth were divided into three groups: G1: needle irrigation group – 15 teeth irrigated with NaOCl 5.25% and final flush with EDTA 17% using a 27X4 gauge needle; G2: sonic irrigation group – 15 teeth irrigated with NaOCl 5.25% using a 27X4 gauge needle and sonic activation (Endo Activator) during 60s of each solution NaOCl and EDTA, after conventional cleaning and shaping; G3: vacuum irrigation group – 15 teeth irrigated with the Endo Vac with macrocannula and micro irrigation cycles after the preparation phase with the same reagents NaOCl and EDTA. Subsequently, the roots were sectioned and observed under SM and SEM. The images had their apical third analyzed by three independent examiners in a semi-quantitative manner in accordance with the following scores: (1) small debris quantity; (2) moderate debris quantity and (3) dense debris quantity. The results demonstrated through the ANOVA test that in relation to the anatomical factors angle and curvature radius there wasn't significant difference on their mean values between groups and they haven't influence on the capacity of debris removal. Comparison between groups through Kruskal-Wallis test revealed that at the apical one third the teeth halves from Groups 1 and 2 did not differ significantly ( $p > 0.05$ ) and their capacity of debris removal was 70% and 64% respectively; both had significantly less surface debris ( $p < 0.05$ ) than the Group 3 which presented capacity of debris removal of 44%. The conventional and sonic irrigation methods were similar in the capacity of debris removal and performed significantly better than did the vacuum irrigation.

Keywords: debris removal, conventional irrigation, EndoActivator system, EndoVac system, sonic irrigation, vacuum irrigation.

# INTRODUÇÃO



## 1 INTRODUÇÃO

O preparo mecânico-químico do sistema de canais radiculares (SCR) envolve técnicas de limpeza e formatação adequadas, criando uma forma cônica afunilada até o forame apical. Isto constitui uma condição essencial para a obturação tridimensional e, conseqüentemente, para o sucesso da terapia endodôntica.

Para que se alcance este objetivo deve ser realizado o desbridamento do SCR o qual se constitui em um passo de extrema importância para o sucesso endodôntico. Tal desbridamento consiste na ação mecânica dos instrumentos e na ação química e também mecânica das soluções irrigadoras. A irrigação é um complemento indispensável para que a terapia endodôntica seja bem sucedida. Muitos agentes químicos nas formas líquidas e viscosas têm sido usados como auxiliares no preparo do canal com a finalidade de lubrificação, dissolução de matéria orgânica e inorgânica, remoção de detritos e ação antimicrobiana (STOCK, 1996).

Durante a limpeza e formatação do SCR, a solução mais utilizada é o hipoclorito de sódio (NaOCl) devido a sua excelente ação bactericida e de dissolução de tecido orgânico. Esse irrigante tem sido empregado em concentrações que variam de 0,5% a 5,25%. Além do NaOCl outra solução utilizada como coadjuvante do processo de irrigação é o ácido etilenodiaminotetracético (EDTA) na maioria das técnicas na concentração de 17%.

No terço apical, a limpeza e a formatação são críticas, pois consiste em um espaço reduzido, que exhibe infinitas configurações anatômicas como ramificações, canais laterais e terminações apicais em múltiplos portais de saída. Estudos comprovam que pela irrigação convencional do SCR através de vagarosa injeção de um irrigante intracanal não é possível um desbridamento efetivo de todo o SCR, principalmente, do terço apical.

A excelência na limpeza e formatação do SCR é obtida com a utilização de um método de irrigação efetivo que atue até o comprimento de trabalho. Tal método deve dispensar o irrigante com fluxo e volume adequados, sem forçar a solução para os tecidos perirradiculares. Atualmente, tem sido muito enfocada a desinfecção hidrodinâmica a qual consiste em ativar a solução irrigadora promovendo o movimento deste fluido através de diferença de pressão. Dessa forma, serão alcançados os principais objetivos da técnica que seriam a otimização da troca do irrigante intracanal

e a remoção de debris pelo movimento do fluido. A ativação hidrodinâmica, em canais bem formatados, possui papel estratégico no desbridamento e anti-sepsia inclusive de áreas de anatomia complexa como túbulos dentinários, canais laterais, ramificações e anastomoses.

Recentemente, foram lançados no mercado dois sistemas de irrigação que atuam através da irrigação hidrodinâmica. Um deles é o sistema Endo Activator (Dentsply Tulsa Dental Specialties, Tulsa, OK), composto de uma peça de mão e três pontas resistentes, flexíveis e não cortantes que irão agitar ou energizar os irrigantes utilizados. Suas pontas são feitas de polímero, possuem *design* simples e medem 22mm de comprimento.

O outro sistema de irrigação recebe o nome de EndoVac (Discus Dental, Culver City, CA), que atua promovendo irrigação a vácuo devido à grande diferença de pressão por ele produzida no interior do SCR. É composto de uma macro e uma microcânula. A microcânula pode ser utilizada até o comprimento de trabalho (CT) em canais previamente alargados até o calibre 35 ou maiores.

A questão dos mecanismos de irrigação do SCR está sendo debatida considerando sua seqüência de uso e o volume intracanal requerido para promover a limpeza tridimensional. As dúvidas são muitas como a pressão ideal para a irrigação, a temperatura ótima ou o tempo requerido para um determinado reagente atuar no SCR. O desbridamento e anti-sepsia do SCR também dependem da conicidade do terço apical e do diâmetro terminal da preparação final, e, novamente, não há consenso em como a inter-relação destes itens influencia no uso do irrigante.

Considerando a enorme dificuldade de se trabalhar com eficiência no terço apical, principalmente de molares, e a necessidade de se obter uma técnica de irrigação que contribua de forma eficaz na limpeza dessa região, torna-se essencial o aprofundamento no conhecimento de novas técnicas de desbridamento desta área complexa.

Neste trabalho, pretende-se avaliar, através da estereomicroscopia e microscopia eletrônica de varredura, a limpeza das paredes dos terços apicais dos canais radiculares de molares com três diferentes sistemas de irrigação: o Convencional, o Endo Activator System e o EndoVac System.



# **REVISÃO DE LITERATURA**



## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Anatomia do sistema de canais radiculares**

Atualmente, não há dúvidas de que microrganismos remanescentes no sistema de canais radiculares (SCR), mesmo após o tratamento endodôntico ou que re-colonizaram os canais já obturados, sejam uma das causas de necessidade de retratamentos endodônticos (ZEHNDER, 2006). O tratamento endodôntico, portanto, direciona-se para a eliminação de microrganismos deste sistema e para a prevenção da re-infecção. O preparo químico-mecânico através da combinação de instrumentação mecânica e irrigação antibacteriana é um estágio crítico na anti-sepsia do SCR. A instrumentação mecânica contribui de forma importante na redução bacteriana de canais radiculares infectados (YOUNG, 2007).

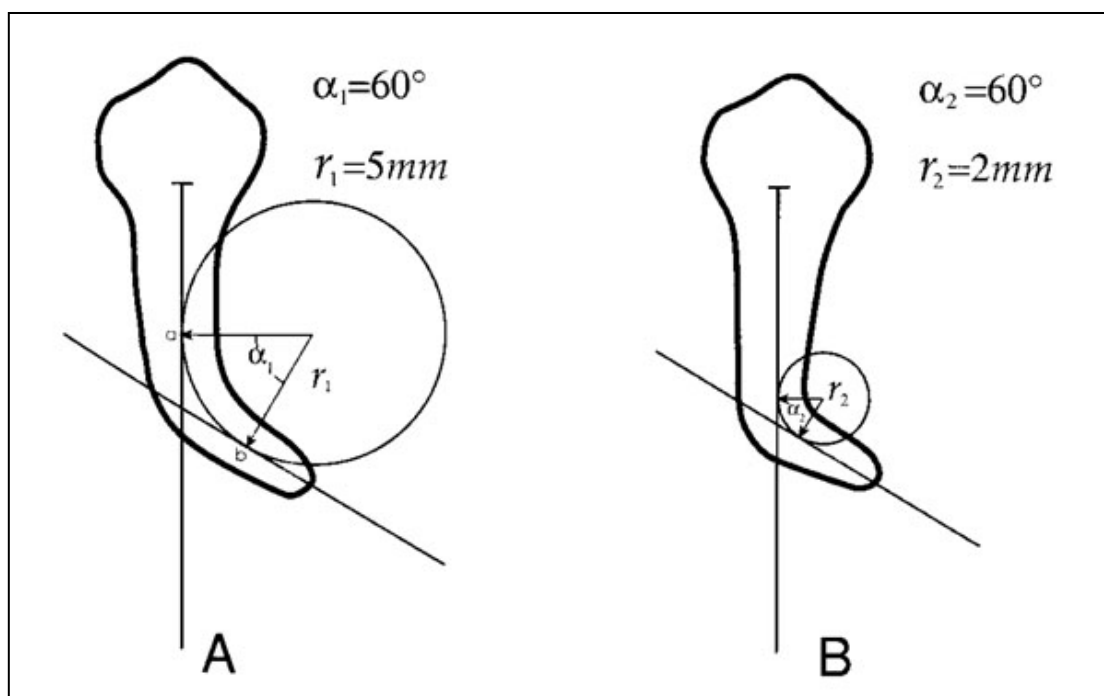
Para o sucesso da limpeza e formatação dos canais radiculares, SCHILDER (1974) propôs um conjunto de objetivos que são alcançados através de procedimentos mecânicos. Idealmente, o canal preparado deve ter uma forma cônica afunilada e contínua em direção ao ápice, com a curvatura natural dos canais preservada e o forame em sua posição espacial original com o menor diâmetro possível facilitando, desta maneira, a realização de uma obturação tridimensional e hermética (FALK et al., 2005).

Entretanto, a anatomia dental impõe limitações ao correto preparo do SCR. Raízes com formato regular e um único forame apical caracterizam mais a exceção do que a regra. A situação real, com a presença de foraminas múltiplas, deltas, istmos, ramificações e curvaturas, confinados num espaço diminuto e cercado por paredes dentinárias com alta dureza, propicia a ocorrência de iatrogenias e incompleto preparo químico-mecânico, principalmente do terço apical (COHEN & BURNS, 2000; BAUGH & WALLACE, 2005).

A curvatura radicular é uma ocorrência freqüente na dentição humana, especialmente em molares, e introduz fatores na formatação que, se não controlados, produzem resultados técnicos indesejáveis, como transportes, formação de degraus e até perfurações. Conceitos de instrumentação têm sido desenvolvidos para lidar com esta situação, mas, mesmo assim, é comum o fato de canais curvos serem alargados a um diâmetro menor do que seriam se estivessem em uma raiz reta. A justificativa para

este procedimento é simplesmente o fato de que instrumentos de menores diâmetros causam menos transporte porque são mais flexíveis e se adaptam melhor à curvatura original do canal, além de, possuírem menor eficiência de corte expressando menos efeitos indesejáveis. Entretanto, as preparações com menores diâmetros ocasionam uma limpeza química e mecânica insatisfatória (ROANE, 1985).

A geometria da curvatura do canal foi definida por PRUETT (1997) através de dois parâmetros: ângulo e raio e curvatura. O raio de curvatura é o raio de um círculo que coincide com o caminho tomado pelo canal na área de curvatura mais abrupta. O ângulo de curvatura é o arco formado entre os pontos de desvio sobre o círculo, ou o ângulo formado entre as linhas perpendiculares traçadas das tangentes que intersectam no centro do círculo. O raio de curvatura representa quão abrupto ou severo um ângulo de curvatura específico ocorre quando o trajeto do canal desvia de uma linha reta. Quanto menor o raio de curvatura, mais abrupto é o desvio do canal (Fig. 2.1).



**FIGURA 2.1** - Raio e ângulo de curvatura descritos pelos parâmetros  $r$  e  $\alpha$ .

FONTE: Pruett et al. 1997.

Durante a instrumentação, quanto mais abrupta for a curvatura, mais concentradas serão as forças contra as paredes do canal. A importância do fator geométrico na instrumentação de canais curvos aumenta quando se considera a presença de

curvaturas primária, secundária e terciária, o que torna ainda mais complexa a anatomia do sistema de canais radiculares (WILDEY et al., 1992; ZHENG et al., 2009).

Podem ocorrer erros de procedimento durante o preparo de canais curvos que alteram a sua morfologia. Embora a técnica de instrumentação possa levar a tais erros, de um modo geral, estas iatrogenias são causadas pela força de restauração, ou seja, a tendência do instrumento em voltar à sua forma reta original quando inserido em um canal curvo devido à rigidez do aço inoxidável comumente empregado em sua fabricação (ROANE et al., 1985).

WILDEY et al. (1992) também frisam que o tipo de instrumento utilizado deve ser cuidadosamente avaliado. De acordo com estes autores, o material do qual as limas são confeccionadas precisa ser duro o suficiente para ter bordas cortantes e resistir à fratura, porém, flexível de forma a seguir as curvaturas.

O pré-alargamento coronário é um fator importante durante a instrumentação, pois, através deste procedimento, será criada área suficiente para refluxo da solução irrigadora quando a mesma for injetada no interior do canal radicular. Isso irá trazer material resultante da formatação em direção coronária melhorando a capacidade de limpeza, diminuindo impactação de material na região apical e extrusão do mesmo para os tecidos perirradiculares (BEESON et al., 1998). Conseqüentemente, haverá melhora significativa da limpeza dos terços coronário e médio pela solução irrigadora em função de um maior tempo de contato e o acesso desta solução à região apical será facilitado (DE LUCA et al., 1998; SIQUEIRA et al., 2002).

Foi verificado, por VAN DER SLUIS (2005), que há uma tendência da irrigação ultrasônica ser mais efetiva na remoção de debris dentinários depositados artificialmente em canais com maiores conicidades após a formatação. É essencial dar importância ao fato de que canais bem formatados retêm um maior volume de irrigante que pode circular, penetrar e limpar todas as áreas do SCR. De forma positiva, o pré-alargamento é mais efetivo em reter maior volume de irrigante, o que tende a melhorar o potencial de troca do mesmo no terço apical do canal (RUDDLE, 2007).

## **2.2 Smear layer endodôntica e sua remoção**

O desbridamento refere-se à eliminação de todo o tecido pulpar, microrganismos (quando presentes) e seus irritantes do SCR. A *smear layer* é formada nas paredes do

canal como um produto gerado por qualquer instrumento metálico utilizado para cortar a dentina, constituída de debris dentinários em combinação com a solução irrigadora. A *smear layer* deve ser considerada como um *cocktail* patogênico e, potencialmente, abriga remanescentes dos tecidos pulpare, microrganismos e irritantes a ela relacionados (RUDDLE, 2007).

O termo *smear layer* foi utilizado, primeiramente, por BOYDE et al. (1963). McCOMB e SMITH (1975) detectaram a *smear layer* endodôntica, após o preparo mecânico-químico do SCR, com aparência semelhante à *smear layer* formada após o preparo de cavidades coronárias. Entretanto, esses autores observaram que, diferentemente da *smear layer* coronária, composta basicamente por dentina, a *smear layer* endodôntica, possuía uma porção inorgânica de tecido calcificado, proveniente da dentina, e era composta, ainda, por remanescentes pulpare e microrganismos.

GAVINI et al. (1994) consideraram que esta camada residual de magma era decorrente da agregação das raspas de dentina aos restos orgânicos e às substâncias químicas utilizadas durante o preparo mecânico-químico da superfície dentinária do canal radicular. Segundo PASHLEY (1992) e SABET (2008), a composição da *smear layer* difere de acordo com a estrutura a partir da qual ela se originava, podendo, assim, ser composta de: dentina orgânica e inorgânica; fragmentos celulares da polpa (como processos odontoblásticos amputados, enzimas citoplasmáticas e organelas); componentes sangüíneos residuais; restos fibrosos de colágeno; proteínas desnaturadas; produtos e resíduos necróticos (quando de necrose pulpar); microrganismos (quando presentes).

Ao se analisar microscopicamente a *smear layer* em magnitudes que variam de 1.000 a 5.000X, são observadas duas camadas distintas: a primeira, ligada frouxamente à dentina adjacente, com cerca de 1 a 2  $\mu\text{m}$ ; e a segunda, no interior dos túbulos dentinários podendo chegar a uma profundidade de até 40  $\mu\text{m}$ . Essa camada forçada para dentro dos canalículos dentinários em diferentes profundidades é chamada de *smear plug*. Em canais preparados e secos observados ao estereomicroscópio verifica-se a presença de pontos esbranquiçados no interior do SCR caracterizando os debris dentinários remanescentes após o preparo (MADER et al., 1984; TORABINEJAD et al., 2002).

Sabe-se que nenhuma solução irrigadora é capaz de remover totalmente tanto os componentes orgânicos quanto os inorgânicos da *smear layer* principalmente no terço

apical (GOLDMAN et al., 1982; YAMADA et al., 1983). A instrumentação dessa região tem sido considerada um componente essencial no processo de limpeza e formatação do SCR e, devido a sua anatomia complexa, sua limpeza efetiva torna-se um desafio (DALTON et al., 1998; FOSCHI et al., 2004; BAUGH, 2005).

O'CONNEL et al. (2000) constataram em um estudo de avaliação da eficácia de sais de EDTA e NaOCl inseridos alternadamente com uma seringa Monoject 27 gauge (0,406mm) que as propriedades de desmineralização dessas soluções foram adequadas nos dois terços coronários dos canais, mas foram menos efetivas no terço apical. O mesmo foi relatado por GOLDMAN et al. (1976) e YAMADA et al. (1983) afirmando que, mesmo após a irrigação com EDTA e NaOCl, com uma agulha especial a qual era perfurada lateralmente e fechada na ponta, inserida a 1mm do comprimento de trabalho, uma grande quantidade de *smear layer* permaneceu na região apical do SCR.

De acordo com Lee ET al., (2004) é de grande importância a remoção de maior quantidade dos debris como parte essencial do tratamento endodôntico. A não remoção dos debris leva a dois problemas: o primeiro deles seria o fato de que o hidróxido de cálcio e outros medicamentos que atuam apenas quando em contato direto com os patógenos não seriam atuantes no espaço ocupado pelos debris não sendo, portanto, efetivos. Segundo, somente as áreas livres de debris poderiam ser preenchidas por gutta-percha e cimento. Se os debris continuam preenchendo as extensões dos canais poderão ficar espaços sem selamento.

Sendo assim, com o intuito de se obter uma superfície dentinária o mais limpa possível, indica-se o NaOCl para dissolução da matéria orgânica e agentes quelantes do íon cálcio para remoção da camada inorgânica (WEST e ROANE, 2000). A eficácia das soluções depende não apenas da sua natureza química, mas também do seu volume e temperatura, do tempo de contato, da profundidade de alcance e superfície atingida, da tensão superficial e da validade da solução (INGLE e BAKLAND, 1994).

O uso de maior volume de solução irrigadora fornece melhores resultados que volumes menores, o que ressalta a importância das sucessivas trocas e da ação de fluxo para maior efetividade na remoção da *smear layer* endodôntica (BAKER et al. 1975; ABOU RASS e PICCININO 1982; GOLDMAN et al. 1982; YAMADA et al. 1983 e GAVINI et al. 1994).

De acordo com LEE et al. (2004) o maior componente da dentina radicular é a matéria inorgânica a qual não pode ser dissolvida pelo NaOCl. Em estudo comparativo entre a habilidade da irrigação convencional (por meio de seringa) com a irrigação ultra-sônica em remover debris colocados artificialmente em irregularidades de canais radiculares preparados, LEE et al. (2004) concluíram que, a capacidade da irrigação ultra-sônica em remover os debris foi maior do que a irrigação convencional. Os autores sugeriram que a remoção dos debris dentinários sofreu maior influência da ação mecânica através da oscilação ultra-sônica do que da ação de dissolução de matéria orgânica. Porém, afirmaram que mais estudos devem ser feitos para avaliar exposições a agentes quelantes no modelo experimental para verificar o grau de contribuição destes na remoção da parte inorgânica da dentina.

### **2.3 Ação do hipoclorito de sódio**

A razão para o tratamento endodôntico provém da lesão pulpar e da presença de microrganismos no interior do SCR (HUANG, 2008). Tais fatores levam a condições inflamatórias que progredem para a isquemia, estase vascular e necrose, culminando com a morte pulpar. Este fenômeno ocorre em um espaço com infinitas e complexas configurações anatômicas ao longo de seu comprimento. O SCR contém ramificações que se comunicam com a área de furca e áreas laterais terminando apicalmente em múltiplos portais de saída. Como consequência, qualquer abertura do SCR para o espaço do ligamento periodontal deve ser vista como um portal de saída através do qual os produtos tóxicos provenientes do SCR infectado podem passar e causar a formação de lesões de origem endodôntica. O objetivo biológico do tratamento endodôntico constitui-se em eliminar toda e qualquer fonte de irritação às estruturas de suporte. Portanto, anti-sepsia e limpeza devem ser realizadas em um tratamento endodôntico promovendo o completo desbridamento, a eliminação da *smear layer*, a desestruturação e remoção do biofilme em todos os aspectos do SCR (CLEGG et al., 2006; RUDDLE, 2007).

A correta irrigação do SCR é de suma importância para o sucesso da terapia endodôntica. Áreas que não são atingidas diretamente pela ação mecânica dos instrumentos endodônticos são limpas através da ação química e física dos irrigantes levando-se em consideração a natureza, concentração e fluxo dos mesmos (STOCK, 1996; SIQUEIRA et al., 2002). Sendo assim, a utilização de um irrigante com propriedades solvente e antibacteriana é essencial durante a formatação do SCR independente da técnica de instrumentação utilizada (BUCK et al., 2001).

Desde o começo do século XX, várias substâncias têm sido empregadas na irrigação do SCR, incluindo soluções quimicamente inativas (água, solução salina, anestésico local) e ativas (estreptoquinase, estreptodornase, papaína), ácidos (ácido cítrico, ácido hidrocloreídrico a 30%), substâncias alcalinas (hipoclorito de sódio, hidróxido de sódio, hidróxido de potássio), agentes quelantes (vários compostos à base do ácido etilenodiaminotetracético - EDTA), agentes oxidantes (peróxido de hidrogênio, peróxido de carbamida), agentes antibacterianos (clorexidina) e detergentes (sulfato lauril de sódio) (STOCK, 1996).

As soluções irrigadoras facilitam a ação dos instrumentos endodônticos, através da lubrificação dos canais radiculares, auxiliando a passagem dos mesmos através de canais estreitos e curvos (STOCK, 1996). Além disso, removem detritos orgânicos e inorgânicos deixados no interior do canal durante a formatação (WEST e ROANE, 2000). Desta forma, para ser efetiva a irrigação deve ser realizada antes, durante e imediatamente após a instrumentação do SCR (DE DEUS, 1992).

Para uma maior eficiência, as soluções irrigadoras devem entrar em íntimo contato com as paredes dos canais, microrganismos e restos orgânicos presentes. Isto dependerá da sua tensão superficial. Quanto menor a tensão superficial da solução empregada, maior será a capacidade da mesma em penetrar nas irregularidades das paredes dos canais, promovendo, assim, um contato adequado (GUIMARÃES et al., 1988).

O hipoclorito de sódio (NaOCl) é a solução mais empregada como auxiliar da instrumentação dos canais radiculares (WEST e ROANE, 2000), em concentrações que variam de 0,5% a 5,25% devido a sua eficiente ação antibacteriana e de dissolução de tecidos orgânicos (STOCK, 1996). Possui um pH alcalino, em torno de 11,5 – 12, baixa tensão superficial e apresenta excelente ação solvente sobre tecidos vivos, necróticos e fixados. Sua habilidade de dissolução de tecido orgânico tem sido observada tanto em condições de aerobiose quanto de anaerobiose (YANG et al., 1995). De modo geral, concentrações mais elevadas levam a uma maior atividade solvente, porém com uma maior citotoxicidade para os tecidos vivos (JOHNSON e REMEIKIS, 1993). Estudos têm mostrado que soluções mais concentradas resultam em maior inibição bacteriana (LEONARDO et al., 1995; SIQUEIRA et al., 1998; SIQUEIRA et al., 2000). Desta forma, as propriedades bactericida e solvente diminuem à medida que a solução é diluída, sendo a segunda mais afetada que a primeira. Tais

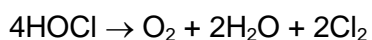
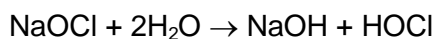


propriedades podem ser realçadas aquecendo-se a solução em torno de 37°C (STOCK, 1996).

A capacidade solvente do NaOCl depende fortemente da quantidade de matéria orgânica e solução presentes, frequência e intensidade do fluxo do irrigante, bem como, superfície de contato entre o tecido e a solução. Sendo assim, a irrigação do SCR, nas várias concentrações de NaOCl, deve ser abundante e renovada constantemente para se obter um efeito máximo (MOORER e WESSENLINK, 1982, SIQUEIRA et al., 2000).

As soluções cloradas possuem ação necrolítica, antitóxica, bactericida e desodorante. A ação oxidante do NaOCl sobre as substâncias protéicas libera prontamente o cloro ativo ( $\text{Cl}_2$ ) e o oxigênio nascente ( $\text{O}_2$ ), o que obriga a uma renovação constante do irrigante a fim de manter sua ação anti-séptica (DE DEUS, 1992). O  $\text{Cl}_2$  liberado é um bactericida notável, promovendo ainda a desodorização e clareamento da dentina. A liberação gasosa do  $\text{O}_2$  é particularmente anti-séptica, e pela ação mecânica de efervescência, arrasta para o exterior os produtos sólidos e semi-sólidos encontrados no interior do SCR (SIQUEIRA, et al., 2000).

De acordo com ESTRELA e FIGUEIREDO (1999) o mecanismo de ação do NaOCl poderia ser ilustrado pelas seguintes reações:



O hidróxido de sódio (NaOH) formado é um potente solvente orgânico e de gordura, provocando reação de saponificação. Já o ácido hipocloroso (HOCl), além de ser solvente orgânico, é um excelente agente antimicrobiano por liberar  $\text{Cl}_2$  nascente que se combina com o grupo amina das proteínas, formando as cloraminas, desta forma oxida e hidrolisa as proteínas celulares. Além disso, oxida o grupo sulfidril dos sistemas enzimáticos bacterianos, retirando osmoticamente água do interior da célula, interrompendo, desta forma, o metabolismo dos microrganismos (ESTRELA e FIGUEIREDO, 1999, SIQUEIRA et al., 2000). As atividades do HOCl dependem do pH da solução. Em meio ácido ou neutro predomina a forma ácida não dissociada, mais instável e menos ativa, e em meio alcalino prevalece a forma iônica não dissociada, mais estável e ativa. Por este motivo a vida útil das soluções de NaOCl com pH elevado é mais estável que as de pH próximo do neutro (ESTRELA e FIGUEIREDO, 1999).

A estabilidade química do NaOCl pode ser afetada por uma série de fatores, como a elevação da temperatura, exposição à luz, presença de sais metálicos e matéria orgânica, diminuição do pH e da concentração da solução (JOHNSON e REMEIKIS, 1993). Sendo assim, a temperatura de armazenamento, bem como, a concentração da solução são importantes fatores que podem afetar a velocidade de decomposição da solução.

JOHNSON e REMEIKIS (1993) avaliando a vida útil de diferentes concentrações de NaOCl em relação à capacidade de dissolução de tecido de cordão umbilical humano, observaram que a capacidade solvente do NaOCl a 5,25% permaneceu relativamente estável por mais de 10 semanas, enquanto soluções diluídas (1% e 2,62%) apresentaram uma diminuição considerável na sua capacidade de dissolução a partir da segunda semana do experimento.

Vários autores são unânimes em afirmar que os instrumentos endodônticos, sejam eles manuais ou acionados a motor, não são capazes de formatar todas as paredes do SCR, deixando áreas intocadas, sendo o terço apical o mais crítico (DE LUCA, et al., 1998; IMURA et al., 2000; SCHÄFER e ZAPKE, 2000; JARDINE e GULABIVALA; 2000; AHLQUIST et al., 2001; EVANS et al., 2001; PETERS et al., 2004; VERSÜMER et al., 2002).

Os instrumentos de NiTi acionados a motor produzem uma formatação significativamente rápida, diminuindo o tempo de contato da solução irrigadora com o material existente no interior dos canais. Desta forma, em função do tempo do preparo químico-mecânico durante a terapia endodôntica ser usualmente menor, o ideal seria o emprego de soluções mais concentradas. Concentrações mais altas tendem a produzir uma atividade antibacteriana e uma capacidade de dissolução mais prolongada dentro do canal radicular (SIQUEIRA et al., 2000).

Apesar de ser considerado o irrigante mais utilizado em Endodontia, o NaOCl apresenta algumas desvantagens, como o fato de ser extremamente cáustico, corroer equipamentos e causar reação alérgica quando extravasado para o periápice em altas concentrações e grandes volumes (STOCK, 1996).

## 2.4 Ação do ácido etilenodiaminotetracético

De acordo com a literatura, o ácido etilenodiaminotetracético (EDTA) é o agente de ação quelante mais utilizado para remover o conteúdo inorgânico da *smear layer* de canais radiculares. O EDTA é um pó branco, insolúvel e inodoro, cuja fórmula química é composta por  $C_{10}H_{16}N_2O_8$  formando 4 grupos acéticos ligados ao etilenodiamino (SKOOG et al., 1996). O uso do EDTA na Endodontia foi introduzido por Östby em 1957, para a instrumentação de canais atresiaados, sob a forma de uma solução aquosa a 15,56%, composta de 17 gramas de etilenodiaminotetracetato dissódico, 100 ml de água destilada e 9,25 ml de hidróxido de sódio, com um pH de 7,3. De acordo com HOLLAND et al. (1973), essa fórmula original de Östby levou à obtenção de uma solução concentrada de EDTA trissódico indicada no tratamento de canais radiculares em que se deseja um efeito descalcificador mais acentuado na dentina (LEONARDO 1998).

Sua molécula possui seis sítios potenciais para se ligarem a íons metálicos, sendo quatro grupos carboxílicos e dois grupos aminos centrais, conferindo-lhe a propriedade de ação quelante (SKOOG et al., 1996). O EDTA, isoladamente, possui baixa atividade quelante por ser pouco solúvel em água e, portanto, ter baixo potencial de solubilidade (PS= 0,001 mol/litro). A sua conversão em um sal dissódico, após a titulação com duas moléculas de hidróxido de sódio (NaOH), lhe conferiu maior solubilidade, aumentando-lhe o PS para 0,4 mol/litro e intensificando, assim, sua ação quelante (PAIVA e ANTONIAZZI 1988).

A adição de 4 moléculas de NaOH ao ácido diaminotetracético resultou na formação do EDTA tetrassódico utilizado por ORSTAVIK e HAAPASALO (1990), LAMBRIANIDIS et al. (1999) e KOULAOUZIDOU et al. (1999). Essa adição de mais uma molécula de NaOH, tornando o EDTA uma solução tamponada, não só foi responsável por se obter uma solução alcalina, mas também, pela estabilização do pH, mesmo durante as modificações do meio (OHLWEILER, 1982). Constatou-se ainda, segundo SEIDBERG e SCHILDER (1974) e McCOMB e SMITH (1975), que 7,5 é o pH ideal para o EDTA seqüestrar os íons cálcio.

De acordo com a literatura, o ácido etilenodiaminotetracético (EDTA) é o agente quelante mais utilizado para remover o conteúdo inorgânico da *smear layer* de canais radiculares instrumentados sendo, ainda, o material que oferece melhores resultados (MCCOMB e SMITH, 1975; GOLDMAN et al., 1981; 1982; SASSONE, 1999;

MARENDING, 2007; SAITO et al., 2008). Está comprovado que o uso do EDTA, seguido da irrigação com NaOCl, é mais eficiente em promover a limpeza das paredes dentinárias do SCR do que o emprego da irrigação final apenas com EDTA (GOLDMAN et al., 1982; YAMADA et al., 1983; CHOPRA et al., 2008). Esses autores consideraram que a ação complementar do NaOCl foi importante devido a sua atuação nos componentes orgânicos da *smear layer* endodôntica.

Sendo a dentina um complexo molecular composto, basicamente, por hidroxiapatita, o mecanismo de ação do EDTA é consequência dessa especificidade em seqüestrar os íons cálcio bivalentes presentes nos cristais de hidroxiapatita, formando associações estáveis até completa saturação da ação quelante, o que confere à solução sua característica auto-limitante (LEONARDO, 1998).

Diferentes produtos comerciais apresentam em sua composição o EDTA associado a outros componentes. Dentre eles está o *RC-Prep* que é composto por EDTA 15%, peróxido de uréia 10% e glycol (HELING et al., 1999), o *REDTA* composto por EDTA dissódico mais hidróxido de sódio e amônio trimetilcetil (GOLDMAN et al., 1981; 1982) e o *Largal Ultra*, uma solução alcalina que possui EDTA a 15% (GUTIERREZ et al., 1982). Outros produtos relatados foram o EDTAC, resultante da combinação do EDTA com o Cetrimide (ABBOTT et al., 1991); o EDTA -T, produzido após a associação com o tergentol (ZACCARO SCELZA, 1998); o Calcinase, que possui o EDTA a 20% (KARAGÖZ-KUÇUKAY e BAYIRLY, 1994) e o Endodilator (DOVGAN, 1998)

Segundo LEE et al. (2004) 5 minutos de exposição ao EDTA desmineralizou parcialmente a *smear layer* das paredes radiculares em 30µm. Em um estudo realizado por DE-DEUS et al., (2008) o EDTA apresentou maior remoção de *smear layer* quando aplicado por 5 minutos sobre superfície dentinária. De forma semelhante, PÉREZ-HEREDIA et al. (2008) afirmaram que o EDTA 15% descalcificou a dentina extraíndo maior quantidade de cálcio nos primeiros 5 minutos.

O efeito bactericida do EDTA foi avaliado por HELING et al. (1999), comparando-se a ação do *RC-Prep*, do EDTA 15% e do peróxido de uréia, em incisivos bovinos esterilizados em autoclave e contaminados com o *Staphylococcus aureus* e o *Streptococcus peltzer*. Foi constatado que o EDTA 15% apresentou baixo efeito antimicrobiano após 10 minutos. Observou-se ainda, a ocorrência de ligeira eliminação do *S. aureus*, após a incubação por 45 minutos. O *RC-Prep* e o peróxido de uréia apresentaram melhor poder bactericida, principalmente após 45 minutos. Outro estudo que observou o baixo poder bactericida do EDTA tetrassódico a 17% foi desenvolvido

por ORSTAVIK e HAAPASALO (1990). Sua ação anti-séptica foi testada contra o *Enterococcus faecalis*, o *Streptococcus sanguis*, a *Pseudomonas aeruginosa* e a *Escherichia coli*.

Quanto à citotoxicidade, sabe-se que a extrusão de qualquer solução irrigadora através do forame apical poderá causar reações teciduais e dor. Portanto, o ideal é que o agente irrigante apresente a menor toxicidade possível. Com o intuito de se avaliar a reação tecidual de camundongos a várias soluções irrigadoras endodônticas, TORNECK, (1961) implantou tubetes de polietileno, contendo os medicamentos, na região dorsal dos animais. Como controle, utilizaram solução fisiológica. As análises histológicas foram realizadas 48 e 96 horas após. Todos os agentes demonstraram potencial irritante, variando apenas os níveis de irritação. O EDTA foi uma das substâncias que apresentou reação mais leve, não interferindo no processo de reparo cicatricial.

Em concordância, SILVEIRA (1992) constatou que tanto o EDTA quanto a soda clorada, a água de cal e o ácido cítrico provocaram inflamação no tecido pulpar apical e nos tecidos periapicais dos dentes de cães. Nesse trabalho, os resultados demonstraram que a intensidade da inflamação resultante nos tecidos apresentou uma ordem crescente, iniciando-se pela água de cal, EDTA, ácido cítrico e, apresentando-se como a mais irritante, a soda clorada.

Em estudos mais específicos sobre EDTA, foi observado que baixas concentrações de EDTA dissódico interferem nas funções dos receptores Peptídeos Intestinais Vasoativos (VIP) das membranas dos macrófagos (SEGURA et al. 1996). Baseando-se em estudos anteriores, em que os autores constataram que os receptores VIP estimulavam a produção de monofosfato de adenosina cíclico (AMPC) e inibiam a capacidade de adesão a agentes estranhos, foi concluído que a extrusão do EDTA nos tecidos periapicais, ao modificar essa interação VIP – macrófago, poderia alterar a regulação neuroimunológica e inibir a ação fagocitária dos macrófagos. Assim, eles levantaram a hipótese de que o EDTA, ao atingir os tecidos periapicais de humanos durante o tratamento endodôntico, mesmo que em baixas concentrações, poderia comprometer os mecanismos inflamatórios das lesões periapicais. SEGURA et al. (1997) confirmaram que o EDTA causou a diminuição da capacidade de adesão dos macrófagos inflamatórios em camundongos.

Em um estudo, *in vitro*, utilizando linhagens celulares de fibroblastos de camundongos, KOULAOUZIDOU et al. (1999) avaliaram a citotoxicidade do EDTA e NaOCl em diferentes concentrações. As concentrações de 17% e 15% de EDTA e, 2,25% de NaOCl foram, severamente citotóxicas, pois reduziram rapidamente o número de células viáveis após 1 hora de contato.

#### **2.4.1 Técnicas de aplicação do EDTA e do NaOCl**

De acordo com CUNNINGHAM e BALEKJAN (1980) as soluções irrigadoras intracanal e sua seqüência de uso são fatores significativos que influenciam a limpeza. Investigações científicas têm sido feitas para identificar as melhores soluções, a temperatura ideal e a ação máxima das mesmas. O potencial para desbridar e desinfetar é muito influenciado pela alternância entre tipos específicos de soluções intracanal ou pelo uso destas em combinações. Recentemente, o que se chamava de soluções de fluxo final têm emergido e o seu uso tem sido defendido para melhorar a limpeza do canal. Exemplos destas soluções são *Bio-Pure MTAD Antibacterial Root Canal Cleanser* (Dentsply Tulsa Dental Specialties), *Smear Clear* (Sybron-Endo) e Clorexidina (CHX). Contudo, os mais importantes reagentes usados rotineiramente para limpeza do SCR são o hipoclorito de sódio (NaOCl) e ácido etilenodiaminotetracético (EDTA – Roth International).

Estudos demonstram que o aquecimento do NaOCl a 60°C (140°F) aumenta significativamente os níveis de efetividade em dissolver tecido (CUNNINGHAM e BALEKJAN, 1980).

Em relação ao tempo de aplicação das soluções irrigadoras GOLDBERG e SPIELBERG (1982) observaram que, após 5 minutos, se obteve a ação desejada do EDTAC para a remoção da *smear layer* endodôntica, mas que, um ótimo tempo de trabalho do EDTAC foi de 15 minutos, pois, após esse período, a ação quelante não mais ocorria.

Menor tempo de aplicação foi utilizado por YOSHIDA et al. (1995) que realizaram a irrigação com EDTA 15%, associado ao emprego do ultra-som, durante 1 minuto e irrigação final com água destilada. Em estudo semelhante, KUAB et al. (2009) verificaram que a combinação do EDTA 17% e ultra-som por 1 minuto foi capaz de remover *smear layer* e debris do terço apical de pré-molares *in vitro*. SYDNEY et al. (1996), optando pela utilização de um menor volume de EDTA, preencheram cada

canal com EDTA e aguardaram 5 minutos sendo que, ao final, foi realizada a irrigação com NaOCl 1%.

Uma variação interessante do EDTA foi obtida a partir do acréscimo de etilenodiamino 5%, à fórmula original de EDTA, com o objetivo de proporcionar ao EDTA trissódico 17% a ação solvente sobre matéria orgânica (AKTENER e BILKAY, 1993). Foi realizada a irrigação com 10 ml (1 minuto) ou com 20 ml (2 minutos) dessa associação, após a instrumentação dos canais e, ao final, 10 ml de solução salina fisiológica.

ABBOTT et al. (1991) foram os primeiros autores que defenderam a irrigação alternada entre EDTA e NaOCl durante a instrumentação. Nesse estudo, foram utilizados 10 ml de EDTAC durante a instrumentação até a lima # 30, 6 ml de NaOCl 1% com as limas # 35, 40 e 45, e uma última irrigação com 2 ml de EDTAC durante 2 minutos. O uso alternado de EDTA 10% e NaOCl 5%, durante a instrumentação foi avaliado, *in vitro*, por BERUTTI et al. (1997). Foi utilizado um volume total de NaOCl de 33 ml em cada dente e ao final da instrumentação os canais foram irrigados com 3 ml de EDTA 10%. Após 3 minutos com EDTA houve irrigação com 3 ml de soro fisiológico para neutralizar a ação química dos irrigantes.

GALVAN et al. (1994), após secarem os canais com pontas de papel, optaram pela irrigação com 5 ml de EDTA durante 1 minuto, 5 ml de água deionizada e depois 5 ml de NaOCl 5,25%, também durante 1 minuto. KENNEDY et al. (1986), utilizaram como soluções irrigadoras 20 ml de EDTA seguidos de 10 ml de NaOCl 5,25%. Uma variação técnica que resultou em menor volume de EDTA 15%, como irrigação final, foi empregada por CERGNEUX et al. (1987). Esses autores apenas preencheram toda a luz do canal com EDTA e aguardaram 4 minutos. Não se realizou a irrigação com NaOCl.

Em relação ao volume de solução irrigadora utilizada durante o preparo químico-mecânico, SABET (2008) em pesquisa comparando a ultra estrutura morfológica das paredes dentinárias preparadas pelos sistemas rotatórios *ProTaper* e NRT System preconizaram a quantidade de 1 ml de NaOCl 2,6% entre cada instrumento. NIELSEN e BAUMGARTNER (2007) em estudo comparativo entre o método de irrigação a vácuo e a irrigação convencional preconizaram a utilização de 1 ml de NaOCl 5,25% por canal entre cada instrumento rotatório em ambos os grupos experimentais.

Diante do exposto, fica claro que os resultados dos diferentes estudos sobre a eficiência do EDTA e do NaOCl, em remover a *smear layer* endodôntica, ainda não são definitivos, dificultando, assim, a decisão final sobre a escolha de uma técnica ideal.

## 2.5 Sistema convencional de irrigação

A irrigação convencional inicia-se pela vagarosa injeção de uma solução no interior do canal radicular. Neste método, o irrigante é passivamente dispensado através de uma variedade de diferentes agulhas e cânulas flexíveis. A cânula permanece frouxa no canal permitindo o refluxo de irrigante e o movimento de debris coronalmente. Cânulas de calibres menores podem ser escolhidas para alcançar áreas mais profundas e uma melhor distribuição do fluido. Certas cânulas podem dispensar o irrigante pelas suas extremidades enquanto outras o distribuem através de extremidade fechada com aberturas laterais. A injeção lenta do irrigante em combinação com o contínuo movimento manual irá eliminar acidentes com NaOCl. A irrigação passiva tem suas limitações devido à reserva estática do irrigante, restringindo o potencial de penetração e circulação do reagente e limpeza em todos os aspectos o SCR (RUDDLE, 2007; HOCKETT et al., 2008; BOUTSIUKIS et al., 2009).

Segundo GU et al., (2009) o movimento do fluido criado na irrigação convencional é bastante fraco. Após a utilização desta forma de irrigação, irregularidades e áreas inacessíveis do SCR abrigam debris e bactérias tornando ineficiente o desbridamento dentinário. Estes autores observaram que quando a irrigação convencional foi empregada, a solução irrigadora foi dispensada a apenas 1 mm de profundidade além da ponta da agulha. Essa é uma questão problemática, pois a ponta da agulha normalmente localiza-se no terço coronário de canais atrésicos, ou, no máximo, em terço médio de canais mais amplos.

O tipo de agulha utilizada para a irrigação, bem como, o seu posicionamento no interior dos canais são importantes fatores a serem observados a fim de maximizar os efeitos da irrigação e evitar extrusão de NaOCl. O posicionamento mais profundo da agulha no interior do canal radicular é mais efetivo na remoção de detritos, entretanto aumenta as chances de extrusão periapical. Sendo assim, a solução irrigadora deve ser levada passivamente até a região apical através do instrumento endodôntico. Durante a irrigação a agulha deve ser introduzida frouxamente no canal e o líquido injetado com uma pressão mínima. Desta forma, evita-se uma extrusão acidental de



NaOCI para os tecidos periapicais permitindo um espaço para a solução circular no interior do canal removendo partículas em suspensão (BROWN et al., 1995; BEESON et al., 1998).

Quanto ao calibre da agulha de irrigação CHOW (1983) propôs o uso de agulhas bem finas, posicionadas o mais profundamente possível, limitadas ao interior do canal, para obter uma irrigação efetiva nos 5 mm apicais. ABOU-RASS e PICCININO (1982) ressaltaram que para maior remoção de debris, agulhas de menor diâmetro, com gauge de 27 ou 30, devem ser posicionadas no terço apical. Portanto, os fatores que devem ser considerados a fim de se melhorar a eficácia da irrigação convencional incluem a proximidade da agulha de irrigação ao ápice, maior volume de solução irrigadora e menores calibres de agulhas de irrigação (GU et al., 2009).

## **2.6 Sistemas de irrigação ativa**

O completo desbridamento do SCR constitui um componente crítico da terapia endodôntica. A eficácia químico-mecânica de um regime de irrigação depende da habilidade em contatar todo o SCR. Apesar de o irrigante estar em contato direto com as superfícies internas dos canais, há certa dificuldade de contato com a região apical devido ao seu menor diâmetro. Além disso, nessa região pode haver também um acúmulo de ar formando uma espécie de vácuo o qual impede o contato da solução irrigadora. Este “aprisionamento” de ar devido ao avanço de uma frente líquida em micro – canais de extremidade fechada ou muito estreita é um fenômeno físico bem conhecido. Após horas ou dias, esses canais serão molhados pelo fluido. Porém, em procedimentos endodônticos, nos quais a agulha irrigadora atinge apenas terços médio e coronário e que são executados, normalmente, em um período de tempo menor o ar enclausurado na porção apical pode impedir a desinfecção por não haver o contato do irrigante com essa região (GU et al., 2009). Alguns estudos sugerem que a ponta da agulha de irrigação deveria ser colocada o mais próximo possível do ápice para maior efetividade na limpeza de todo o comprimento do SCR. Entretanto, se a ponta for colocada muito próxima ao forame, as chances de extrusão da solução irrigadora aumentam podendo resultar em danos severos ao periápice.

Instrumentos endodônticos de ativação ultra-sônica e sônica têm sido indicados para promoverem uma melhora do desbridamento do SCR. Dispositivos ultra-sônicos para serem utilizados nos tratamentos de canais radiculares foram introduzidos por RICHMAN em 1957. Um equipamento ultra-sônico comercial projetado por

CUNNINGHAM e MARTIN foi designado para uso endodôntico em 1982. Assim, dispositivos ultra-sônicos têm sido desenvolvidos para a irrigação do SCR (JENSEN et al., 1999; GUTARTS et al., 2005; FUKUMOTO et al., 2006;).

Em um estudo realizado por BURLESON et al. (2007) foi verificada a eficiência do desbridamento de canais radiculares comparando dois grupos: um grupo com instrumentação manual e rotatória e outro grupo com as mesmas instrumentações seguido de 1 minuto de irrigação ultra-sônica. Os autores concluíram que a completa remoção de debris, tecidos e biofilmes bacterianos apenas pela técnica de instrumentação manual ou manual associada à rotatória foi impossível. Afirmaram ainda que, 1 minuto de irrigação ativada pelo ultra-som após instrumentação manual conjugada com a instrumentação rotatória aumentou os valores de limpeza do SCR de 83% para 91% em todos os níveis avaliados

Quando um instrumento é ativado no interior do canal, ocorre a produção de um fenômeno denominado corrente hidrodinâmica. Esta corrente é um dos mecanismos que fornecem um desbridamento superior produzindo forças de cisalhamento capazes de romper biofilmes e remover debris (JADAA et al., 2009). A técnica mais efetiva no desbridamento do SCR pode ser a ativação da lima sônica ou ultra-sonicamente dentro de um canal como um passo final de sua preparação. Essa ativação implica em criar o movimento do fluido sem que o instrumento entre em contato com as paredes do canal. Os instrumentos sônicos operam em frequências menores (1-6 kHz) e produzem menores forças de cisalhamento do que os ultra-sônicos os quais operam em frequências que variam de 25-30 kHz (JENSEN, 1999; GU et al., 2009).

A irrigação de forma ativa é desejável para iniciar a hidrodinâmica fluida e detém a promessa de melhorar a limpeza do SCR em todos os aspectos. Existe um aumento das evidências endodônticas que suportam que a ativação do fluido, em canais bem formatados, possui papel estratégico no desbridamento e anti-sepsia do sistema incluindo os túbulos dentinários, canais laterais, ramificações e anastomoses (RUDDLE, 2007).

Durante a irrigação ultra-sônica, podem ocorrer diferentes processos quando o NaOCl é utilizado como irrigante. Por exemplo, o ponto de ebulição do NaOCl é 40°C, no qual este sal é decomposto. O NaOCl pode se decompor e se ligar parcialmente ao cátion sódio ( $\text{Na}^+$ ), ao ânion hipoclorito ( $\text{ClO}^-$ ), ao hidróxido de sódio (NaOH), ao ácido hipocloroso (HOCl), ao cloreto ( $\text{Cl}_2$ ), ao oxigênio ( $\text{O}_2$ ) ou ao cloreto de sódio (NaCl). Durante a cavitação oscilatória formarão bolhas no irrigante que irão conter gases.

Quando as bolhas estiverem em fase de expansão, o gás irá se difundir em seu interior. De forma oposta, quando estiverem em fase de compressão, o gás irá sair para fora das bolhas. O cloreto poderá influenciar este processo pela difusão nas bolhas. Tais bolhas podem transportar gás durante o fenômeno da cavitação. Os líquidos contendo sais tendem a formar maior número de bolhas especialmente as menores e com menor possibilidade de coalescência do que a água pura. Este detalhe pode explicar a diferença na ação da água e do hipoclorito de sódio como irrigantes verificada em um estudo onde os resultados mostraram que a água como irrigante durante a irrigação ultra-sônica não foi tão efetiva como NaOCl a 2% em remover debris dentinários da região apical do SCR (AHMAD et al., 1987; VAN DER SLUIS, 2006).

O maior foco, hoje em dia, está em como ativar uma determinada solução para maximizar o fenômeno hidrodinâmico. Os métodos tradicionais têm incluído o aquecimento de reagentes utilizando dispositivos de transferência de calor, vibração ativa e instrumentos metálicos não ativos com energia ultra-sônica, utilização de soluções eletroquimicamente ativadas ou o suave bombeamento com cones de gutta-percha, de calibres apropriados, para levar e trocar um determinado reagente (RUDDLE, 2007).

Muitos métodos recentes têm recebido atenção e parecem atuar ativando a solução intracanal. Esses métodos incluem a cânula *NaviTip FX* (Ultradent Products), as novas limas plásticas rotatórias *F (Plastic Endo)*, dispositivos de irrigação a vácuo, dispositivos sônicos e cânulas metálicas ultra-sônicas. Apesar de existirem métodos específicos, o principal objetivo a ser alcançado é melhorar a troca do irrigante intracanal.

### **2.6.1 O Sistema Endo Activator**

O sistema Endo Activator (Dentsply Tulsa Dental Specialties, Tulsa, OK) compreende uma peça de mão e três pontas plásticas (Fig. 2.2). Este sistema, ativado sonicamente, é designado para energizar, de forma segura, vários reagentes intracanaís e produzir, vigorosamente, o fenômeno hidrodinâmico. Em canais bem formatados, esta nova tecnologia tem o intuito de promover um método seguro, mais eficiente e rápido de anti-sepsia do SCR quando comparada com técnicas de irrigação freqüentemente utilizadas. As pesquisas têm mostrado que o Endo Activator é capaz de desbridar completamente profundidades da anatomia lateral do SCR, remover a

*smear layer* e desagregar os biofilmes bacterianos em canais curvos de molares (RUDDLE, 2007).



**FIGURA 2.2** – Sistema Endo Activator: contra-ângulo acoplado à ponta de calibre médio semelhante ao da lima 25/04.

Durante o uso, a ação da ponta do Endo Activator freqüentemente produz uma coleção de debris visível na câmara pulpar. A função do equipamento é produzir vigorosa agitação do fluido intracanal, circulação e fluxo de irrigante para as regiões mais inacessíveis do SCR. Esta limpeza promove melhores condições para uma obturação tridimensional e sucesso em longo prazo. O dispositivo endodôntico compreende um contra-ângulo e uma peça de mão sônica que dirige as pontas do Endo Activator. O motor sônico de três velocidades oferece as opções de 10.000, 6.000 e 2.000 ciclos por minuto (cpm). Quando o dispositivo é ativado, a velocidade é a de 10.000 a qual é a recomendada para maximizar o desbridamento e a ruptura da *smear layer* e do biofilme. As outras velocidades são selecionadas baseadas em diferentes aplicações e força necessária para alcançar determinada tarefa clínica (RUDDLE, 2007).

As pontas do Endo Activator possuem design simples e código de cores amarelo, vermelho e azul correspondendo aos tamanhos pequeno, médio e grande, respectivamente. Essas cores correspondem aproximadamente à nomenclatura das limas 20/02, 25/04, 30/06. As pontas são feitas de um polímero utilizado na área médica, forte e flexível e medem 22mm. Afirma-se que essas pontas não cortam a dentina e não apresentam possibilidade de transporte do forame apical ou de perfuração do canal no momento de sua utilização. O contato da lima com as paredes deve ser evitado. Portanto, instrumentos não cortantes se prenderão menos às paredes dos canais e irão produzir maior corrente hidrodinâmica e melhor desbridamento (MUNLEY, 2007; RUDDLE, 2007; GU et al., 2009).

Em canais bem preparados, a ponta selecionada desce a aproximadamente 2mm do comprimento de trabalho. A ponta frouxa deve estar livre para se mover promovendo irrigação dinâmica. Um canal mal preparado com uma ponta selecionada que seja muito larga, irá restringir o movimento da ponta, limitando sua habilidade em agitar a solução. A ponta vibratória é movida para cima e para baixo em *strokes* verticais de 2-3mm para, sinergisticamente, otimizar o fenômeno hidrodinâmico. Em geral, 10.000 cpm têm sido eficientes em melhorar o desbridamento e promover a ruptura da *smear layer* e do biofilme (RUDDLE, 2007).

Apesar de previamente mencionada, a importância da formatação deve ser novamente enfatizada. Canais bem formatados retêm um efetivo reservatório de irrigante que, quando ativado, pode circular, penetrar e dissolver tecido, e, além disso, deslocar debris de todo o SCR. Segundo RUDDLE (2007); GU et al., (2009) quando o Endo Activator é utilizado, ocorre uma vigorosa ativação fluida dentro da câmara pulpar. Porém, pesquisas adicionais são necessárias para a compreensão deste fenômeno dentro das paredes de canais bem formatados.

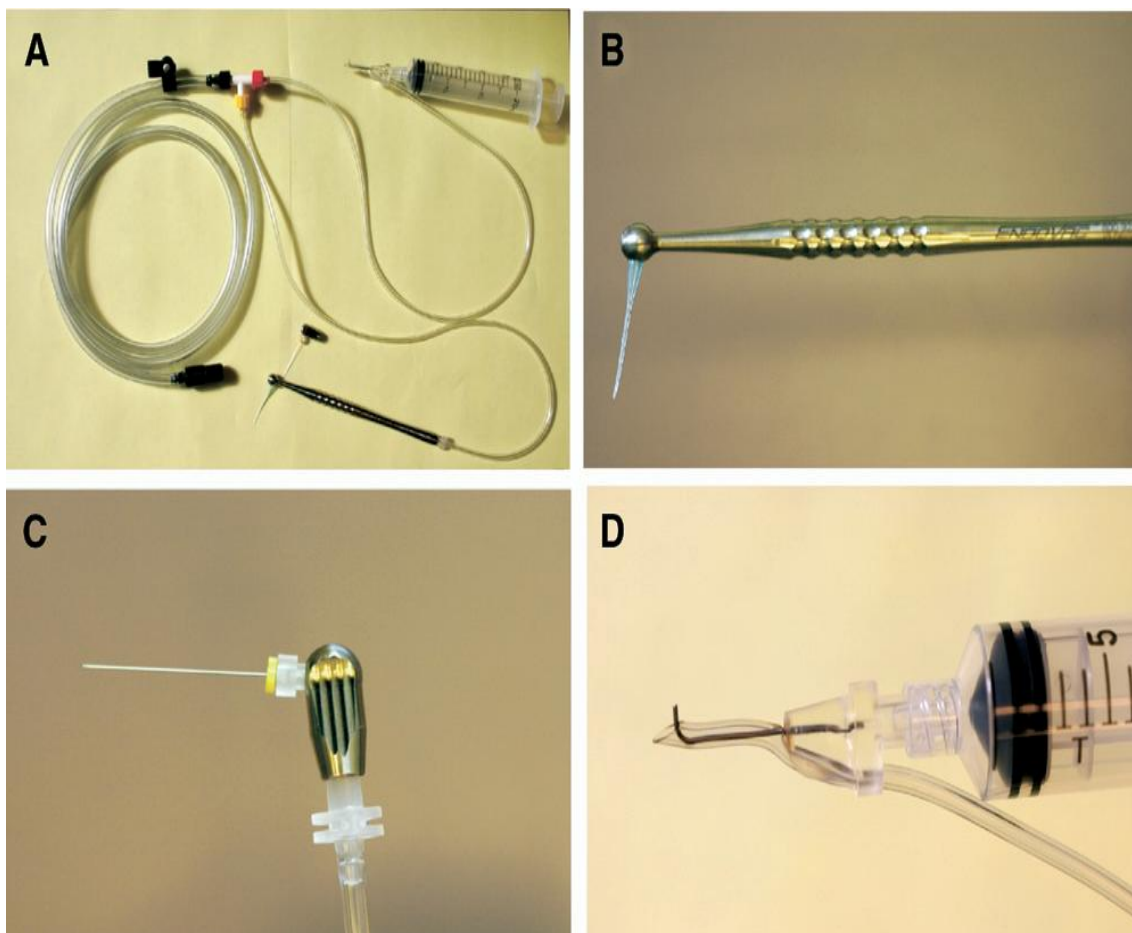
Muitos estudos têm sido feitos para avaliar o fenômeno hidrodinâmico e os resultados da cavitação, como também, das correntes primária e secundária dentro do SCR. No fenômeno hidrodinâmico, ao ocorrer a vibração das pontas, o fluido é ativado e são geradas “ondas” intracanalais. A quebra dessas “ondas” cria bolhas que oscilam dentro da solução. Estas bolhas expandem-se e tornam-se instáveis e, então, colapsam. A implosão das bolhas aumenta a temperatura e gera pressão significativa no irrigante intracanal promovendo a limpeza da superfície. Estudos adicionais têm mostrado que o movimento hidrodinâmico possa ser o único mecanismo para limpar as superfícies do SCR. Alguns pesquisadores demonstraram que a agitação do fluido remove biofilmes simulados em dentes extraídos (FUKUMOTO et al., 2006). Além disso, evidenciaram que a hidrodinâmica é uma função da forma do canal, do tamanho da ponta ativadora selecionada, do tempo de ativação, do volume do irrigante, do movimento do ativador e da temperatura do irrigante. Seguindo os procedimentos de preparação dos canais, o protocolo clínico para a utilização do Endo Activator constitui-se em agitar uma solução intracanal de grande potência como o NaOCl por 60 segundos. A agitação do reagente intracanal serve para suspender os debris na solução. Então, a irrigação volumosa e a sucção intracanal devem ser feitas para remover estes debris. Após a ativação do NaOCl, a ativação da solução de EDTA a 17% deve ser realizada e, novamente, irrigação final com NaOCl. Logicamente, a

melhor limpeza leva a uma obturação tridimensional e ao sucesso a longo prazo (RUDDLE, 2007; Gu et al., 2009).

### 2.6.2 O Sistema EndoVac

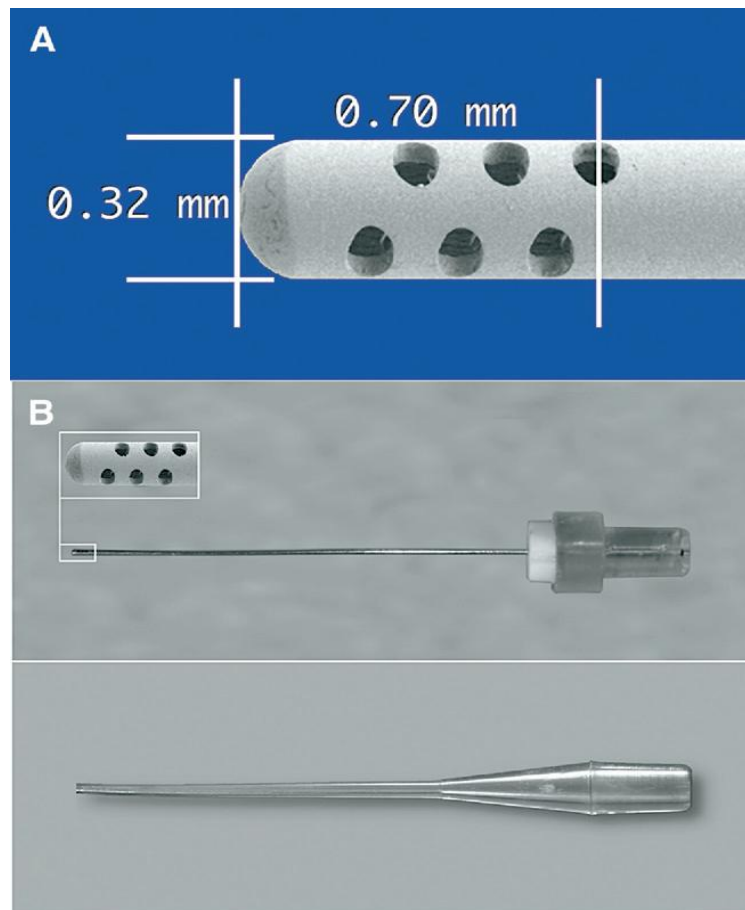
Considerando que o desbridamento do SCR é essencial para o sucesso endodôntico e que parte dele constitui-se da irrigação, as características ideais para o irrigante são: promover a suspensão dos debrís, dissolver tecido orgânico, ser microbicida, destruir produtos microbianos e remover a *smear layer*. Para alcançar estes objetivos, é necessário que exista um efetivo sistema de irrigação que alcance o comprimento de trabalho (CT). Um sistema efetivo de distribuição do irrigante é altamente desejável. Tal sistema deve ter adequados fluxo e volume de irrigante alcançando o CT para ser eficiente em desbridar o SCR sem forçar a solução para os tecidos perirradiculares (NIELSEN e BAUMGARTNER, 2007).

O sistema EndoVac (Discus Dental, Culver City, CA) é um novo dispositivo de irrigação (Fig. 2.3). A sua ponta que promove irrigação/aspiração (Master Delivery Tip - MDT) é presa à uma seringa de irrigação e à alta velocidade de sucção do equipo odontológico. Um pequeno tubo prende tanto a macro como a microcânula para a sucção. A ponta de irrigação/aspiração lança o irrigante na câmara e remove o excesso para prevenir o sobre-fluxo. A macrocânula é plástica com uma abertura final medida de acordo com os padrões da International Standards Organization (ISO) no calibre de 55 (ou 0.55 mm) com um *taper* 0.2 e atua promovendo sucção do fluido. A microcânula é de aço inoxidável e possui doze pequenos orifícios posicionados lateralmente distribuídos em quatro fileiras de três orifícios, com a extremidade fechada e calibre de acordo com os padrões ISO de 32 (ou 0.32 mm). Do mesmo modo que a macrocânula, promove sucção do fluido (Fig. 2.4). Como estas cânulas são colocadas no interior dos canais radiculares, a diferença de pressão no interior de cada uma promove a sucção do excesso de irrigante podendo haver renovação com um novo suprimento do mesmo. O irrigante desce pelo canal até a ponta da cânula circulando dentro e fora desta através da mangueira de sucção. A microcânula pode ser usada no comprimento de trabalho do canal quando este encontrar-se alargado até o calibre ISO 35 ou mais. Ao utilizar o EndoVac, a obstrução da microcânula é uma preocupação. O principal objetivo da macrocânula é remover a maior quantidade de debrís possível antes da microcânula ser utilizada. A ação química do NaOCl e EDTA podem auxiliar a dissolver ambos os debrís orgânicos e inorgânicos que obstruem os orifícios do EndoVac (NIELSEN & BAUMGARTNER, 2007).



**FIGURA 2.3 – EndoVac System:** (A) sistema completo com macrocânula adaptada e microcânula à parte, (B) macrocânula, (C) microcânula, (D) ponta de irrigação/aspiração acoplada à seringa de irrigação.

FONTE: Nielsen & Baumgartner, 2007.



**FIGURA 2.4** – EndoVac System: (A) microcânula em maior aumento, (B) microcânula acima e macrocânula abaixo.

FONTE: Nielsen & Baumgartner, 2007.

De acordo com Gu et al., (2009) é desejável que os irrigantes tenham contato direto com as paredes dentinárias para um efetivo desbridamento e remoção da *smear layer*. Mas o alcance dos irrigantes à porção apical dos canais torna-se dificultada devido ao acúmulo de ar nessa região quando a ponta da agulha de irrigação é colocada muito longe do ápice. Inversamente, se as pontas das agulhas forem posicionadas próximas ao forame apical, haverá um aumento na possibilidade de extrusão de irrigante pelo forame o que pode resultar em iatrogenias severas aos tecidos periapicais. Assim, irrigação/aspiração via utilização de dispositivos com alternância (diferença) de pressão oferecem uma solução plausível para este problema.

O EndoVac tem se mostrado seguro, pois em estudo realizado por DESAI e HIMEL (2009) não houve extrusão de irrigante para a região periapical quando da utilização desse equipamento. Tal estudo encontra-se de acordo com pesquisa anterior realizada por FUKUMOTO et al., (2006) onde os resultados apresentados evidenciaram que as técnicas de irrigação com pressão “negativa” (ou por diferença de



pressão), apresentaram menor extrusão periapical. Porém, DESAI e HIMEL (2009) relataram em sua pesquisa que devido a ausência de extrusão periapical no grupo do EndoVac, a quantidade de irrigante circulante pela macro e microcânula poderia ser questionada. Com o equipamento utilizado no estudo foi possível, então, verificar que 82%-99% do fluido circulante passou pela macrocânula, enquanto 51%-54% do fluido circulou pela microcânula. Segundo os autores, a cânula de irrigação/aspiração foi responsável pela sucção do excesso de fluido coronário.

HOCKETT et al., (2008) avaliaram se a irrigação com pressão apical “negativa” (EndoVac System), foi mais eficiente do que a irrigação convencional com pressão apical positiva em erradicar *Enterococcus faecalis* de canais radiculares previamente preparados de 54 molares mandibulares. Os resultados deste estudo *in vitro* mostraram que a irrigação por pressão “negativa” alcançou maior potencial de controle microbiano comparado ao método de irrigação convencional.

## **2.7 Métodos de análise da morfologia dentinária após instrumentação endodôntica**

A superfície dentinária quando submetida à ação de agentes físicos e químicos pode apresentar alterações em sua morfologia. A dissolução da dentina é difícil de ser controlada; depende do tipo de agente, tempo de sua aplicação, concentração do ácido, forma gel ou líquida, volume e pH da solução, dentre outros fatores (ARAÚJO, 1993).

Segundo TROWBRIDGE e KIM (2000), a dentina peritubular, devido ao seu baixo conteúdo orgânico e alto conteúdo mineral, é a parte da dentina mais facilmente dissolvida pelo condicionamento ácido. BAKER et al. (1975) observaram ao MEV que os agentes quelantes causaram um aumento nas aberturas dos túbulos dentinários das paredes dos canais radiculares. Este efeito ocorreu devido à ação quelante sobre os íons cálcio presentes nos cristais de hidroxiapatita da dentina peritubular. Em concordância, PASHLEY et al. (1981), após a aplicação de ácido cítrico 6%, durante 5, 15, 30, 45 ou 60 segundos, em discos de dentina coronária, para remoção da *smear layer*, constataram diferentes padrões de remoção: com e sem remoção da dentina peritubular dos túbulos expostos. Esses autores, analisando fotomicrografias (MEV – 3000x), definiram os seguintes tipos de morfologia das aberturas dos túbulos dentinários:

- a – túbulo todo coberto por *smear layer*,
- b – túbulo com um mínimo de abertura visível;
- c – túbulo que perdeu alguma dentina peritubular;
- d – túbulo que perdeu muita dentina peritubular;
- e – túbulo que perdeu toda a dentina peritubular de sua abertura.

Quanto à dentina intertubular, WHITE et al. (1984) observaram áreas de destruição de dentina intertubular, após a ação do EDTA e NaOCl, permitindo a visualização das aberturas das ramificações internas subjacentes.

A microscopia eletrônica de varredura (MEV) vem sendo o método de análise da morfologia dentinária mais utilizado na maioria dos estudos sobre a remoção da *smear layer*. Segundo GARBEROGLIO e BRÄNNSTRÖM (1976), esse método possui excelente desempenho, devido ao seu alto poder de resolução que permite uma nítida distinção entre dois pontos a uma curta distância, proporcionando uma visão tridimensional do relevo da superfície.

### 2.7.1 Métodos semi-quantitativos

Esses métodos foram utilizados por alguns autores para a análise da presença ou ausência da *smear layer* pela categorização de cada fotomicrografia dentro dos escores específicos. O primeiro estudo a utilizar esse método foi o de BAKER et al. (1975) que desenvolveram uma escala de 1 a 5 para categorizar 775 fotomicrografias (MEV) das paredes de canais radiculares nas regiões: apical, média e coronária. Para interpretação dos resultados, quanto à remoção de debris por diferentes soluções irrigadoras, a categoria de número 1 correspondia aos melhores resultados de limpeza e a de número 5 aos piores.

JODAIKIN e AUSTIN (1981), com o propósito de analisar diferentes padrões de remoção da *smear layer* coronária, utilizaram outro sistema de escores para a classificação das fotomicrografias, partindo da total presença de *smear layer* até sua remoção acompanhada de corrosão da dentina subjacente, a saber:

- 0 – ausência de remoção de *smear layer*,
- 1 – presença de pouca *smear layer*, permitindo a visualização de alguns túbulos dentinários;
- 2 – ausência de *smear layer* com total visualização dos túbulos dentinários;
- 3 – túbulos visíveis e dentina intertubular corroída;

Com o objetivo de comparar a eficiência de limpeza do hipoclorito de sódio versus Gly-Oxide quanto a maior ou menor formação da *smear layer* endodôntica, ROME et al. (1985) propuseram os seguintes escores:

0 – *smear layer* ausente, túbulos abertos e livres de debris;

1 – *smear layer* moderada, aberturas dos túbulos visíveis ou parcialmente cobertos com debris;

2 – *smear layer* em grande quantidade, com total obliteração das aberturas dos túbulos.

Esse método proposto por ROME et al. (1985), que ordena as imagens fotomicrografadas partindo da que mostra a superfície dentinária mais limpa para a menos limpa, sem avaliar a integridade da dentina, foi utilizado por ABBOTT et al., (1991), AKTENER e BILKAY (1993), GARBEROGLIO e BECCE (1994), SÓ (1999) e SÓ et al. (2000).

Mais recentemente, CAMERON (1995), estudando os efeitos do ultra-som para a remoção de *smear layer* endodôntica, utilizou também dados semi-quantitativos, preconizando a seguinte classificação das fotomicrografias obtidas:

- todos os túbulos limpos e abertos;
- alguns túbulos não abertos ou alguns debris presentes;
- aberturas dos túbulos presentes, mas contendo debris;
- maioria das aberturas dos túbulos cobertas por *smear layer*;
- todos os túbulos cobertos, *smear layer* compacta;
- todos os túbulos cobertos, *smear layer* densa;
- *smear layer* densa com debris superficiais.

# **OBJETIVOS**



### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo geral**

Avaliar a eficiência de limpeza da superfície dentinária no terço apical de canais radiculares de molares após utilização de três sistemas de irrigação e analisar a influência do fator anatômico sobre a capacidade de limpeza.

#### **3.2 Objetivos específicos**

- Avaliar o desempenho do método convencional de limpeza quanto a sua eficiência na remoção de debris do terço apical;
- Avaliar a eficácia de dois novos métodos de irrigação: a vácuo (Sistema EndoVac) e com ativação sônica (Sistema Endo Activator), quanto a eficiência na remoção de debris do terço apical.
- Comparar, através de imagens de superfícies dentinárias obtidas por estereomicroscópio e MEV, a eficiência de limpeza dos três sistemas de irrigação analisados, utilizando um método semi-quantitativo.

# **MATERIAIS E MÉTODOS**

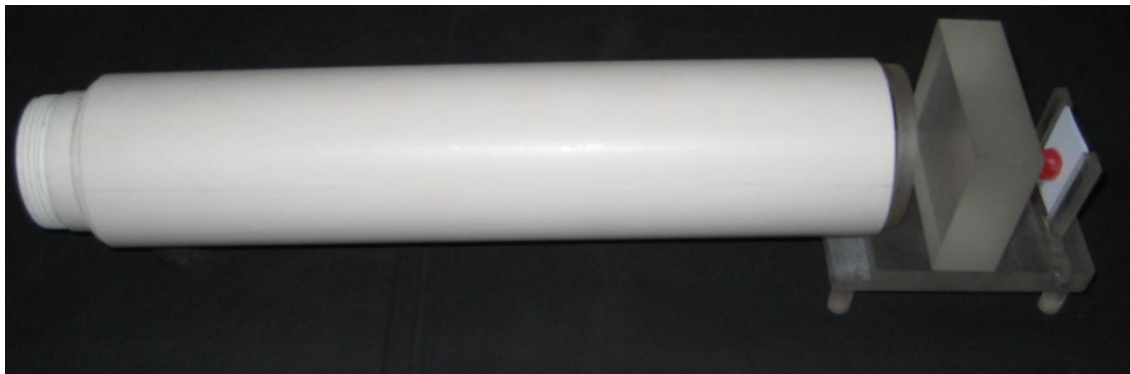


## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1 Seleção e instrumentação dos dentes

Após aprovação pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG sob o parecer de número ETIC 40/08, foram utilizados molares inferiores humanos permanentes, extraídos. Os critérios de inclusão foram canais com ausência de calcificações internas e que fosse possível sua exploração até o forame apical. Os critérios de exclusão foram dentes com raízes fusionadas e sem estrutura coronária. Foi feita a limpeza manual e a desinfecção, por 24 horas, em solução de NaOCl 2,5% e todos os dentes foram armazenados em soro fisiológico. Na primeira fase, 47 dentes foram radiografados (Fig. 4.1), de forma padronizada, nas posições orto-radial (para obtenção da radiografia inicial do dente) e angulada com inclinação mesial a  $45^\circ$  com as limas de patência posicionadas no comprimento de patência do canal (radiografia de odontometria). Para a medida dos parâmetros anatômicos raio e ângulo de curvatura, as radiografias de odontometria foram projetadas em um equipamento denominado Projetor de Perfis (Mitutoyo, Tokyo, Japan), o qual permite ampliação da imagem radiográfica em 10X (Fig. 4.2).

(a)



(b)



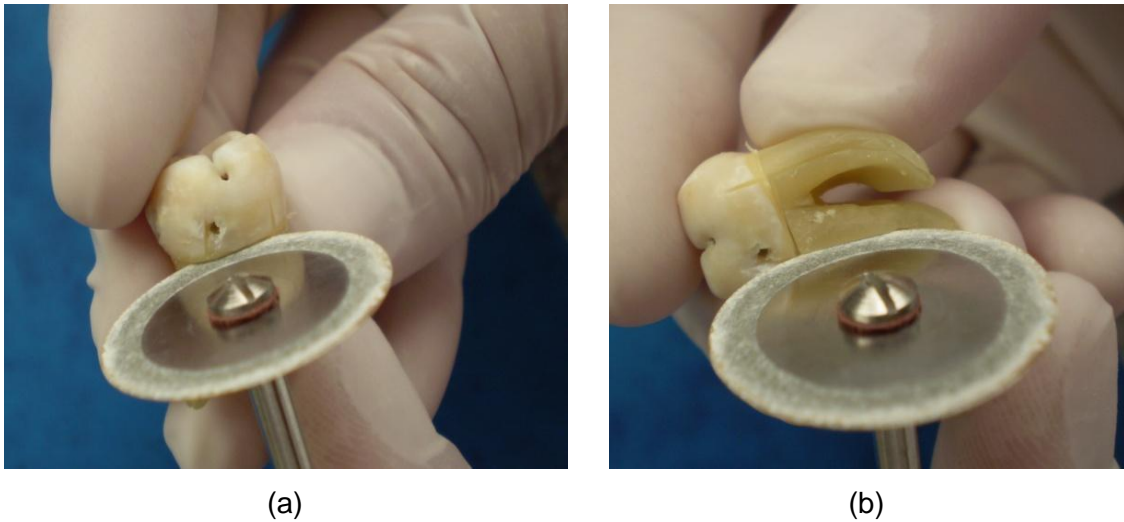
**FIGURA 4.1** – Dispositivo para padronização radiográfica (a); tomada radiográfica angulada (b).



**FIGURA 4.2** – Projetor de perfis para mensuração dos parâmetros geométricos: raio e ângulo de curvatura.

Antes da abertura coronária, foi utilizado disco de carborundo (GUTIERREZ et al., 1990) em baixa rotação, para fazer canaletas (Fig. 4.3) na circunferência coronária e no sentido longitudinal nas superfícies radiculares vestibular e lingual de cada dente, sem que o desgaste atingisse a luz do canal (AKTENER e BILKAY, 1993). Todos os dentes foram lavados em água corrente, durante o mínimo de 1 minuto, para a remoção de resíduos originários do corte da estrutura dentária.





**FIGURA 4.3** – Confeção de canaletas (a) na circunferência coronária e (b) no sentido longitudinal nas superfícies radiculares vestibular e lingual de cada dente.

Para a etapa de abertura e instrumentação dos canais radiculares, os dentes foram adaptados e estabilizados em base de sílica de condensação (Silon 2 APS Denso, Dentsply Ltda) e esta base foi adaptada em morsa individual. A sílica (Fig. 4.4) teve como objetivo reter a solução irrigadora intracanal evitando que a mesma extravasasse pelo forame apical.



**FIGURA 4.4** – Estabilização do elemento dental em base de sílica.

A abertura coronária foi realizada, sob microscópio operatório (DF Vasconcelos, São Paulo, Brasil), com brocas tronco-cônica 1557 e Endo-Z em alta rotação, com a finalidade de se conseguir formas de contorno e conveniência adequadas. Em

seguida, os elementos dentais foram divididos randomicamente por meio de sorteio em 3 Grupos Experimentais de 15 dentes cada (grupos 1, 2 e 3). Os grupos 1, 2 e 3 foram submetidos à instrumentação dos canais radiculares pela técnica rotatória com instrumentos de NiTi *ProTaper Universal* (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland) de forma crown-down e utilização de brocas Gates-Glidden (GG) para o pré-alargamento coronário. Os grupos 1 e 2 receberam a mesma técnica de instrumentação e a técnica de irrigação convencional (seringa descartável de 3 ml e agulha de 27x4 gauge), com 1 ml por canal de solução de hipoclorito de sódio (NaOCl) 5,25% após cada instrumento manual e rotatório de NiTi utilizado e entre as brocas gates glidden. Ao final desta etapa de instrumentação e irrigação, o grupo 2 recebeu irrigação dinâmica com o Endo Activator System. O grupo 3 recebeu a mesma técnica de instrumentação, porém, durante sua execução foi conjugada a irrigação pela utilização do EndoVac System.

A técnica de instrumentação utilizada foi a seguinte:

O comprimento de trabalho provisório (CTP) foi considerado igual ao comprimento do dente na radiografia (CDR). Após a exploração e imagem inicial dos canais radiculares com limas tipo-K #8, #10 e #15 manuais (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland) até o CTP, foi realizada a radiografia de odontometria e definidos os comprimentos de patência do canal (CPC) e de trabalho (CT), estabelecido a 0,5mm aquém do CPC. As brocas Gates Glidden (GG) foram utilizadas no orifício de entrada dos canais na seqüência de GG4, GG3 e GG2. Para realizar a pré-dilatação coronária, os instrumentos PTU foram utilizados com movimentos de pressão lateral na seqüência: S1, S2 (ambos até o CPC-3mm) e SX (até encontrar resistência). Em seguida, os instrumentos S1 e S2 foram utilizados, da forma descrita anteriormente, até o CT e a SX até a resistência. Por fim, na fase de acabamento, foram utilizados os instrumentos F1 e F2 até o CT nos canais mesiais e F1, F2 e F3 até o CT nos canais distais. Foi feita a recapitulação com lima #10 manual até o CPC entre todos os instrumentos utilizados e irrigação com NaOCl 5,25%.

## **4.2 Sistemas de irrigação utilizados**

### **GRUPO EXPERIMENTAL 1 – 15 dentes**

Irrigação e aspiração convencionais com NaOCl 5,25% através de seringa descartável de 3ml e agulha 27x4 gauge (Ultradent Products, Inc. USA) (Fig. 4.5) posicionada até o máximo de 2mm aquém do CT, sem que se prendesse às paredes do canal. Após

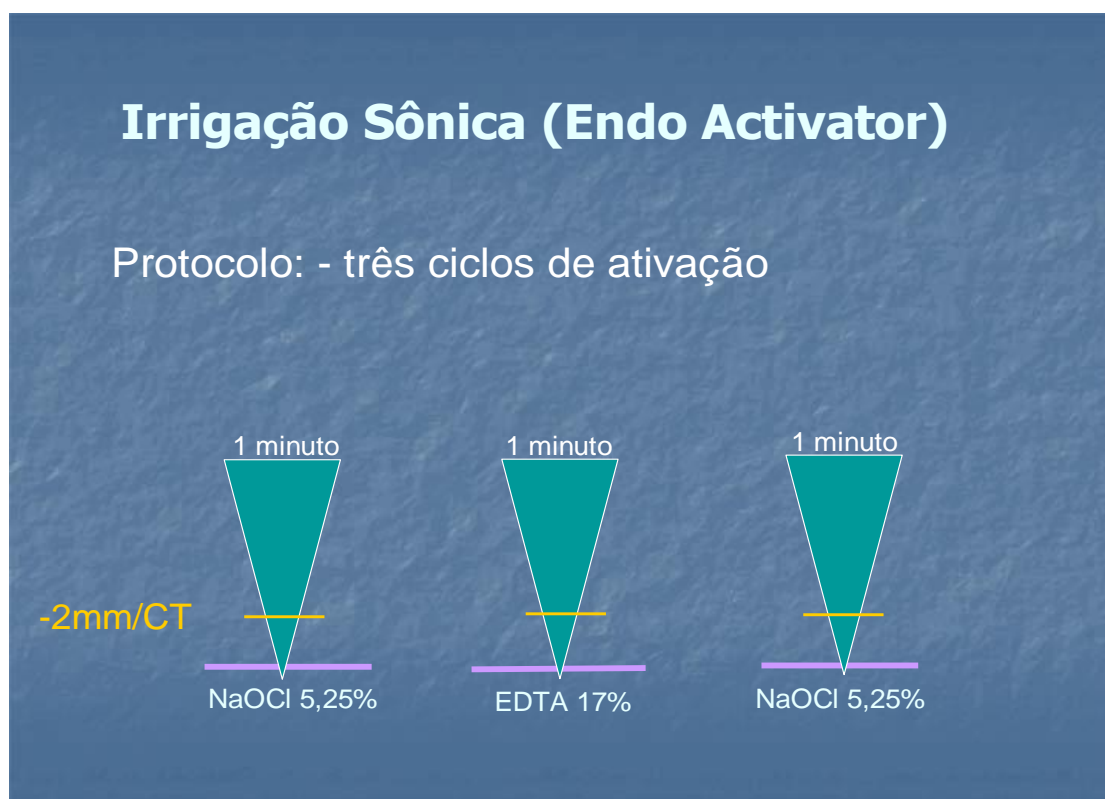
completa instrumentação e irrigação, os canais foram aspirados com a própria seringa e irrigados utilizando seringa similar com EDTA 17% por 3 minutos com renovação e manutenção do mesmo por mais 2 minutos. Este EDTA foi neutralizado com NaOCl 5,25% na quantidade de 1 ml por canal.



**FIGURA 4.5** – Seringa descartável de 3ml e agulha 27x4 gauge, utilizada na irrigação dos canais radiculares dos dentes dos Grupos Experimentais 1 e 2.

#### **GRUPO EXPERIMENTAL 2** – 15 dentes

Irrigação ativada pelo sistema Endo Activator (Dentsply Tulsa Dental Specialties, Tulsa, OK), após completa instrumentação e irrigação do SCR pelos métodos convencionais citados anteriormente. A seqüência de utilização constituiu-se no uso da ponta do Endo Activator correspondente ao calibre do último instrumento utilizado no canal com a solução irrigadora NaOCl 5,25%. A ponta foi posicionada até 2mm do CT e ativada durante 60s. Posteriormente, o SCR foi irrigado ativamente com EDTA 17% durante 60s, e, novamente com NaOCl 5,25% também ativado por mais 60s (Fig. 4.6) seguido de irrigaç.



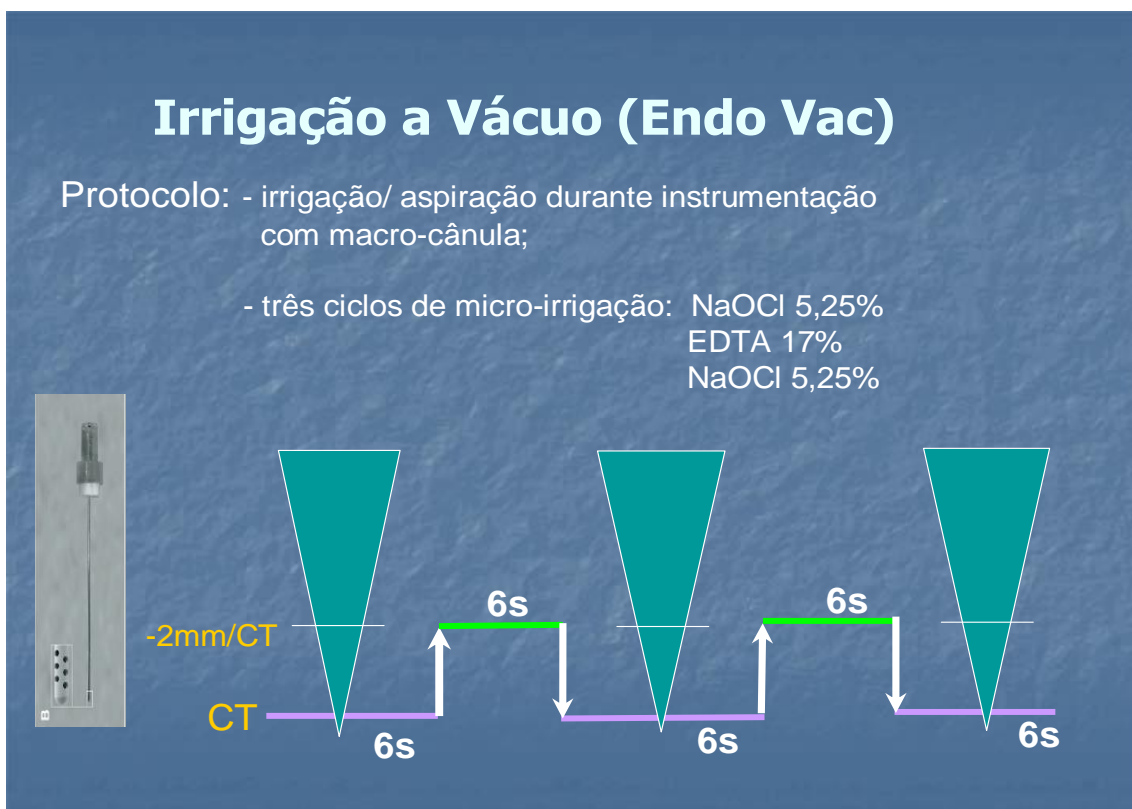
**FIGURA 4.6** – Protocolo de utilização do sistema Endo Activator: três ciclos de ativação sônica com a ponta a 2mm aquém do comprimento de trabalho.

### GRUPO EXPERIMENTAL 3 – 15 dentes

A irrigação e aspiração foram realizadas pelo sistema EndoVac (Discus Dental, Culver City, CA) com NaOCl 5,25%. O uso do EndoVac foi iniciado no momento de utilização das brocas Gates Glidden com sua macrocânula para sucção do fluido. A câmara pulpar foi mantida sempre inundada com o irrigante por meio da cânula de irrigação/aspiração. Após cada instrumento rotatório, o dente foi irrigado com 1ml de NaOCl 5,25% por um período de 30 segundos (s). Neste grupo, após os instrumentos F2 (que possuem diâmetro  $D_0 = 0,25\text{mm}$ ) e F3 ( $D_0 = 0,30\text{mm}$ ) foram utilizados os instrumentos rotatórios ProFile 30 e 35/.02 para permitir que a microcânula alcançasse o CT. No momento em que a instrumentação foi finalizada e a recapitulação final com a lima de patência executada a câmara pulpar permaneceu inundada com o irrigante por 60s. Em seguida, foram realizados três ciclos de microirrigação com o sistema EndoVac como preconizado pelo fabricante:

- **Ciclos de microirrigação:** o NaOCl 5,25% foi dispensado continuamente na câmara pulpar enquanto a microcânula foi posicionada no CT por 6s, posteriormente, a microcânula sofreu um recuo a 2mm do CT e foi mantida nessa posição por 6s, em seguida foi reposicionada no CT e mantida por mais 6s, esse movimento de vai-vem teve continuidade até que se completassem 30s, totalizando 18s de irrigação ativa

diretamente no CT. Após esses 30s de irrigação a microcânula foi retirada do canal, mas com presença de quantidade suficiente do irrigante para manter a câmara pulpar preenchida por mais 60s. Assim, finalizou-se um ciclo de microirrigação. Essa seqüência foi executada três vezes. A primeira delas com NaOCl a 5,25% conforme previamente citada, a segunda, com EDTA 17% e a terceira novamente com NaOCl 5,25%. Ao final desta terceira etapa de microirrigação, a microcânula foi mantida no CT sem reposição de irrigante, apenas para sugar o excesso do mesmo (Fig. 4.7).

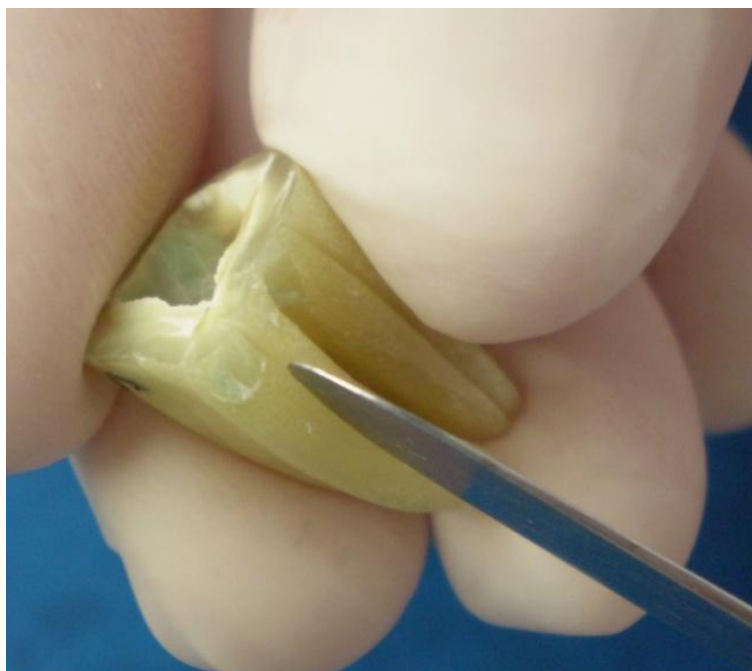


**FIGURA 4.7** – Protocolo de utilização do sistema EndoVac: irrigação/aspiração durante a instrumentação pela macrocânula, seguida de três ciclos de microirrigação utilizando-se NaOCl, EDTA e novamente NaOCl com a microcânula posicionada no CT e recuada 2mm do CT durante um período de 30 segundos.

Após completa instrumentação, todos os grupos receberam irrigação com 1ml de álcool isopropílico por canal e secagem com cones de papel absorvente. As raízes foram seccionadas e divididas em hemi-seções. Posteriormente, foi realizada a análise da eficiência de limpeza dos terços apicais dos canais por estereomicroscópio e microscópio eletrônico de varredura.

### 4.3 Preparo dos dentes para análise por estereomicroscópio e microscópio eletrônico de varredura

Todos os dentes tiveram suas raízes mesiais e distais separadas com disco de carborundo, e, cada raiz foi clivada longitudinalmente com o auxílio de uma espátula metálica nº 72, posicionada no interior de uma das canaletas realizadas anteriormente e forçada em direção à canaleta do lado oposto (Fig. 4.8), obtendo-se, assim, 180 hemi-seções pertencentes aos grupos experimentais 1, 2 e 3.



**FIGURA 4.8** – Clivagem longitudinal das raízes para obtenção das hemi-seções.

As 180 hemi-seções foram codificadas recebendo uma nomenclatura na seguinte ordem:

- 1º) letra alfabética representativa do elemento dental;
- 2º) tipo de irrigação (convencional: sem simbologia, sônica: símbolo I e a vácuo: símbolo V);
- 3º) localização da raiz M ou D ( mesial ou distal);
- 4º) tipo de zona P ou S (hemi-seção pertencente à zona de perigo (P) – região interna próxima à área de bifurcação ou à zona de segurança (S) – região externa, oposta à área de bifurcação). Exemplificando, a hemi-seção ADP pertenceria ao dente A, do grupo convencional, raiz distal e zona de perigo. A hemi-seção AIDP pertenceria ao dente A, do grupo de irrigação sônica, raiz distal e zona de perigo. A



hemi-seção AVDP pertenceria ao dente A, do grupo de irrigação a vácuo, raiz distal, zona de perigo. Uma observação importante a ser feita é a de que a letra inicial de identificação do elemento dental se repetiu nos grupos por algumas vezes, porém, eram dentes diferentes em cada grupo.

Em seguida, as hemi-seções foram analisadas sob estereomicroscópio (Carl Zeiss KL 200) (Fig. 4.9). Esse equipamento estava acoplado a um sistema computadorizado o qual permitiu a realização de fotografias do terço apical por meio do software Image-Pro Express a uma magnificação de 25X (selecionada no equipamento).



**FIGURA 4.9** – Estereomicroscópio utilizado para análise das hemi-seções dentárias.

#### 4.4 Análise das imagens das hemi-secções

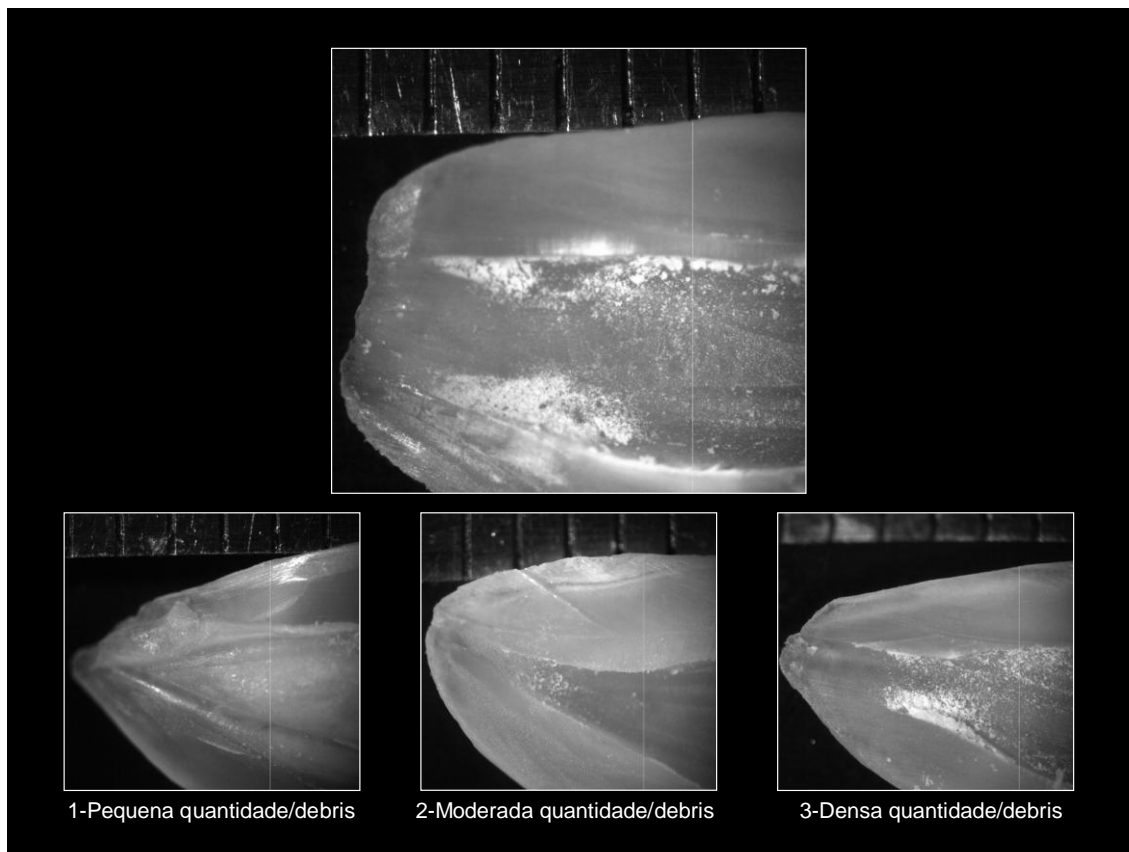
As imagens realizadas pelo estereomicroscópio foram analisadas por três examinadores independentes recebendo os seguintes escores:

- (1) para pequena quantidade de debris,
- (2) para moderada quantidade de debris e
- (3) para densa quantidade de debris.

Primeiramente, houve um processo de calibração no qual os três examinadores discutiram entre si quais seriam os escores que dariam a 10 imagens (realizadas previamente para um estudo piloto). Posteriormente, realizaram a análise de outras 24 imagens que haviam sido feitas também para o estudo piloto (ou seja, não pertenciam aos grupos experimentais). Após 10 dias, as mesmas 24 imagens foram novamente analisadas em ordem diferente. Nos dados dessa segunda análise foi aplicado o Teste de Kappa (LANDIS e KOCH, 1977) para verificar o nível de concordância inter examinadores após processo de calibração (em Anexo 1). A partir deste momento, os examinadores passaram à análise das 180 hemi-secções dos grupos experimentais.

As análises foram feitas por meio de um *software* o qual exibia na tela uma imagem principal de uma hemi-secção a ser analisada e, abaixo, em menor aumento, três imagens de referência correspondentes aos escores 1, 2 e 3 (Fig. 4.10). O examinador selecionava a imagem de referência de maior semelhança à imagem principal, logo em seguida, a imagem principal era substituída pela próxima a ser analisada até realizarem a análise das 180 imagens.





**FIGURA 4.10** – Tela do *software* exibindo a imagem principal e as três imagens de referência correspondentes aos escores 1, 2 e 3.

Após a análise dos examinadores (Banco de Dados em Anexo 3), o teste de Kappa foi novamente aplicado obtendo-se o valor da medida definitiva de Kappa (em Anexo 2).

Posteriormente, 01 (uma) hemi-seção de cada elemento dental do estudo, totalizando 45 hemi-seções, foram submetidas à metalização com ouro-paládio para permitir a análise por MEV (Fig.4.11), constituindo em uma forma mais detalhada e em maior aumento de visualização da limpeza do terço apical produzida por cada um dos sistemas de irrigação avaliados. O exame foi realizado no Laboratório de Microscopia Eletrônica e Microanálise da Escola de Engenharia da UFMG,



**FIGURA 4.11** – Microscópio eletrônico de varredura – Laboratório de Microscopia e Microanálise da Escola de Engenharia da UFMG.

#### **4.5 Análise estatística dos dados obtidos**

Para a avaliação estatística dos dados obtidos, foi utilizado o teste não paramétrico Kruskal – Wallis, com o objetivo de avaliar possíveis diferenças significativas na eficiência de remoção de debris pelos métodos de irrigação utilizados. Outro teste estatístico utilizado foi o teste paramétrico de análise de variância (ANOVA), para avaliar a influência dos parâmetros anatômicos ângulo e raio de curvatura em relação à capacidade de remoção de debris em cada um dos grupos. O coeficiente de confiabilidade empregado nos testes de hipóteses realizados no presente trabalho foi  $\alpha = 95\%$ .

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**



## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Parâmetros anatômicos: raio e ângulo de curvatura

Nenhum instrumento sofreu fratura intra-canal nem apresentou sinais visíveis de deformação plástica durante a limpeza e formatação dos 142 canais radiculares de molares inferiores. Possivelmente, a ausência de fratura se deve ao fato de que os instrumentos foram operados por um endodontista experiente com o sistema *ProTaper Universal*, seguindo as diretrizes técnicas anteriormente citadas sem pressão apical exercida durante todo o preparo.

A geometria dos canais radiculares curvos formatados nos ensaios avaliada pela medida do ângulo e do raio de curvatura (medidas completas em Anexo 4) nas radiografias de estudo, utilizando o projetor de perfis, apresentou valores médios que podem ser vistos na Tabela 1.

**TABELA 1** – Valores médios de ângulo e raio de curvatura dos canais radiculares compondo os três grupos experimentais.

Parâmetros	Grupos Experimentais		
	1	2	3
Raio Mesial	6,1	4,8	5,5
Raio Distal	5,3	6,1	5,5
Média Geral	5,8	5,3	5,5
Ângulo Mesial	22	25	29
Ângulo Distal	22	19	21
Média Geral	22	23	26

Como descrito na literatura, a presença de curvaturas secundárias pode aumentar o grau de dificuldade para a preparação do SCR (ZHENG et al., 2009). Porém, neste estudo, não houve diferença estatisticamente significativa entre as médias de valores de ângulo de curvatura nos três Grupos Experimentais. Houve diferença estatisticamente significativa apenas entre as médias de valores de raio de curvatura dos canais mesiais quando comparados aos canais distais do Grupo Experimental 2. Portanto, nesta pesquisa, a anatomia não foi fator de influência na capacidade de remoção de debris entre os grupos.

## 5.2 Capacidade de remoção de debris

Neste estudo, o método de irrigação convencional (Grupo Experimental 1) e o de ativação sônica da solução irrigadora (Grupo Experimental 2) mostraram, maior capacidade de remoção de debris no terço apical em relação ao método de irrigação a vácuo (Grupo Experimental 3). Quando os escores obtidos pelos Grupos Experimentais 1 e 2 foram comparados estatisticamente àqueles do Grupo Experimental 3, foi observada uma diferença estatisticamente significativa ( $P=0.0001$ ) na capacidade de limpeza entre eles (Tabela 2). As somas das ordenações na tabela 2 representam a quantidade de debris remanescentes em cada grupo. Estudos anteriores evidenciaram que os métodos de irrigação existentes podem ser efetivos em limpar os terços médio e coronário do SCR, mas são menos efetivos em relação ao terço apical (SPANGBERG, 2001; PETERS, 2004; FOSCHI et al. 2004; BAUGH & WALLACE, 2005).

**TABELA 2** – Análise estatística pelo teste Kruskal-Wallis da capacidade de limpeza apresentada pelos três grupos experimentais.

Tipo Irrigação	Hemisseções	Soma das ordenações	Remoção de Debris
1	60	4861,00	70%
2	60	4295,50	64%
3	60	7133,50	44%

Probabilidade:  $p = 0,0001$

Em relação à distribuição dos escores, os Grupos Experimentais 1 e 2 apresentaram prevalência do valor de escore 1 (pequena quantidade de debris), e para o grupo 3 seria esperada prevalência do escore de número 3 (densa quantidade de debris). Entretanto, o que ocorreu foi que neste grupo não houve prevalência de um dos escores e sim uma distribuição mais abrangente entre os três valores de escores (Tabela 3).

**TABELA 3** – Inter-relação entre os métodos de irrigação e a distribuição de escores evidenciada em cada grupo experimental.

Escores	Grupos Experimentais			Total
	1	2	3	
1	44	50	19	113
2	10	7	25	42
3	6	4	16	25
Total	60	60	60	180

Não houve diferença estatisticamente significativa ( $p = 0.1742$ ) entre os Grupos Experimentais 1 e 2, apesar de o grupo 2 ter apresentado maior quantidade do escore 1 (pequena quantidade de debris) em relação ao grupo 1 (Tabelas 3 e 4).

**TABELA 4** - Comparação estatística entre os Grupos Experimentais 1 e 2 em relação a quantidade de debris remanescentes no SCR.

Tipo Irrigação	Hemisseccções	Soma das ordenações	Remoção de Debris
1	60	3816,00	47%
2	60	3444,00	53%

Probabilidade:  $p = 0,1742$

O hipoclorito de sódio (NaOCl) possui a habilidade de dissolução de matéria orgânica, e eficiente ação antimicrobiana (BUCK et al. 2001; CLEGG et al. 2006). De forma semelhante, o EDTA é um agente quelante capaz de reagir com componentes inorgânicos da *smear layer* promovendo sua remoção (SAITO et al. 2008; PÉREZ-HEREDIA et al. 2008). Esta combinação de irrigantes tem sido efetiva no desbridamento e desinfecção do SCR, como também outros irrigantes (JOHAL et al. 2007; KHO e BAUMGARTNER, 2006; CHOPRA, 2008). Os achados deste estudo corroboram os resultados dos estudos citados, visto que, o método convencional de irrigação, utilizando ambas as soluções, alcançou efetiva remoção de debris. VAN DER SLUIS et al. (2006) também obtiveram resultados semelhantes afirmando que a irrigação com NaOCl 2% (utilizando-se 6 ou 12 ml de solução) foi tão efetiva quanto a irrigação ultra-sônica com fluxo contínuo de NaOCl (50 ml) por 3 minutos.

Como previamente mencionado, a importância de uma correta formatação do SCR deve ser enfatizada. Os canais bem preparados, na forma cônica afunilada mantêm um reservatório de irrigante que, quando ativado, alcança efetividade de circulação,

penetração, dissolução tecidual e excelente remoção de debris em todos os aspectos do SCR. Bernoulli propôs um teorema para o escoamento dos fluidos com o seguinte enunciado: “A velocidade de escoamento de um fluido é inversamente proporcional à área da seção transversal. Nas áreas menores a pressão é menor e a velocidade de escoamento maior”. Assim, a forma cônica resultante da adequada formatação do SCR, promove um fluxo de irrigante em direção ao ápice radicular sob menor pressão e em maior velocidade, maximizando a circulação do fluido no espaço endodôntico restrito. De acordo com KUAB et al. (2009) a adição da ativação sônica às ações do NaOCl e do EDTA em canais bem formatados possui vários níveis de efeitos na remoção da *smear layer* variando de pequena até excelente efetividade em sua remoção. Neste estudo, a capacidade de remoção de debris (Tabela 5) foi significativamente maior para o Grupo Experimental 2 comparado ao Grupo Experimental 3 ( $p = 0.0001$ ).

**TABELA 5** – Análise estatística da capacidade de remoção de debris entre os Grupos Experimentais 2 e 3.

Grupo Experimental	Hemisseções	Soma das ordenações	Remoção de Debris
2	60	2681,50	63%
3	60	4578,50	37%

Probabilidade:  $p = 0,0001$

Durante o método de ativação sônica, vigorosa agitação do fluido foi observada no interior da câmara pulpar. Várias pesquisas têm sido realizadas com o objetivo de avaliar melhor o fenômeno hidrodinâmico no SCR (AHMAD et al., 1987; JENSEN et al., 1999; LEE et al., 2004; VAN DER SLUIS, 2005; GULABIVALA et al., 2006; KUAB et al., 2009). Após completa instrumentação do SCR, o protocolo para o uso do Endo Activator constitui-se em agitar a solução intracanal com o propósito de movimentar os reagentes. Para que isso aconteça, deve ser feita uma volumosa irrigação com boa sucção para remover os debris suspensos. Talvez este recurso de agitação do fluido tenha sido a razão para o melhor desempenho deste método na remoção de debris em relação à irrigação a vácuo.

Por outro lado, o estudo de HUANG (2008) concluiu que nenhum dos métodos de irrigação, estática ou dinâmica, foram eficientes em remover o biofilme do SCR e CHOPRA et al. (2008) afirmaram que a remoção de *smear layer*, em estudo por eles

executado, pareceu estar mais relacionada à introdução de uma irrigação final com EDTA do que com a ativação ultra-sônica das soluções irrigadoras.

**TABELA 6** - Análise estatística da capacidade de remoção de debris entre os Grupos Experimentais 1 e 3.

Grupo Experimental	Hemisseções	Soma das ordenações	Remoção de Debris
1	60	2875,00	60%
3	60	4385,00	40%

Probabilidade:  $p = 0,0001$

Ao utilizarem o método de irrigação por diferença de pressão (EndoVac System) NIELSEN & BAUMGARTNER (2007) relataram o bloqueio dos orifícios da microcânula. Um dos principais objetivos da macrocânula é remover a maior quantidade de debris possível antes da utilização da microcânula, reduzindo assim, o material em suspensão que poderia bloqueá-la. As ações químicas do NaOCl e do EDTA podem auxiliar na dissolução tanto da matéria orgânica quanto da inorgânica que poderiam bloquear os orifícios do EndoVac. NIELSEN & BAUMGARTNER (2007) durante o estudo realizado, observaram os orifícios da microcânula sob um aumento de 20X após limpeza e formatação de cada canal. Segundo os autores, invariavelmente, alguns dos orifícios foram bloqueados, porém, contendo doze orifícios, alguns deles poderiam estar bloqueados e o sistema continuar funcionando normalmente devido à visualização do movimento do fluido pelos tubos de sucção. Nesta pesquisa foram encontradas algumas dificuldades devido ao bloqueio da microcânula tendo que substituí-la em uma média a cada cinco dentes preparados.

Outro ponto importante a ser relatado seria o fato de que no Grupo Experimental 3 pareceu haver um curto tempo de permanência da solução no SCR, devido à rápida e efetiva aspiração. Durante a execução dos preparos dos canais radiculares neste grupo, a técnica foi corretamente aplicada segundo preconiza o fabricante passando por períodos de espera para um maior contato da solução irrigadora com as paredes dos canais (NIELSEN & BAUMGARTNER, 2007). Mesmo assim, a rápida aspiração a vácuo pode ter sido um dos fatores responsáveis pela menor eficiência na remoção de debris deste grupo.

De maneira oposta aos achados da presente investigação, HOCKETT et al. (2008) concluíram que a irrigação por diferença de pressão alcançou maior potencial na



remoção bacteriana que o método convencional de irrigação. Por outro lado NIELSEN e BAUMGARTNER (2007) ao compararem a irrigação convencional à irrigação a vácuo encontraram maior eficiência na remoção de debris a 1mm do CT para o segundo método de irrigação mas a 3mm do CT a diferença entre os dois métodos de irrigação não foi estatisticamente significativa.

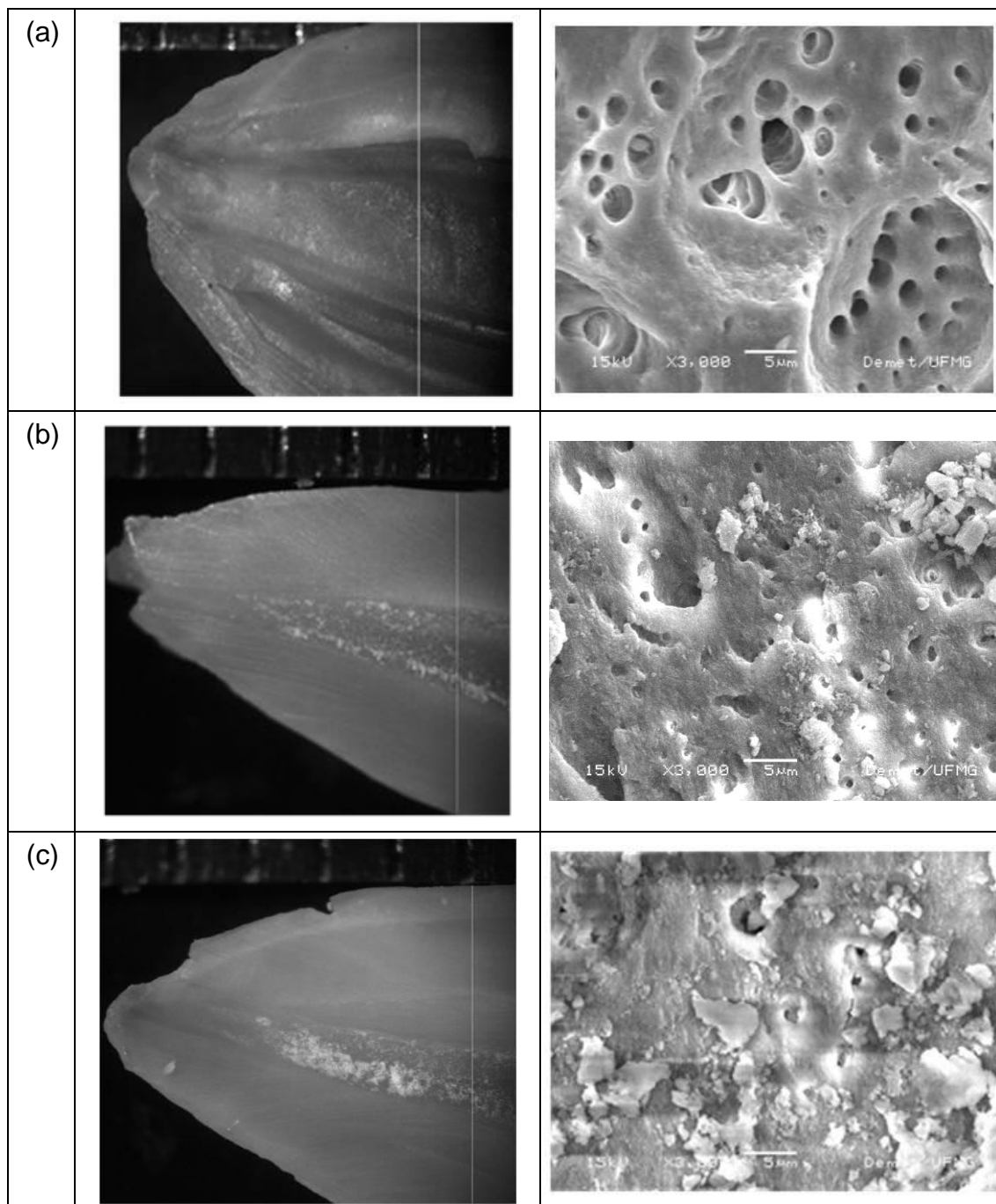
O presente estudo está em acordo com o estudo de NIELSEN & BAUMGARTNER (2007) no seguinte aspecto. Foi observado que no Grupo Experimental 3 (EndoVac) houve significativa remoção de debris na região apical localizada a aproximadamente 1mm do CT. Porém, nosso objetivo foi avaliar todo o terço apical e, assim, considerando-o como um todo, uma maior remoção de debris não foi observada em relação aos Grupos Experimentais 1 e 2 (Tabelas 5 e 6). A impressão que se tem pelo uso do equipamento é a de que a microcânula torna-se muito justa às paredes do canal e uma efetiva circulação de fluido permitindo a troca do irrigante não ocorre de maneira desejável. Como a microcânula alcança o CT, pode haver turbulência do fluido apenas nessa região de 1 a 0.5 mm aquém do CPC fazendo com que esta área apresente menor quantidade de debris.

Esta pesquisa analisou as técnicas de irrigação de acordo com a forma de utilização preconizada pelos fabricantes. Assim, o volume de irrigante dispensado com os sistemas de irrigação foram de aproximadamente: 50 ml para a irrigação a vácuo, 45 ml para a irrigação sônica e 40 ml para a irrigação convencional. Realmente, a técnica do EndoVac requer maior quantidade de solução irrigadora. Porém, em estudo realizado por DESAI e HIMEL (2009) para avaliar a segurança em relação à extrusão apical de solução irrigadora de quatro sistemas: EndoVac, Endo Activator, irrigação convencional com agulha Max-I-Probe e irrigação ultra-sônica, foi afirmado que não houve extrusão de irrigante durante a utilização do EndoVac. Resultado semelhante foi encontrado por FUKUMOTO et al. (2006). Porém, segundo DESAI e HIMEL (2009), por não ter ocorrido extrusão, a quantidade de irrigante circulante pela macro e pela microcânula poderia ser questionada. Devido a este fato, os autores realizaram a análise da circulação do fluido pelas cânulas constatando que 82-99% do irrigante circulava pela macrocânula, enquanto apenas 51-54% do fluido dispensado na câmara pulpar circulava pela microcânula. Assim, apesar de o EndoVac utilizar maior volume de solução irrigadora, apenas metade desta quantidade, no máximo, circula pela microcânula. Provavelmente, o restante da solução sofre sucção pela ponta de liberação e sucção de fluido (Master Delivery Tip). Este pode ter sido um dos motivos para a menor eficiência do sistema quanto à remoção de debris (Tabelas 5 e 6).

### 5.3 Imagens por estereomicroscópio (MO) e MEV

#### 5.3.1 GRUPO EXPERIMENTAL 1 – Irrigação Convencional

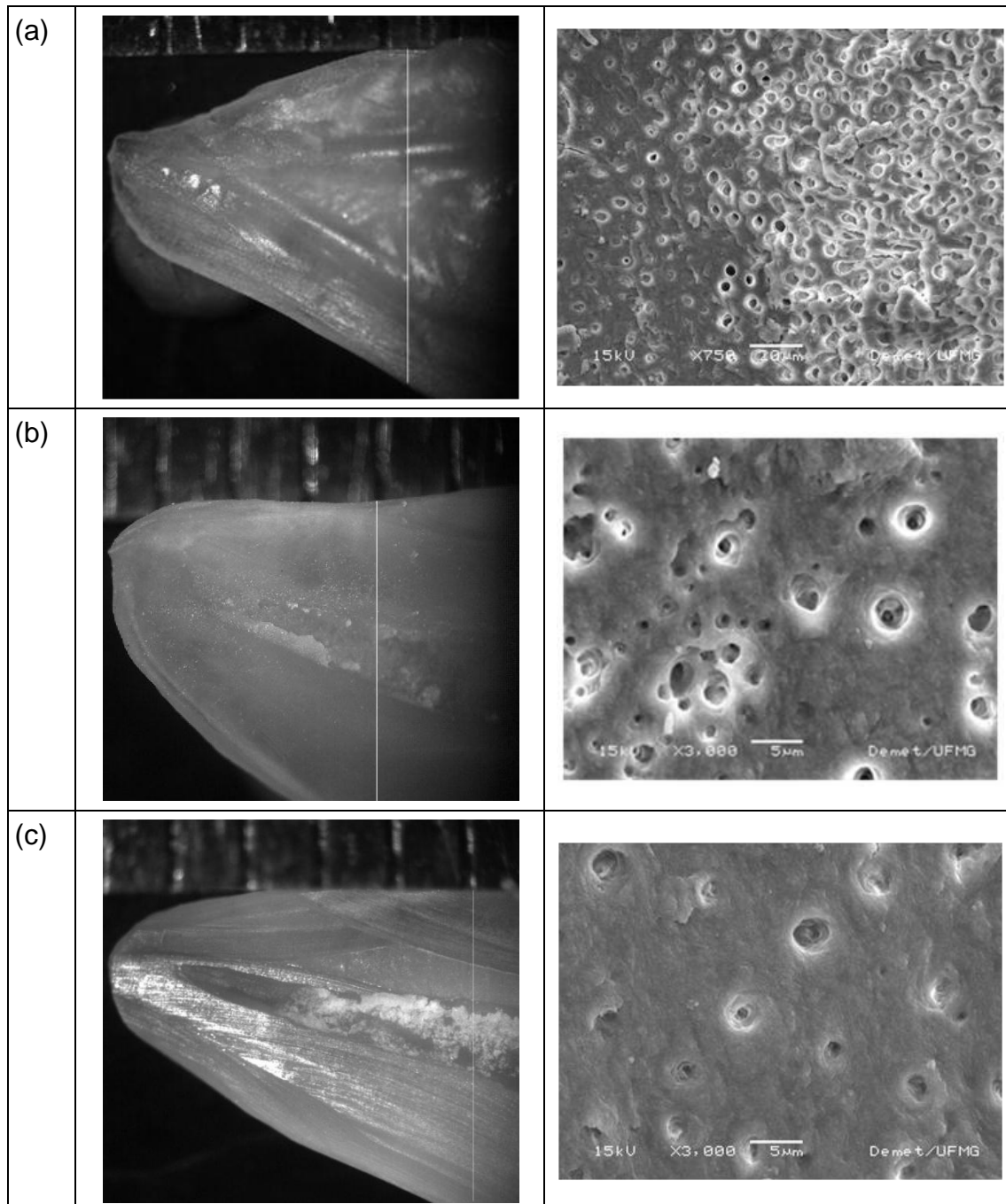
Os diferentes graus de remoção de debris obtidos após instrumentação e irrigação no grupo convencional podem ser observados pela Fig. 5.1.



**FIGURA 5.1** - Imagens por estereomicroscópio (esquerda) e MEV (direita) representando as hemi-seções: (a) AMS com pequena, (b) MDS com moderada e (c) MDP com densa quantidade de debris no Grupo Experimental 1.

### 5.3.2 GRUPO EXPERIMENTAL 2 – Irrigação Sônica

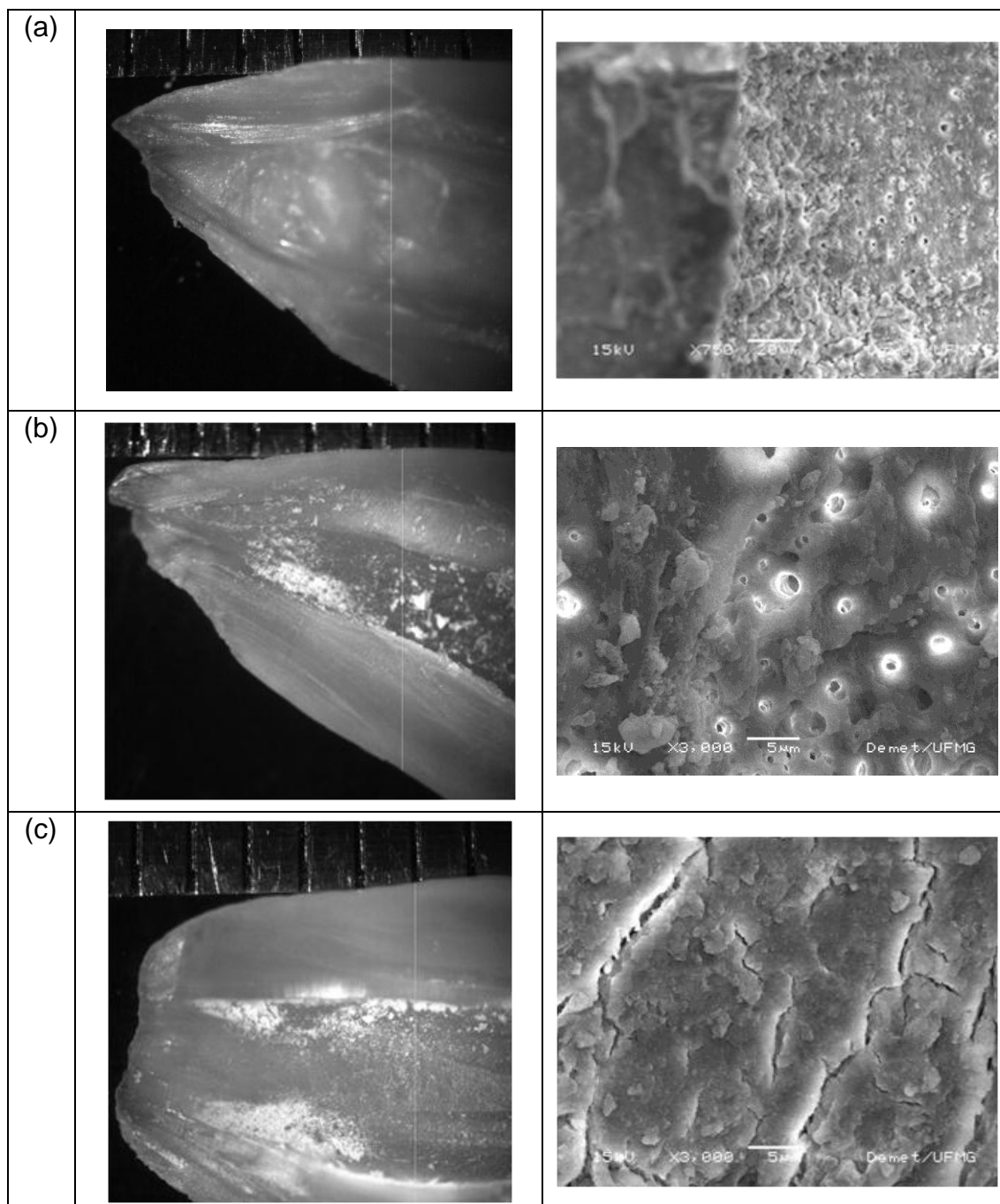
A Capacidade de remoção de debris observada no método de irrigação sônica encontra-se evidenciada na Fig. 5.2. Nestas imagens podem ser observados os diferentes graus de limpeza obtidos após preparo químico- mecânico e ativação das soluções irrigadoras de NaOCl e EDTA.



**FIGURA 5.2** - Imagens por estereomicroscópio (esquerda) e MEV (direita) representando as hemi-seções: (a) AIMP com pequena, (b) LIDP com moderada e (c) EIDP com densa quantidade de debris no Grupo Experimental 2.

### 5.3.3 GRUPO EXPERIMENTAL 3 – Irrigação a vácuo

Utilizando-se o método de irrigação a vácuo durante o preparo químico-mecânico foi possível visualizar imagens com pequena, moderada e densa quantidade de debris. Observou-se, ainda, maior remoção de debris em região situada a aproximadamente 1mm do CPC em grande parte das imagens como verificado na Fig. 5.3.



**FIGURA 5.3** - Imagens por estereomicroscópio (esquerda) e MEV (direita) representando as hemi-seções: (a) GVMP com pequena, (b) EVDS com moderada e (c) KVMS com densa quantidade de debris no Grupo Experimental 3.

Pode-se verificar pelas imagens apresentadas nas Figs. 5.1, 5.2 e 5.3 que em todos os três Grupos Experimentais houve presença dos três escores de debris (pequena, moderada e densa quantidade). Porém, como previamente apresentado pela Tabela 2, os escores 1, significando pequena quantidade de debris, foram prevalentes nos Grupos Experimentais 1 e 2 em relação ao Grupo Experimental 3. Além disso, o escore 1 no Grupo Experimental 2 apresentou-se em maior quantidade do que no Grupo Experimental 1 (apesar de a diferença não ter sido estatisticamente significativa).

Baseado no presente estudo e tendo em mente as limitações da metodologia aplicada, foi verificada uma tendência para a ação do movimento hidrodinâmico promover uma maior remoção de debris do terço apical. Porém, investigações adicionais devem ser executadas, pois as variáveis que influenciam a técnica irrigadora são muitas como o volume de irrigante, a orientação do portal de saída do fluido pelas agulhas de irrigação, o comprimento corono-apical do canal e as demais dimensões radiculares como o diâmetro e conicidade apicais.

As imagens analisadas pelos avaliadores foram as do estereomicroscópio, pois o equipamento permite visualização dos debris remanescentes após o preparo químico-mecânico ao longo de todo o canal principal. Já o MEV amplia intensamente a imagem a ponto de não permitir uma análise qualitativa, por exemplo, por contagem de túbulos dentinários patentes, pois a área visualizada encontra-se em grande ampliação e representa apenas pequena parte do canal principal.

Nenhum dos três métodos de irrigação utilizados neste trabalho foi capaz de eliminar, por completo, os debris do SCR. As limitações das técnicas de limpeza e formatação foram confirmadas também por NAIR et al. (2005) e por HUANG (2008). Ambos os trabalhos relataram que devido à complexidade anatômica do SCR, a organização microbiana em biofilmes em áreas inacessíveis não pôde ser removida por instrumentação e irrigação convencionais.

Estudos futuros devem ser realizados a fim de se analisar a circulação do fluido no interior do sistema de canais radiculares. Ainda se faz necessária uma melhor elucidação do comportamento dos fluidos nesses capilares uma vez que a visualização da área de trabalho principalmente do terço apical, na maioria das vezes, torna-se bastante dificultada.

# **CONCLUSÕES**



## 6 CONCLUSÕES

- Os métodos de irrigação convencional e ativada sonicamente apresentaram eficiência estatisticamente maior na remoção de debris que o método de irrigação a vácuo;
- O método de limpeza e formatação do SCR, associado à irrigação convencional, apresentou bom desempenho quanto a sua eficiência na remoção de debris do terço apical, demonstrando capacidade de remoção de debris semelhante ao método de ativação sônica;
- Nenhum dos três métodos de irrigação foi eficaz em remover completamente os debris do sistema de canais radiculares.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**





## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABBOT, P.V., HEIJKOOP, P.S., CARDACI, S.C., HUME, W.R., HEITHERSAY, G.S. An SEM study of the effects of different irrigation sequences and ultrasonics. *International Endodontic Journal*, v.24, n.6, p.308-316, 1991.
2. ABOU RASS, M., PICCININO, M.V. The effectiveness of four clinical irrigation methods on the removal of root canal debris. *Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology*, v.54, n.3, p.323-328, 1982.
3. AHLQUIST, M., HENNINQSSON, O., HULTENBY, K., OHLIN, J. The effectiveness of manual and rotary techniques in cleaning of root canals: a scanning electron microscopy study. *International Endodontic Journal*, v.34, n.7, p.533-537, 2001.
4. AHMAD, M., PITT FORD, T.J., CRUM, L.A. (1987) Ultrasonic debridement of root canals: an insight into the mechanisms involved. *Journal of Endodontics*, v.13, n.3, p.93-101, 1987.
5. AKTENER, B.O., BILKAY, U. Smear layer removal with different concentrations of EDTA – ethylenediamine mixtures. *Journal of Endodontics*, v.19, n.5, p.228-231, 1993.
6. ARAÚJO, F.B. *Avaliação microscópica da morfologia dentinária de dentes decíduos após aplicação de diferentes técnicas de condicionamento ácido*. São Paulo: Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo. 1993. 163p. (Tese, Doutorado em Odontologia).
7. AUN, C.E. *Avaliação, através da microscopia eletrônica de varredura, da limpeza da parede do canal radicular (terço apical), após o preparo químico-mecânico, tendo como fonte de variação o tipo e o número de uso dos instrumentos*. São Paulo: Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo. 1985. 73p. (Tese, Doutorado em Endodontia).
8. BAKER, N.A. ELEAZER, P.D., AVERBACH, R.C., SELTZER, S. Scanning electron microscopic study of the efficacy of various irrigating solutions. *Journal of Endodontics*, v.1, n.4, p.127-135, 1975.

9. BAUGH, D.; WALLACE, J. The role of apical instrumentation in root canal treatment: a review of the literature. *Journal of endodontics*, v.31, n.5, p.333-340, 2005.
10. BEESON, T.J., HARTWELL, G.R., THORNTON, J.D., GUNSOLLEY, J.C. Comparison of debris extruded apically in straight canals: conventional filling versus Profile .04 taper series 29. *Journal of Endodontics*, Baltimore, v.24, n.1, p.18-22, 1998.
11. BOUTSIOUKIS, C., LAMBRIANIDIS, T., KASTRINAKIS, E. Irrigant flow within a prepared root canal using various flow rates: a computational fluid dynamics study. *International Endodontic Journal*, v.42, n.2, p.144-155, 2009.
12. BOYDE, A., SWITSUR, V.R., STEWART, A.D.G. An assessment of two new physical methods applied to the study of dental tissues. Advances in fluorine research and dental caries prevention. *Pergamon Press Ltd*. V.1, p.185-93, 1963 apud Pashley, D.H. Smear Layer: overview of structure and function. *Proceedings Finnish Dental Society*, v.88, n.1, p.215-224, 1992.
13. BROWN, D.C., KEITH MOORE, B., BROWN JR, C.E., NEWTON, C.W. An in vitro study of apical extrusion of sodium hypochlorite during endodontic canal preparation. *Journal of Endodontics*, v.21, n.12, p.587-591, 1995.
14. BUCK, R.A., ELEAZER, P.D., STAAT, R.H., SCHEETZ, J.P. Effectiveness of three endodontic irrigants at various tubular depths in human dentin. *Journal of Endodontics*, v.27, n.3, p.206-208, 2001.
15. BURLESON, A., NUSSTEIN, J., AL READER, BECK, M. The in vivo evaluation of hand/rotary/ultrasound instrumentation in necrotic, human mandibular molars. *Journal of Endodontics*, v.33, n.7, p.782-787, 2007.
16. CAMERON, J.A. Factors affecting the clinical efficiency of ultrasonic endodontics: a scanning electron microscopy study. *International Endodontic Journal*, v.28, n.1, p.47-3, 1995.

17. CERGNEUX, M., CIUCCHI, B., DIETSCHI, J.M., HOLZ, J. The influence of smear layer on the sealing ability of canal obturation. *International Endodontic Journal*, v.20, n.5, p. 228-232, 1987.
18. 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.1243-1245, 2008.
19. CHOW, T.W. Mechanical effectiveness of root canal irrigation. *Journal of Endodontics*, v.9, n.10, p. 475-479, 1983.
20. CLEGG, M.S., VERTUCCI, F.J., WALKER, C., BELANGER, M., BRITTO, L.R. The effect of exposure to irrigant solutions on apical dentin biofilms in vitro. *Journal of Endodontics*, v.32, n.5, p.434-437, 2006.
21. COHEN, S.J.; BURNS, R.C. *Caminhos da polpa*. 7. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000. 838p.
22. DALTON, B.C., ORSTAVIK, D., PHILIPS, C., PETTIETTE, M., TROPE, M. Bacterial reduction with nickel-titanium rotary instrumentation. *Journal of Endodontics*, v.24, n.11, p. 763-767, 1998.
23. DE DEUS, Q.D. *Endodontia*. 5.ed. Rio de Janeiro: Medsi, 1992. 695p.
24. DE-DEUS, G., REIS, C., FIDEL, S., FIDEL, R., PACIORNIK, S. Dentine demineralization when subjected to EDTA with or without various wetting agents: a co-site digital optical microscopy study. *International Endodontic Journal*, v.41, n.4, p.279-287, 2008.
25. DE LUCA, M., GAMBARINI, G., PONGIONE, G., BOSSÚ, M. Smear layer removal using Profile .04 and .06 tapers rotary instruments: a SEM study. *Journal of Evolutionary Dentistry*, v.1, n.2, p.59-67. Available in: <[http://www.dental.smile.com/1998/1-2-1998\\_4.htm](http://www.dental.smile.com/1998/1-2-1998_4.htm)> Access in: 12/10/2001.
26. DESAI, P., HIMEL, V. Comparative safety of various intracanal irrigation systems. *Journal of Endodontics*, v.35, n.4, p.545-549, 2009.

27. ESTRELA, C.; FIGUEIREDO, J.A.P. *Endodontia: princípios biológicos e mecânicos*. São Paulo: Artes Médicas, 1999. 819p.
28. EVANS, G.E.; SPEIGHT, P.M.; GULABIVALA, K. The influence of preparation technique and sodium hypochlorite on removal of pulp and predentine from root canals of posterior teeth. *International Endodontic Journal*, v.34, n.4, p.322-330, 2001.
29. FALK, K.W., SEDGLEY, C.M. The influence of preparation size on the mechanical efficacy of root canal irrigation in vitro. *Journal of Endodontics*, v.31, n.10, p.742-745, 2005.
30. FOSCHI, F., NUCCI, C., MONTEBUGNOLI, L., MARCHIONNI, S., BRESCHI, L., MALAGNINO, V.A., PRATI, C. SEM evaluation of canal wall dentine following use of Mtwo and ProTaper NiTi rotary instruments. *International Endodontic Journal*, v.37, n.12, p.832-839, 2004.
31. FUKUMOTO, Y., KIKUCHI, I., YOSHIOKA, C., KOBAYASHI, C., SUDA, H. An *ex vivo* evaluation of a new root canal irrigation technique with intracanal aspiration. *International Endodontic Journal*, v.39, n.2, p.93-99, 2006.
32. GALVAN, D.A., CIARLONE, A.E., PASHLEY, D.H., KULILD, J.C., PRIMACK, P.D., SIMPSON, M.D. Effect of smear layer removal on the diffusion permeability of human roots. *Journal of Endodontics*, v.20, n.2, p. 83-86, 1994.
33. GARBEROGLIO, R., BECCE, C. Smear Layer removal by root canal irrigants. *Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology*, v.78, n.3, p. 359-367, 1994.
34. GARBEROGLIO, R., BRÄNNSTRÖM, M. Scanning electron microscopic investigation of human dentinal tubules. *Archives of Oral Biology*, v.21, n.6, p.355- 362, 1976.
35. GAVINI, G., AUN, C.E., PESCE, H.F. Análise das condições de limpeza do terço apical do canal radicular após o preparo mecânico-químico. *Revista Odontológica Universidade de São Paulo*, v.8, n.3, p.155-162, 1994.

36. GOLDBERG, F., SPILBERG, C. The effect of EDTAC and the variation of its work time analysed with scanning electron microscopy. *Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology*, v.53, n.1, p.74-77, 1982.
37. GOLDMAN, M., KRONMAN, J.H., GOLDMAN, L.B., CLAUSEN, H. GRADY, J. New method of irrigation during endodontic treatment. *Journal of Endodontics*, v.2, n.9, p. 257-60, 1976.
38. GOLDMAN, L.B. GOLDMAN, M., CAVALERI, R., BOGIS, J., LIN, P.S. The efficacy of several irrigating solutions for endodontics: a scanning electron microscopic study. *Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology*, v.52, n.2, p. 197-204, 1981.
39. GOLDMAN, L.B., GOLDMAN, M., CAVALERI, R., BOGIS, J., LIN, P.S. The efficacy of several irrigating solutions in endodontics: a scanning electron microscopic study: Part II. *Journal of Endodontics*, v.8, n.11, p.487-492, 1982.
40. GU, I., 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.6, p.791-804, 2009.
41. GUIMARÃES, L.F.L. ROBAZZA, C.R.C., MURGEL, C.A.F., PÉCORÁ, J.D., COSTA, W.F. Tensão superficial de algumas soluções irrigantes de canais radiculares. *Revista de Odontologia da Universidade de São Paulo*, São Paulo, v.2, n.1, p.6-9, 1988.
42. GUTARTS, R., NUSSTEIN, J., READER, A., BECK, M. In vivo debridement efficacy of ultrasonic irrigation following hand-rotary instrumentation in human mandibular molars. *Journal of Endodontics*, v.31, n.31, p.166-170, 2005.
43. GUTIERREZ, J.H., VILLENA, F., JOFRE, A., AMIM, M. Bacterial infiltration of dentin as influenced by proprietary chelating agents. *Journal of Endodontics*, v.8, n.10, p. 448-454, 1990.
44. HELING, I., IRANI, E., KARNI, S., STEINBERG, D. In vitro antimicrobial effect of RC-Prep within dentinal tubules. *Journal of Endodontics*, v.25, n.12, p. 782-785, 1999.

45. HOCKETT, J.L., DOMMISCH, J.K., JOHNSON, J.D., COBENCA, N. Antimicrobial efficacy of two irrigation techniques in tapered and nontapered canal preparations: an in vitro study. *Journal of Endodontics*, v.34, n. 10, p.1374-1377, 2008.
46. HOLLAND, R., SOUZA, V., NERY, M.J., MELO, W. Efeitos de diferentes preparados à base de EDTA na dentina dos canais radiculares. *Revista da Faculdade de Odontologia de Araçatuba*, v.1, n.1, p. 127-131, 1973.
47. HUANG, T.Y., GULABIVALA, K., NG, Y.L. A bio-molecular film *ex-vivo* model to evaluate the influence of canal dimensions and irrigation variables on the efficacy of irrigation. *International Endodontic Journal*, v.41, n.1, p.60-71, 2008.
48. IMURA, N., KATO, A.S., HATA, G.I., UEMURA, M., TODA, T., WEINE, F. A comparison of the relative efficacies of four hand and rotary instrumentation techniques during endodontic retreatment. *International Endodontic Journal*, London, v.33, n.4, p.361-366, 2000.
49. INGLE, J.I., BAKLAND, L.K. *Endodontics*. 4a ed. Baltimore: Williams, Wilkens, 1994. 944p.
50. JADAA, A.A., PAQUÉ, F., ATTIN, T., ZEHNDER, M. Necrotic pulp tissue dissolution by passive ultrasonic irrigation in simulated accessory canals: impact of canal location and angulation. *International Endodontic Journal*, v.42, n.1, p.59-65, 2009.
51. JARDINE, S.J., GULABIVALA, K. An in vitro comparison of canal preparation using two automated rotary nickel-titanium instrumentation techniques. *International Endodontic Journal*, London, v.33, n.4, p.381-391, 2000.
52. JENSEN, S.A., WALKER, T. L., HUTTER, J.W., NICOLL, B.K. Comparison of the cleaning efficacy of passive sonic activation and passive ultrasonic activation after hand instrumentation in molar root canals. *Journal of Endodontics*, v.25, n.11, p. 735-738, 1999.
53. JOHNSON, B.R.; REMEIKIS, N.A. Effective shelf-life of prepared sodium hypochlorite solution. *Journal of Endodontics*, Baltimore, v.19, n.1, p.40-43, 1993.

54. JODAIKIN, A., AUSTING, J.C. Smear layer removal with chelating agents after cavity preparation. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, v.46, n.2, p. 171-175, 1981.
55. KARAGÖZ-KUCUKAY, I., BAYIRLY, G. An apical leakage study in the presence and absence of smear layer. *International Endodontic Journal*, v.27, n.2, p. 87-93, 1994.
56. KENNEDY, W.A., WALKER, W.A., GOUGH, R.W. Smear layer removal effects on apical leakage. *Journal of Endodontics*, v.12, n.1, p.21-27, 1986.
57. KOULAOUZIDOU, E.A. et al. Cytotoxic effects of different concentrations of neutral and alkaline EDTA solutions used as root canal irrigants. *Journal of Endodontics*, v.25, n.1, p.21-23, 1999.
58. KUAB, 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.3, p.393-396, 2009.
59. LAMBRIANIDIS, T., MARGELOS, J., BELTS, B. Removal efficiency of calcium hydroxide dressing from the root canal. *Journal of Endodontics*, v.25, n.2, p.85-88, 1999.
60. LANDIS J.R., KOCH G.G. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, V.33, P.159-174, 1977.
61. 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.672-678, 2004.
62. LEONARDO, M.R., ALMEIDA, W.A., BEZERRA DA SILVA, L.A., UTRILLA, L.S. Histopathological observations of periapical repair in teeth with radiolucent areas submitted to two different methods of root canal treatment. *Journal of Endodontics*, Baltimore, v.21, n.3, p.137-141,1995.
63. LEONARDO, M.R., Preparo biomecânico dos canais radiculares. In: LEONARDO, M.R., LEAL, J.M. *Endodontia – Tratamento de canais radiculares*. 3.ed. São Paulo: Panamericana, 1998. Cap. 15, p. 333-358.

64. MADER, C.L., BAUMGARTNER, J.C., PETERS, D.D. Scanning electron microscopic investigation of the smeared layer on root canal walls. *Journal of Endodontics*, v.10, n.10, p.477-483, 1984.
65. MARENDING, M., PAQUÉ, F., FISCHER, J., ZEBNDER, M. Impact of irrigant sequence on mechanical properties of human root dentin. *Journal of Endodontics*, v.33, n.11, p.1325-1328, 2007.
66. MCCOMB, D., SMITH, D.C. A preliminary scanning electron microscopic study of root canals after endodontic procedures. *Journal of Endodontics*, v.1, n.7, p.238-242, 1975.
67. MC GILL, S., GULABIVALA, K., MORDAN, N., NG, Y.L. The efficacy of dynamic irrigation using a commercially available system (RinsEndo®) determined by removal of a collagen 'bio-molecular film' from an *ex vivo* model. *International Endodontic Journal*, v.41, n.7, p.602-608, 2008.
68. MOORER, W.R.; WESSENLINK, P.R. Factors promoting the tissue dissolving capability of sodium hypochlorite. *International Endodontic Journal*, London, v.15, n.4, p.186-187, 1982.
69. MUNLEY, P.J.; GOODELL, G.G. Comparison of passive ultrasonic debridement between fluted and nonfluted instruments in root canals. *Journal of Endodontics*, v.33, n.5, p.578-580, 2007.
70. NAIR, R.P.N., HENRY, S., CANO, V., VERA, J. Microbial status of apical root canal system of human mandibular first molars with primary apical periodontitis after "one-visit" endodontic treatment. *Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology Oral Radiology Endodontology*, v.99, n.2, p.231-252, 2005.
71. NIELSEN, B.A.; BAUMGARTNER, J.C. Comparison of the EndoVac system to needle irrigation of root canals. *Journal of endodontics*, v.33, n.5, p.611-615, 2007.
72. O'CONNEL, M.S., MORGAN, L.A., BEELER, W.J., BAUMGARTNER, J.C. A comparative study of smear layer removal using different salts of EDTA. *Journal of Endodontics*, v.26, n.12, p.739-43, 2000.



73. OHLWEILER, O.A. *Química Analítica Quantitativa*. 3ª Ed. Rio de Janeiro: Livros técnicos e científicos editora. 1982. Cap. 3: Equilíbrios ácidos-básico, p.31-60.
74. ORSTAVIK, D., HAAPASALO, M. Disinfection by endodontic irrigants and dressings of experimentally infected dentinal tubules. *Endodontic Dental Traumatology*, v.6, n.4, p. 142-149, 1990.
75. PAIVA, J.G., ANTONIAZZI, J.H. *Endodontia: bases para a prática clínica*. 2ª ed., São Paulo: Artes Médicas, 1988. 886p.
76. PASHLEY, D.H., MICHELICH, V., KEHL, T. Dentin permeability: effects of smear layer removal. *Journal of Prosthetic Dentistry*, v.46, n.5, p. 531-537, 1981.
77. PASHLEY, D.H. Smear layer: overview of structure and function. *Proceedings Finnish Dentistry Society*, v.88, s.1, p.215-224, 1992.
78. PÉREZ-HEREDIA, M., FERRER-LUQUE C.M., GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ, M.P., MARTÍN-PEINADO F.J., GONZÁLEZ-LOPES, S. Decalcifying effect of 15% EDTA, 15% citric acid, 5% phosphoric acid and 2.5% sodium hypochlorite on root canal dentine. *International Endodontic Journal*, v.41, n.5, p.418-423, 2008.
79. PETERS, O.A. Current challenges and concepts in the preparation of root canal systems: a review. *Journal of Endodontics*, v.30, n.8, p.559-567, 2004.
80. PRUETT, J.P.; CLEMENT, D.J.; CARNES, D.L. Cyclic fatigue testing of nickel-titanium endodontic instruments. *Journal of Endodontics*, v.23, n.2, p.77-85, 1997.
81. RICHMAN, M.J. The use of ultrasonics in root canal therapy and root resection. *Journal of Dentistry Medicine*, v.12, n.?, p. 12-8, 1957.
82. ROANE, J.B.; SABALA, C.L.; DUNCANSON, M.G. The "Balanced Force" concept for instrumentation of curved canals. *Journal of Endodontics*, v.11, n.5, p.203-211, 1985.
83. ROME, J.W., DORAN, J.E., WALKER, W.A. The effectiveness of glyoxide and sodium hypochlorite in preventing smear layer formation. *Journal of Endodontics*, v.11, n.7, p. 281-288, 1985.

84. RUDDLE, C.J. Hydrodynamic disinfection. *Dentistry Today*, v.26, n.5, p.110-112, 2007.
85. SABET, N.E., LUTFY, R.A. Ultrastructural morphologic evaluation of root canal walls prepared by two rotary nickel-titanium systems: a comparative study. *Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology Oral Radiology & Endodontics.*, v. 106, n.3, p. 59-66, 2008.
86. SAITO, K., WEBB, T.D., IMAMURA, G.M., GOODELL, G.G. Effect of shortened irrigation times with 17% ethylene diamine tetra-acetic acid on smear layer removal after rotary canal instrumentation. *Journal of Endodontics*, v.34, n.8, p.1011-1014, 2008.
87. SASSONE, L.M. Capacidade do EDTA em remover a Smear Layer utilizando diferentes formas de aplicação. *Endodontia em Foco – ABERJ*, n.23, p.3, 1999.
88. SCHILDER, H. Cleaning and shaping the root canal. *Dental Clinics of North América*, v.18, n.2, p.269-296, 1974.
89. SCHÄFER, E., ZAPKE, K. A comparative scanning electron microscopic investigation of the efficacy of manual and automated instrumentation of the canals. *Journal of Endodontics*, Baltimore, v.26, n.11, p.660-664, 2000.
90. SEGURA, J.J., CALVO, J.R., GUERRERO, J.M., SAMPEDRO, C., JIMENEZ-PLANAS, A., LLAS, R. The disodium salt of EDTA inhibits of the binding of vasoactive intestinal peptide of macrophage membranes: endodontic implications. *Journal of Endodontics*, v. 22, n.7, p. 337-340, 1996.
91. SEGURA, J.J., CALVO, J.R., GUERRERO, J.M., SAMPEDRO, C., JIMENEZ-PLANAS, A., LLAS, R. EDTA inhibits in vitro substrate adherence capacity of macrophages: endodontic implications. *Journal of Endodontics*, v.23, n.4, p. 205-208, 1997.
92. SEIDBERG, B.H., SCHILDER, H. An evaluation of EDTA in endodontics. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, v.37, n.4, p. 609-620, 1974.

93. SILVEIRA, B.C. *Estudo histológico da resposta do coto pulpar e tecidos periapicais de dentes de cães a algumas soluções irrigadoras empregadas na irrigação dos canais radiculares*. Rio de Janeiro: Faculdade de Odontologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro. 1992. 56p. (Dissertação, Mestrado).
94. SIQUEIRA, J.F.Jr., RÔÇAS, I.N., FAVIERI, A., LIMA, K.C. Chemomechanical reduction on the bacterial population in the root canal after instrumentation and irrigation with 1%, 2.5%, 5.25% sodium hypochlorite. *Journal of Endodontics*, Baltimore, v.26, n.6, p.331-334, 2000.
95. SIQUEIRA, J.F.Jr., RÔÇAS, I.N., SANTOS, S.L.R.D., LIMA, K.C., MAGALHÃES, F.A.C., UZEDA, M. Efficacy of instrumentation techniques and irrigation regimens in reducing the bacterial population within root canals. *Journal of Endodontics*, Baltimore, v.28, n.3, p.181-184, 2002.
96. SKOOG, D.A., WEST, D.M. JAMES HOLLER, F. *Fundamentals of Analytical Chemistry*. 7ª Ed. Orlando: Saunders College Publishing, 1996. Chap. 14: Complex-formation titrations, p. 278-302.
97. SÓ, M.V.R. MEV da ação do EDTA e do NaOCl no canal radicular. *Pesquisa Odontológica Brasileira*, v.14, n.1, p.44, 2000.
98. STOCK, C.J.R. *Atlas Colorido e Texto de Endodontia*. 2.ed. Rio de Janeiro: Artes Médicas, 1996. 291p.
99. SYDNEY, G.B., BATISTA, A., ESTRELA, C., PESCE, H.F., MELO, L. L. SEM Analysis of Smear Layer Removal after Manual and Automated Handpiece Root Canal Preparation. *Brazilian Dental Journal*, v.7, n.1, p.20-25, 1996.
100. TATSUTA, C.T., MORGAN, L.A., BAUMGARTNER, J.C., AUDEY, J.D. Effect of calcium hydroxide and four irrigation regimens on instrumented and uninstrumented canal wall topography. *Journal of Endodontics*, v.25, n.2, p. 93-98, 1999.
101. 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*, v.94, n.6, p. 658-666, 2002.

102. TORNECK, C.D. Reaction of hamster tissue to drugs used in sterilization of the root canal. *Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology*, v.14, n.6, p. 730-737, 1961.
103. TROWBRIDGE, H.O., KIM, S. Desenvolvimento, estrutura e função da polpa. In: COHEN, S., BURNS, R.C. *Caminhos da Polpa*, 7ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000. cap. 11, p.364-399.
104. USMAN, N., BAUMGARTNER, J.C., MARSHALL, J.G. Influence of instrument size on root canal debridement. *Journal of Endodontics*, v.30, n.2, p.110-112, 2004.
105. 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, n.6, p.472-476, 2006.
106. VERSÜMER, J.; HÜLSMANN, M.; SCHÄFERS, F. A comparative study of root canal preparation using ProFile .04 and Lightspeed rotary NiTi instruments. *International Endodontic Journal*, London, v.35, n.1, p.37-46, 2002.
107. WEST, J.D.; ROANE, J.B. Limpeza e modelagem do sistema de canais radiculares. In: COHEN, S.; BURNS, R.C. *Caminhos da Polpa*. 7.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000. Cap.8, p.191-242.
108. WHITE, R.R., GOLDMAN, M., LIN, P.S. The influence of the smeared layer upon dentinal tubule penetration by plastic filling materials. *Journal of Endodontics*, v.10, n.12, p.558-562, 1984.
109. WILDEY, W.L.; SENIA, E.S.; MONTGOMERY, S. Another look at root canal instrumentation. *Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology*, V.74, n.4, p.499-507, 1992.
110. YAMADA, R.S., ARMAS, A., GOLDMAN, M., LIN, P.S. A scanning electron microscopic comparison of a high volume final with several irrigating. *Journal of Endodontics*, v.9, n.4, p.137-142, 1983.

111. YANG, S.F., RIVERA, E.M., BAUMGARDNER, K.R., WALTON, R.E., STANFORD, C. Anaerobic tissue-dissolving abilities of calcium hydroxide and sodium hypochlorite, *Journal of Endodontics*, v.21, n.12, p.613-616, 1995.
112. YOSHIDA, T., SHIBATA, T., SHINORARA, T., GOMYO, S., SEKINE, I. Clinical evaluation of the efficacy of EDTA solution as an endodontic irrigant. *Journal of Endodontics*, v.21, n.12, p. 592-593, 1995.
113. YOUNG, G.R.; PARASHOS, P.; MESSER, H.H. The principles of techniques for cleaning root canals. *Australian Dental Journal Supplement*, v.52, n.1, p.52-63, 2007.
114. ZACCARO SCELZA, M.F.Z. *Análise pela microscopia eletrônica de varredura da limpeza das paredes dos canais radiculares segundo as substâncias irrigadoras de acordo com três diferentes técnicas*. São Paulo: Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo, 1998. 81p. (Tese, Doutorado em Endodontia).
115. ZEHNDER, M. Root canal irrigants. *Journal of Endodontics*, v.32, n.5, p.389-398, 2006.
116. ZHENG, Q.B., ZHOU, X.D., JIANG, Y., SUN, T.Q., LIU, C.X., XUE, H., HUANG, D.M. Radiographic investigation of frequency and degree of canal curvatures in Chinese mandibular permanent incisors. *Journal of Endodontics*, v.35, n.2, p.175-178, 2009.

**ANEXOS**



## ANEXOS

## Anexo 1) Cálculo da medida de Kappa da calibração

## Banco de dados de entrada

Hemisecc.	Juiz 1	Juiz 2	Juiz 3	Hemisecc.
1	a	a	a	1
2	b	b	b	2
3	b	b	b	3
4	a	a	a	4
5	a	a	a	5
6	c	c	c	6
7	b	b	b	7
8	b	b	b	8
9	a	a	a	9
10	c	c	c	10
11	a	a	a	11
12	c	c	c	12
13	b	b	b	13
14	b	a	a	14
15	a	a	a	15
16	a	a	a	16
17	a	a	a	17
18	a	a	a	18
19	b	b	b	19
20	c	c	c	20
21	a	a	a	21
22	a	a	a	22
23	a	a	a	23
24	c	c	c	24
Hemisecc.	Juiz 1	Juiz 2	Juiz 3	Hemisecc.

## Tabela com a frequência das categorias por juízes

Categoria	Juízes		
	1	2	3
Cat. 1 - a	12	13	13
Cat. 2 - b	7	6	6
Cat. 3 - c	5	5	5
Total	24	24	24

**Tabela com os Kappas para as categorias**

	<b>Cat. 1 a</b>	<b>Cat. 2 b</b>	<b>Cat. 3 c</b>
<b>Kappa da categoria</b>	0.944	0.929	1.0
<b>P-valor do Kappa da categoria</b>	< 0.001	< 0.001	< 0.001
<b>Intervalo de 95% de confiança do Kappa da categoria</b>	<b>sup: 1.0 inf: 0.713</b>	<b>sup: 1.0 inf: 0.698</b>	<b>sup: 1.0 inf: 0.769</b>

**Kappa Geral**

<b>Kappa geral</b>	0.954
<b>P-valor geral</b>	< 0.001
<b>Intervalo de 95% de confiança do Kappa</b>	<b>sup: 1.0 inf: 0.786</b>



## Anexo 2) Cálculo da medida de Kappa definitiva

### Banco de dados de entrada

Hemisec.	Juiz 1	Juiz 2	Juiz 3	Hemisec.	Juiz 1	Juiz 2	Juiz 3	Hemisec.	Juiz 1	Juiz 2	Juiz 3
1	a	a	a	61	a	a	a	121	b	b	b
2	a	a	a	62	a	a	a	122	b	b	b
3	b	a	a	63	a	a	a	123	a	a	a
4	a	a	a	64	a	a	a	124	a	a	a
5	a	a	a	65	a	a	a	125	a	a	a
6	a	a	a	66	a	a	a	126	a	a	a
7	a	a	a	67	b	b	b	127	b	b	b
8	a	a	a	68	b	b	b	128	a	a	a
9	b	b	b	69	a	a	a	129	a	a	a
10	b	b	b	70	a	a	a	130	a	a	a
11	a	a	a	71	a	a	a	131	a	a	a
12	b	c	b	72	a	a	a	132	a	a	a
13	a	a	a	73	a	a	a	133	b	b	b
14	a	a	a	74	a	a	a	134	a	a	a
15	a	a	a	75	a	a	a	135	a	a	a
16	a	a	a	76	a	a	a	136	b	b	b
17	b	b	b	77	b	b	b	137	a	a	a
18	c	c	c	78	b	b	b	138	a	a	a
19	c	c	c	79	a	a	a	139	a	a	a
20	c	c	c	80	b	b	b	140	b	b	b
21	a	a	a	81	a	a	a	141	a	b	b
22	a	a	a	82	a	a	a	142	a	a	a
23	a	a	a	83	a	a	a	143	b	a	a
24	a	a	a	84	a	a	a	144	a	a	a
25	b	b	b	85	a	a	a	145	a	a	a
26	c	b	b	86	b	b	b	146	c	c	c
27	a	a	a	87	b	b	b	147	c	c	c
28	b	b	b	88	b	b	b	148	c	c	c
29	c	c	c	89	b	b	b	149	a	a	a
30	c	c	c	90	a	a	a	150	a	a	a
31	a	a	a	91	a	a	a	151	a	a	a
32	b	b	b	92	a	a	a	152	a	a	a
33	a	a	a	93	a	a	a	153	a	a	a
34	b	b	b	94	a	a	a	154	a	a	a
35	a	a	a	95	a	b	b	155	a	a	a
36	b	b	b	96	a	a	a	156	c	c	c
37	b	a	a	97	c	c	c	157	c	c	c
38	b	a	a	98	c	c	c	158	c	c	c
39	a	a	a	99	c	c	c	159	a	a	a
40	a	a	a	100	c	c	c	160	a	a	a
41	c	c	c	101	a	a	a	161	b	b	b
42	b	b	b	102	a	a	a	162	a	a	a
43	c	c	c	103	b	b	b	163	a	a	a
44	c	c	c	104	c	c	c	164	a	a	a
45	a	a	a	105	a	a	a	165	b	b	b
46	a	a	a	106	b	b	b	166	c	c	c
47	a	a	a	107	b	b	b	167	c	c	c
48	a	a	a	108	a	a	a	168	c	c	c
49	a	a	a	109	a	a	a	169	a	a	a
50	a	a	a	110	a	a	a	170	a	a	a
51	a	a	a	111	a	a	a	171	a	a	a
52	a	a	a	112	b	a	b	172	a	a	a
53	b	b	b	113	c	c	c	173	a	a	a
54	b	b	b	114	b	b	b	174	b	b	b
55	a	a	a	115	a	a	a	175	a	a	a
56	c	c	c	116	a	a	a	176	a	a	a
57	b	b	b	117	a	a	a	177	c	c	c
58	b	a	b	118	b	b	b	178	a	a	a
59	a	a	a	119	a	a	a	179	b	a	a
60	a	a	a	120	a	a	a	180	b	b	b

**Tabela com a frequência das categorias por juízes**

Categoria	Juízes		
	1	2	3
Cat. 1 - a	110	115	113
Cat. 2 - b	44	39	42
Cat. 3 - c	26	26	25
Total	180	180	180

**Tabela com os Kappas para as categorias**

	<b>Cat. 1 a</b>	<b>Cat. 2 b</b>	<b>Cat. 3 c</b>
<b>Kappa da categoria</b>	0.929	0.885	0.97
<b>P-valor do Kappa da categoria</b>	< 0.001	< 0.001	< 0.001
<b>Intervalo de 95% de confiança do Kappa da categoria</b>	<b>sup: 1.0 inf: 0.844</b>	<b>sup: 0.97 inf: 0.801</b>	<b>sup: 1.0 inf: 0.885</b>

**Kappa Geral**

<b>Kappa geral</b>	0.924
<b>P-valor geral</b>	< 0.001
<b>Intervalo de 95% de confiança do Kappa</b>	<b>sup: 0.987 inf: 0.86</b>

## Anexo 3) Banco de Dados

Nº	Tipo-zona	Loc_raiz	Tipo_irrigacao	Ex 1	Ex 2	Ex 3
1	1	2	1	1	1	1
2	2	2	1	1	1	1
3	1	2	2	2	1	1
4	2	2	2	1	1	1
5	1	1	2	1	1	1
6	2	1	2	1	1	1
7	1	1	1	1	1	1
8	2	1	1	1	1	1
9	1	2	3	2	2	2
10	2	2	3	2	2	2
11	1	1	3	1	1	1
12	2	1	3	2	3	2
13	1	2	2	1	1	1
14	2	2	2	1	1	1
15	1	1	2	1	1	1
16	2	1	2	1	1	1
17	1	2	3	2	2	2
18	2	2	3	3	3	3
19	1	1	3	3	3	3
20	2	1	3	3	3	3
21	1	2	2	1	1	1
22	2	2	2	1	1	1
23	1	1	2	1	1	1
24	2	1	2	1	1	1
25	1	2	3	2	2	2
26	2	2	3	3	2	2
27	1	1	3	1	1	1
28	2	1	3	2	2	2
29	1	2	2	3	3	3
30	2	2	2	3	3	3
31	1	1	2	1	1	1
32	2	1	2	2	2	2
33	1	2	3	1	1	1
34	2	2	3	2	2	2
35	1	1	3	1	1	1
36	2	1	3	2	2	2
37	1	2	2	2	1	1
38	2	2	2	2	1	1
39	1	1	2	1	1	1
40	2	1	2	1	1	1
41	1	2	3	3	3	3
42	2	2	3	2	2	2
43	1	1	3	3	3	3
44	2	1	3	3	3	3
45	1	2	1	1	1	1
46	2	2	1	1	1	1
47	1	2	2	1	1	1
48	2	2	2	1	1	1
49	1	1	2	1	1	1
50	2	1	2	1	1	1
51	1	1	1	1	1	1
52	2	1	1	1	1	1
53	1	2	3	2	2	2
54	2	2	3	2	2	2
55	1	1	3	1	1	1
56	2	1	3	3	3	3
57	1	2	1	2	2	2
58	2	2	1	2	1	2
59	1	2	2	1	1	1
60	2	2	2	1	1	1

Hemisseção	
ADP	1
ADS	2
AIDP	3
AIDS	4
AIMP	5
AIMS	6
AMP	7
AMS	8
AVDP	9
AVDS	10
AVMP	11
AVMS	12
BIDP	13
BIDS	14
BIMP	15
BIMS	16
BVDP	17
BVDS	18
BVMP	19
BVMS	20
CIDP	21
CIDS	22
CIMP	23
CIMS	24
CVDP	25
CVDS	26
CVMP	27
CVMS	28
EIDP	29
EIDS	30
EIMP	31
EIMS	32
EVDP	33
EVDS	34
EVMP	35
EVMS	36
FIDP	37
FIDS	38
FIMP	39
FIMS	40
FVDP	41
FVDS	42
FVMP	43
FVMS	44
GDP	45
GDS	46
GIDP	47
GIDS	48
GIMS	49
GIMP	50
GMP	51
GMS	52
GVDP	53
GVDS	54
GVMP	55
GVMS	56
HDP	57
HDS	58
HIDP	59
HIDS	60

Examinador	
B	1
C	2
E	3

Tipo-zona	
Perigo	1
Segurança	2

Loc_raiz	
mesial	1
distal	2

grau_limp	
ausência debrís	0
peq quant	1
moderada	2
densa	3

tipo_irrigação	
Convenc	1
Endo Act	2
Endo Vac	3

Nº	Tipo-zona	Loc_raiz	Tipo_irrigacao	Ex_1	Ex_2	Ex_3	Hemissecção
61	1	1	2	1	1	1	HIMP 61
62	2	1	2	1	1	1	HIMS 62
63	1	1	1	1	1	1	HMP 63
64	2	1	1	1	1	1	HMS 64
65	1	2	3	1	1	1	HVDP 65
66	2	2	3	1	1	1	HVDS 66
67	1	1	3	2	2	2	HVMP 67
68	2	1	3	2	2	2	HVMS 68
69	1	2	1	1	1	1	IDP 69
70	2	2	1	1	1	1	IDS 70
71	1	2	2	1	1	1	IIDP 71
72	2	2	2	1	1	1	IIDS 72
73	1	1	2	1	1	1	IIMP 73
74	2	1	2	1	1	1	IIMS 74
75	1	1	1	1	1	1	IMP 75
76	2	1	1	1	1	1	IMS 76
77	1	2	3	2	2	2	IVDP 77
78	2	2	3	2	2	2	IVDS 78
79	1	1	3	1	1	1	IVMP 79
80	2	1	3	2	2	2	IVMS 80
81	1	2	2	1	1	1	JIDP 81
82	2	2	2	1	1	1	JIDS 82
83	1	1	2	1	1	1	JIMP 83
84	2	1	2	1	1	1	JIMS 84
85	1	2	3	1	1	1	JVDP 85
86	2	2	3	2	2	2	JVDS 86
87	1	1	3	2	2	2	JVMP 87
88	2	1	3	2	2	2	JVMS 88
89	1	2	1	2	2	2	KDP 89
90	2	2	1	1	1	1	KDS 90
91	1	2	2	1	1	1	KIDP 91
92	2	2	2	1	1	1	KIDS 92
93	1	1	2	1	1	1	KIMP 93
94	2	1	2	1	1	1	KIMS 94
95	1	1	1	1	2	2	KMP 95
96	2	1	1	1	1	1	KMS 96
97	1	2	3	3	3	3	KVDP 97
98	2	2	3	3	3	3	KVDS 98
99	1	1	3	3	3	3	KVMP 99
100	2	1	3	3	3	3	KVMS 100
101	1	2	1	1	1	1	LDP 101
102	2	2	1	1	1	1	LDS 102
103	1	2	2	2	2	2	LIDP 103
104	2	2	2	3	3	3	LIDS 104
105	1	1	2	1	1	1	LIMP 105
106	2	1	2	2	2	2	LIMS 106
107	1	1	1	2	2	2	LMP 107
108	2	1	1	1	1	1	LMS 108
109	1	2	3	1	1	1	LVDP 109
110	2	2	3	1	1	1	LVDS 110
111	1	1	3	1	1	1	LVMP 111
112	2	1	3	2	1	2	LVMS 112
113	1	2	1	3	3	3	MDP 113
114	2	2	1	2	2	2	MDS 114
115	1	2	2	1	1	1	MIDP 115
116	2	2	2	1	1	1	MIDS 116
117	1	1	2	1	1	1	MIMP 117
118	2	1	2	2	2	2	MIMS 118
119	1	1	1	1	1	1	MMP 119
120	2	1	1	1	1	1	MMS 120

Nº	Tipo-zona	Loc_raiz	Tipo_irrigacao	Ex_1	Ex_2	Ex_3	Hemisseção
121	1	2	3	2	2	2	MVDP 121
122	2	2	3	2	2	2	MVDS 122
123	1	1	3	1	1	1	MVMP 123
124	2	1	3	1	1	1	MVMS 124
125	1	2	1	1	1	1	NDP 125
126	2	2	1	1	1	1	NDS 126
127	1	2	2	2	2	2	NIDP 127
128	2	2	2	1	1	1	NIDS 128
129	1	1	2	1	1	1	NIMP 129
130	2	1	2	1	1	1	NIMS 130
131	1	1	1	1	1	1	NMP 131
132	2	1	1	1	1	1	NMS 132
133	1	2	3	2	2	2	NVDP 133
134	2	2	3	1	1	1	NVDS 134
135	1	1	3	1	1	1	NVMP 135
136	2	1	3	2	2	2	NVMS 136
137	1	2	1	1	1	1	ODP 137
138	2	2	1	1	1	1	ODS 138
139	1	2	2	1	1	1	OIDP 139
140	2	2	2	2	2	2	OIDS 140
141	1	1	2	1	2	2	OIMP 141
142	2	1	2	1	1	1	OIMS 142
143	1	1	1	2	1	1	OMP 143
144	2	1	1	1	1	1	OMS 144
145	1	2	3	1	1	1	OVDP 145
146	2	2	3	3	3	3	OVDS 146
147	1	1	3	3	3	3	OVMP 147
148	2	1	3	3	3	3	OVMS 148
149	1	2	1	1	1	1	QDP 149
150	2	2	1	1	1	1	QDS 150
151	1	2	2	1	1	1	QIDP 151
152	2	2	2	1	1	1	QIDS 152
153	1	1	2	1	1	1	QIMP 153
154	2	1	2	1	1	1	QIMS 154
155	1	1	1	1	1	1	QMP 155
156	2	1	1	3	3	3	QMS 156
157	1	2	3	3	3	3	QVDP 157
158	2	2	3	3	3	3	QVDS 158
159	1	1	3	1	1	1	QVMP 159
160	2	1	3	1	1	1	QVMS 160
161	1	2	1	2	2	2	RDP 161
162	2	2	1	1	1	1	RDS 162
163	1	1	1	1	1	1	RMP 163
164	2	1	1	1	1	1	RMS 164
165	1	2	1	2	2	2	SDP 165
166	2	2	1	3	3	3	SDS 166
167	1	1	1	3	3	3	SMP 167
168	2	1	1	3	3	3	SMS 168
169	1	2	1	1	1	1	TDP 169
170	2	2	1	1	1	1	TDS 170
171	1	1	1	1	1	1	TMP 171
172	2	1	1	1	1	1	TMS 172
173	1	2	1	1	1	1	UDP 173
174	2	2	1	2	2	2	UDS 174
175	1	1	1	1	1	1	UMP 175
176	2	1	1	1	1	1	UMS 176
177	1	2	1	3	3	3	VDP 177
178	2	2	1	1	1	1	VDS 178
179	1	1	1	2	1	1	VMP 179
180	2	1	1	2	2	2	VMS 180

**Anexo 4) TABELA 1 – Valores de ângulo e raio de curvatura dos canais radiculares e suas médias compondo os três grupos experimentais**

ÂNGULO													RAIO																
GRUPO 1				GRUPO 2				GRUPO 3					GRUPO 1				GRUPO 2				GRUPO 3								
	Mesial	Mesial	Distal	Distal		Mesial	Mesial	Distal	Distal		Mesial	Mesial	Distal	Distal		Mesial	Mesial	Distal	Distal		Mesial	Mesial	Distal	Distal					
A	13	20	19		AI	41	33	24		AV	26	20	12		A	7,5	3,5	4,5		AI	6,0	5,5	3,0		AV	8,0	7,5	8,5	
					BI	21	32	17		BV	62	40	37							BI	3,5	5,0	8,0		BV	2,0	3,5	7,0	
					CI	23	32	19	10	CV	38	37	0							CI	2,0	2,5	5,5	8,0	CV	7,0	6,0	0,0	
					EI	36	53	10		EV	26	20	0							EI	3,5	7,0	8,0		EV	4,0	4,5	0,0	
					FI	35	25	14		FV	12	26	34	22						FI	3,5	3,0	4,0		FV	5,5	7,0	6,5	8,5
G	14	25	15		GI	28	19	11		GV	47	17	55		G	6,0	8,5	7,0		GI	2,5	3,0	8,5		GV	3,5	6,5	5,0	
H	23		5		HI	22	11	27	33	HV	13	35	13		H	6,0	8,5			HI	7,0	4,0	6,0	6,5	HV	1,5	3,5	3,0	
I	18	9	10		II	32	20	14		IV	12	19	10	25	I	7,0	5,5	7,0		II	5,5	6,0	7,0		IV	8,5	6,5	5,5	4,0
					JI	7	10	34		JV	60	35	12							JI	8,5	8,0	4,0		JV	2,5	5,0	4,5	
K	14	19	21		KI	30	20			KV	26	20	12		K	7,0	4,5	1,5		KI	1,5		4,0		KV	8,0	7,5	8,5	
L	7	43	18	14	LI	29	34	13		LV	29	22	11	20	L	8,5	1,5	6,0	4,5	LI	4,0	2,5	8,5		LV	4,5	8,5	7,5	7,5
M	36	20	14		MI	14	27	16		MV	18	11	9	34	M	4,5	8,0	8,5		MI	8,5	4,0	3,0		MV	4,5	6,0	8,5	4,5
N	12	16	16		NI	15	15	17	11	NV	20	39	29		N	6,5	6,0	6,0		NI	8,5	5,5	5,5	8,5	NV	6,5	5,0	4,5	
O	12	13	21	19	OI	31	21			OV	30	39	23	11	O	8,5	8,5	5,0	6,0	OI	3,5		5,5		OV	8,5	5,0	7,0	5,5
Q	7	11	12		QI	22	11	27	33	QV	44	23	60		Q	8,0	8,5	5,0		QI	7,0	4,0	6,0	6,5	QV	6,0	6,0	5,5	
R	52	31	72												R	1,0	1,5	1,5											
S	23	13	15												S	7,5	8,5	5,0											
T	42		19												T	4,5	6,5												
U	12	28	70	10											U	6,0	8,0	5,5	7,0										
V	22	70													V	4,5	2,0												
Média Geral				22	Média Geral				23	Média Geral				26	Média Geral				5,8	Média Geral					5,3	Média Geral			5,6
Média Mesial				22	Média Mesial				25	Média Mesial				29	Média Mesial				6,1	Média Mesial					4,8	Média Mesial			5,6
Média Distal				22	Média Distal				19	Média Distal				21	Média Distal				5,3	Média Distal					6,1	Média Distal			5,6

# **ARTIGO CIENTÍFICO**



## Artigo

# Capacity of debris removal by conventional irrigation, EndoActivator, or EndoVac

Manuscript Category: Original Scientific Article

Keywords:

debris removal, conventional irrigation, EndoActivator system, EndoVac system, sonic irrigation, vacuum irrigation

## Abstract

**Aim** To assess the efficacy of conventional, sonic, and vacuum irrigation methods in removing debris from root canal systems.

**Methodology** Canal preparations were carried out on forty-five mandibular first molars using ProTaper Universal System. The teeth were divided into three experimental groups of 15 teeth each: GI: conventional irrigation with NaOCl using a 27-gauge needle; GII: conventional irrigation followed by EndoActivator, and GIII: vacuum irrigation using the EndoVac system. Subsequently, the mesial roots were sectioned and observed under a stereomicroscope. Images of the apical one-thirds were analyzed in a qualitative manner by three independent evaluators according to the following scores:

(1) small amount of debris, (2) moderate amount of debris, and (3) dense amount of debris.

**Results** Comparison among the groups revealed that, at the apical third, the teeth halves from experimental groups I and II were not significantly different ( $p = 0.681$ ); both had significantly less surface debris ( $p = 0.002$ ) than did Group III.

**Conclusions** The conventional and sonic irrigation methods were similar in the capacity of debris removal and performed significantly better than did the vacuum irrigation.

## Introduction

Chemomechanical preparation of the root canal is geared toward the elimination of remnants of pulp tissues, microorganisms, antigenic products, and debris from the root canal system (RCS) (Sjögren et al. 1990). A variety of chemical agents have been used as irrigating agents. Sodium hypochlorite (NaOCl) is the most commonly used irrigant during instrumentation due to its antimicrobial property and proteolytic activity (Zehnder 2006). Another irrigating agent frequently used is 17% Ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA) solution, which is a chelating agent that eliminates calcium ions from the inorganic component of dentine and is used to remove the smear layer created during root canal preparation (Zehnder 2006, Saito et al. 2008, Pérez-Heredia et al. 2008, Violich & Chandler 2010). At the apical third, cleanliness is critical due to limited space and complex anatomical configuration (Peters 2004), and conventional irrigation methods are known to be effective at cleaning root canals coronally, but less effective apically (Huang et al. 2008). To obtain optimal results, an irrigation method must also be effective at the working length (WL). Passive irrigation, which begins by slowly injecting an irrigant into a canal through a variety of different gauged and flexible cannulas, presents limitations. In this conventional method, the inability



of the irrigant to reach the WL and therefore the lack of exchange of fluid in the apical area is a problem (Baugh & Wallace 2005, Hockett et al. 2008). Nowadays, emphasis has been devoted to hydrodynamic disinfection, consisting of sonic or ultrasonic fluid activation in well-shaped canals in such a way that a hydrodynamic phenomenon appears, generating shear stresses capable of disrupting biological cells and removing debris (Boutsioukis et al. 2009, Al Jadaa et al. 2009). Another manner to promote fluid circulation is through pressure alternation, which is responsible for pulling the irrigant from a fresh supply into the chamber, down the canal to the tip of a cannula, ultimately developing a current inside the RCS (Al Jadaa et al. 2009). The first experimental use of this mechanism was called “non-instrumentation technology” (Lussi et al. 1993), where NaOCl was introduced to and removed from the canal through the use of alternating, subambient pressure fields. However, this technique was not considered safe in *in vivo* animal studies and therefore was not transferred to human clinical trials (Lussi et al. 1997, Lussi et al. 2002). Several emerging methods are currently being explored. One such method is the EndoActivator System (Advanced Endodontics, Santa Barbara, CA), consisting of a hand piece and three polymer tips which closely correspond to file nomenclature sizes 15/.02, 25/.04, and 35/.04. Another is the EndoVac System (Discus Dental, Culver City, CA), which uses a macro and a microcannula and promotes vacuum irrigation caused by the difference of pressure between the cannulas. According to the manufacturer, the microcannula can be used at the working length within a canal enlarged to ISO #35 or larger. In addition, the equipment is able to avoid air entrapment and safely deliver irrigants to the set working length. Some authors have investigated active irrigation methods and support their uses (Lee et al. 2004, Baugh & Wallace 2005, Gu et al. 2009), while others have found no difference when using these devices during chemo-mechanical debridement (Van Der Sluis et al. 2006, Gregorio et al. 2009, Bhuvu et al. 2010). As there is no consensus in the literature concerning active irrigation methods in relation to debris removal, further investigation is warranted. The purpose of the present study was to assess the cleanliness of the dentine walls on the apical third of the molar root canals after the use of three different irrigation systems: conventional irrigation, EndoActivator, and EndoVac.

## **Materials and methods**

### **Teeth selection and shaping**

Upon approval by the Research Ethics Committee from the Universidade Federal de Minas Gerais (reference number ETIC 40/08), forty-five extracted mandibular first molars were selected for this study. Only mesial canals with separated apical foramina were analysed. Initially, canals were explored, using 10 and 15 stainless steel K-files (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Switzerland), up to the length where the instrument was just visible at the foramen. The working length (WL) was established at a point half a millimetre from this length. The canal radius and angle of curvature were determined as defined by Pruett et al. (1997), by analyzing orthograde and angled radiographs projected at a 10x magnification in a profile projector (Mitutoyo, Tokyo, Japan). Before instrumentation, two parallel longitudinal grooves were made on the buccal and lingual surfaces of the roots with a flexible diamond disc (KG Sorensen, São Paulo, Brazil). Teeth were stabilized on a silicone putty base (Silon 2APS Dense, Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland) to maintain the irrigation solution intracanal. The cleaning and shaping of the root canals in all experimental groups were performed using Gates Glidden drills, followed by the

ProTaper Universal instruments (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland) according to a crown-down technique. Gates Glidden drills, in the sequence of 4, 3, and 2, followed by S1, S2, and SX instruments, were used to shape the coronal two-thirds. The apical one-third was prepared with S1, S2, F1, and F2 instruments up to the WL. The canal and pulp chamber were maintained full of irrigant throughout the procedures. Teeth were randomly divided into 3 experimental groups of 15 teeth each, as follows:

**Group I (GI):** During instrumentation as previously described, and after each rotary instrument had been used, each canal was rinsed with 1.0 mL of 5.25% NaOCl using a 27-gauge open-ended needle (Endo-Eze, Ultradent, South Jordan, UT) up to 2mm from the WL and a disposable syringe. Subsequently, each canal was irrigated with 1.0 mL of 17% EDTA for 5 minutes (Hülsmann et al. 2003) and again rinsed with 1.0 mL of 5.25% NaOCl (completing a total volume of 12 mL of 5.25% NaOCl per canal). This group can be considered as the control group, since the other two groups were submitted to the same instrumentation sequence, followed by additional specific irrigation procedures.

**Group II (GII):** After cleaning and shaping, as performed in GI, except for the use of EDTA, the canals in GII received active irrigation using the EndoActivator red tip (25/.04). The tip was positioned 2 mm short from the WL, at 10,000 cycles per minute for 60 seconds in each canal, with the canal and pulp chamber filled with 1.0 mL of 5.25% NaOCl. The canal was then rinsed with 1.0 mL of 5.25% NaOCl, followed by 1.0 mL of 17% EDTA activated for 60 seconds. Again the canal was rinsed with 1.0 mL of 5.25% NaOCl. Finally, 1.0 mL of 5.25% NaOCl was activated for an additional 60 seconds, followed by rinsing with 1.0 mL of 5.25% NaOCl (completing a total volume of 16 ml per canal).

**Group III (GIII):** The EndoVac master delivery tip was placed above the access opening to constantly deliver 5.25% NaOCl. Between each rotary instrument, one millilitre of NaOCl per canal was used to replenish the irrigant in the pulp chamber, being aspirated by the macrocannula. After instrumentation using the F2 ProTaper instrument, the canal shape was complemented with 30 and 35/.02 ProFile files to allow the microcannula to reach the WL, as indicated by Nilsen and Baumgartner (2007). Three cycles of microirrigation followed. During each cycle, the canal and pulp chamber were maintained full of irrigant while the microcannula was placed at the WL for 6 seconds, then lifted 2 mm coronally for 6 seconds, and then moved back to the WL for 6 seconds. This up-and-down motion continued for 30 seconds, ensuring 18 seconds of active irrigation directly at the WL. Two millilitres of 5.25% NaOCl were employed in the first cycle. The second microirrigation cycle used 2 mL of 17% EDTA during 30 seconds and was followed by rinsing with 1.0 mL of 5.25% NaOCl. The third cycle again employed 2 mL of 5.25% NaOCl, completing a total volume of 18 mL per canal. Upon finishing canal preparation, a final irrigation with 1.0 mL of saline solution per canal was performed to remove the NaOCl residues, and the canals were subsequently dried with paper points. All procedures were recorded using the dental-operating microscope (DF Vasconcelos, M900, São Paulo, Brazil). All teeth had their mesial roots split into two halves using a metallic sheet. One half of each root was coded, and images of the root halves were taken using a stereomicroscope with digital camera (Carl Zeiss, KL 200, Göttingen, Germany) at 10x magnification. Image Pro-Express software was used to assess the canal length in the optical photomicrographs and the same images and software were employed to define the apical thirds. The images were randomly presented to three examiners (endodontic postgraduates) previously calibrated with images obtained in a pilot study, and were assessed in the following sequence:

- (a) Day 1: Calibration session (with 10 images from the pilot study);
- (b) Day 1: First randomized images session (with another set of 20 different images);
- (c) Day 10: Second randomized images session (with the same 20 images from day 1 but in a different sequence).

The three examiners were blinded with respect to the samples being scored and the agreement between the examiners was indicated by the Kappa test (Landis & Koch 1977). The images of the root canals ( $n = 90$ ) were scored according to the following semi-quantitative rate system:

1. Small presence of debris (tiny white points drawing a trace of debris on the canal walls);
2. Moderate presence of debris (small white points on the canal walls);
3. Dense presence of debris (bigger white points on the canal walls, forming clusters).

The higher the score, the larger the amount of debris. Therefore, score 1 represented the most cleaned root canals, score 2 represented a medium level of cleanliness, and score 3 referred to a greater amount of remaining debris and thus the worst level of cleanliness. Selected root halves with canal walls that were representative of each of the three scores described above were also observed in a scanning electron microscope (Jeol, JSM 6360LV, Tokyo, Japan). The aim was to visualize, with a higher resolution, the characteristics of the root canal walls after using each irrigation procedure. Differences in the anatomic factors length, radius and angle of curvature between the groups were analysed by means of one-way analysis of variance (ANOVA), and the debris removal among the three groups was analysed by the Kruskal-Wallis equality of populations rank test at a significance level  $\alpha = 0.05$ .

## Results

The mean values of canal length and of radius and angle of curvature, which characterize the geometry of the curved root canals, are listed in Table 1. The one-way ANOVA showed no significant difference ( $p > 0.05$ ) in root canal length and geometry among the groups. Concerning the evaluation of the cleanliness of the dentine walls, the Kappa value of agreement among evaluators was 0.92. Therefore, the scoring of the samples, which is shown in Table 2, was considered to be reliable. Comparison among the groups revealed that, at the apical third, the root canals of the GI (Conventional) and GII (EndoActivator) had less remaining debris than did the GIII (EndoVac). However, the teeth in which the EndoVac system was used showed better debridement from 1.0 to 1.5 mm from the working length in approximately 75% of the analyzed root canals. Characteristic images under the optical microscope of root canals scored as 1, 2, and 3, are shown in Fig. 1. Similar images with a higher magnification, obtained by means of scanning electron microscopy, are shown in Fig. 2. It can be observed that canals that scored 1 generally presented a regular pattern of open dentinal tubules with a small presence of smear layer; score 2 canals showed some open dentinal tubules and others covered by the smear layer; while in score 3 specimens the canal walls were entirely covered by a thick coating of smear layer without revealing any open dentinal tubules. Average score sums of the remaining debris after the preparations of root canals for the three experimental groups were 39.8 for GI, 39.0 for GII, and 57.7 for GIII. Statistical analysis by the Kruskal-Wallis test showed that there were no statistically significant differences between GI and GII ( $p = 0.681$ ), whereas there were significant differences between GI and GIII ( $p = 0.001$ ), and GII and GIII ( $p = 0.002$ ).

## Discussion

Irrigation of the root canal space is a fundamental aspect of root canal treatment. The efficacy of irrigation depends on how effectively it can bring the irrigant into contact with the materials and elements within the canal system in an attempt to remove these elements (McGill 2008). The penetration of the irrigant within the apical third of root canals depends on their complex anatomy (Peters 2004, Nguy & Sedgley 2006), as well as on their taper and diameter (Lee et al. 2004, Albrecht et al. 2004). In this research, no statistically significant difference in length, radius and angle of curvature could be found among the teeth (Table 1). The influence of anatomical factors on the capacity of debris removal was avoided and the efficiency of each different irrigation technique could be assessed. The canals in GIII were finished with 30 and 35/.02 ProFile instruments to allow the microcannula to reach the WL. In the other two groups, the canals were prepared to size 25, 0.08 taper and thus presented the appropriate shape to allow for effective irrigation (Lee et al. 2004, Nguy & Sedgley 2006). The scores reported in Table 2 can be translated into average cleanliness or percentage of debris removal, as shown in Fig. 3, which indicates, in relation to score 1, that conventional irrigation produced cleanliness in 73% of the cases, while sonic irrigation in 83% of the cases, although no statistically significant difference could be identified between them. Both methods proved to be significantly better than vacuum irrigation, which showed an average cleanliness of only 40%. Others studies reported similar results for debris removal from the apical third (Van Der Sluis et al. 2006, Fukumoto et al. 2006) and a reduced intracanal *E. faecalis* population (Brito et al. 2009) by conventional irrigation. However, greater apical pressure and extrusion of the irrigant beyond the apex can develop when the tip of the needle is placed closer to the end of the canal (Fukumoto et al. 2006, McGill et al. 2008). The high percentage of debris removal attained in the conventional method can be justified by the fact that the irrigation needle was kept at 2 mm from the WL and the fact that it contained an open-ended needle type which, according to Boutsoukis et al. (2010), resulted in both a higher level of irrigant replacement as well as a higher apical pressure. Nevertheless, it is possible that a larger amount of irrigant was actually extruded to the periradicular tissues. During sonic activation, vigorous fluid agitation was clinically observed within the pulp chamber. Vibrating the tip, in combination with moving the tip up and down in short vertical strokes, synergistically produced a hydrodynamic phenomenon which could be the most likely reason for the efficient performance of the EndoActivator in this study. The phenomenon creates a microstreaming that serves to press the solution against the root canal surfaces, enhancing their mechanical cleaning power. The EndoActivator and the conventional irrigation methods showed the highest quantities of specimens with score 1 (25 and 22 specimens, respectively), as compared to the EndoVac method (12 specimens of score 1). As reported in earlier studies, the EndoActivator promotes irrigant penetration within simulated lateral canals (Gregorio et al. 2009), with a minor amount of irrigant extruded to the apex (Desai & Himel 2009). In addition, it is very practical to use. However, Jiang et al. (2010) reported that the oscillation range of the EndoActivator tips was  $1.2 \pm 0.1$  mm, resulting in a great deal of wall contact and no cavitation of the irrigant. One of the reasons for the lowest level of debris removal to be found in experiments carried out using the EndoVac system may well be the lower volume of fluid circulation. Although it could be noticed that the method does in fact require a higher volume of irrigant

(approximately 18 mL per canal) than do conventional and sonic groups (12 and 16 mL, respectively), one recent study (Desai & Himel 2009) demonstrated that only part of the fluid, between 51% and 54%, actually circulates through the microcannula when using the EndoVac system. On the other hand, although the safety of the methods was not analyzed here, one advantage of the EndoVac is its ability to safely deliver irrigant to the working length without irrigant extrusion to the periradicular tissues (Nielsen & Baumgartner 2007, Desai & Himel 2009). Another reason for the lower performance of the EndoVac system, as compared to conventional and sonic irrigation systems, may be the longer exposure to EDTA that took place when using the latter two methods, 5 minutes for conventional irrigation and 60 seconds of activation for EndoActivator, as compared to 30 seconds of microirrigation for the EndoVac system. In the work of Boutsoukias et al. (2010), the irrigant positive flow was simulated with the EndoVac microcannula and the most intense jets were formed through the most proximal holes, which were responsible for 73% of the total flow. Although in the present work the microcannula was used to aspirate irrigants, the greater debris removal at an approximately 1.0 to 1.5 mm level on the root canals prepared using the EndoVac is possibly the result of the microcannula design, concentrating the turbulence at this region. The better cleanliness in this region is of great importance as this is the area with the highest anatomic complexity, beyond which irrigation becomes difficult. Similar results were found by Nielsen and Baumgartner (2007), who showed significantly less remaining debris at 1.0 mm from the WL for the EndoVac, as compared to conventional irrigation. However, these authors did not find a statistically significant difference of debris removal at the 3.0 mm level. Both characteristics of the Endo Vac, effective cleanliness at 1.0 mm from the WL and its security concerning irrigant extrusion, make the equipment valuable on clinical trials.

## Conclusions

The present *in vitro* study revealed that the conventional irrigation and the sonic irrigation methods were similar and left behind less debris than did the vacuum irrigation method. However, none of the three irrigation protocols analyzed in this study were capable of completely removing the debris from the apical third of the root canal system.

## References

- Albrecht LJ, Baumgartner JC, Marshall JG (2004) Evaluation of apical debris removal using various sizes and tapers of ProFile GT files. *Journal of Endodontics* **30**, 425-8.
- Al Jadaa A, Paqué F, Attin T, Zehnder M (2009) Necrotic pulp tissue dissolution by passive ultrasonic irrigation in simulated accessory canals: impact of canal location and angulation. *International Endodontic Journal* **42**, 59-65.
- Baugh D, Wallace J (2005) The role of apical instrumentation in root canal treatment: a review of the literature. *Journal of Endodontics* **31**, 333-40.
- Bhuva B, Patel S, Wilson R, Niazi S, Beighton D, Mannocci F (2010) The effectiveness of passive ultrasonic irrigation on intraradicular *Enterococcus faecalis* biofilms in extracted single-rooted human teeth. *International Endodontic Journal* **43**, 241-50.

- Boutsioukis C, Lambrianidis T, Kastrinakis E (2009) Irrigant flow within a prepared root canal using various flow rates: a computational fluid dynamics study. *International Endodontic Journal* **42**, 144-55.
- Boutsioukis C, Verhaagen B, Versluis M, Kastrinakis E, Wesselink PR, Van Der Sluis LWM (2010) Evaluation of irrigant flow in the root canal using different needle types by an unsteady computational fluid dynamics model. *Journal of Endodontics* **36**, 875-9.
- Brito PRR, Souza LC, Oliveira JCM, Alves FRF, De-Deus G, Lopes HP, Siqueira Jr JF (2009) Comparison of the effectiveness of three irrigation techniques in reducing intracanal *Enterococcus faecalis* populations: An *in vitro* study. *Journal of Endodontics* **35**, 1422-7.
- Desai P, Himel V (2009) Comparative safety of various intracanal irrigation systems. *Journal of Endodontics* **35**, 545-9.
- Fukumoto Y, Kikuchi I, Yoshioka T, Kobayashi C, Suda H (2006) An *ex vivo* evaluation of a new root canal irrigation technique with intracanal aspiration. *International Endodontic Journal* **39**, 93-9.
- Gregorio C, Estevez R, Cisneros R, Heilborn C, Cohenca N (2009) Effect of EDTA, sonic, and ultrasonic activation on the penetration of sodium hypochlorite into simulated lateral canals: an *in vitro* study. *Journal of Endodontics* **35**, 891-5.
- Gu L, Kim JR, Ling J, Choi KK, Pashley DH, Tay FR (2009) Review of contemporary irrigant agitation techniques and devices. *Journal of Endodontics* **35**, 791-804.
- Hockett JL, Dommisch JK, Johnson JD, Cohenca N (2008) Antimicrobial efficacy of two irrigation techniques in tapered and nontapered canal preparations: an *in vitro* study. *Journal of Endodontics* **34**, 1374-7.
- Huang TY, Gulabivala K, Ng YL (2008) A bio-molecular film *ex-vivo* model to evaluate the influence of canal dimensions and irrigation variables on the efficacy of irrigation. *International Endodontic Journal* **41**, 60-71.
- Hülsmann M, Heckendorff M, Lennon A (2003) Chelating agents in root canal treatment: mode of action and indications for their use. *International Endodontic Journal* **36**, 810-30.
- Jiang LM, Verhaagen B, Versluis M, Van Der Sluis LWM (2010) Evaluation of a sonic device designed to activate irrigant in the root canal. *Journal of Endodontics* **36**, 143-6.
- Landis JR, Koch GG (1977) The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics* **33**, 159-74.
- Lee SJ, Wu MK, Wesselink PR (2004) The effectiveness of syringe irrigation and ultrasonics to remove debris from simulated irregularities within prepared root canal walls. *International Endodontic Journal* **37**, 672-8.
- Lottanti S, Gautschi H, Sener B, Zehnder M (2009) Effects of ethylenediaminetetraacetic, etidronic and peracetic acid irrigation on human root dentine and the smear layer. *International Endodontic Journal* **42**, 335-43.
- Lussi A, Nussbächer U, Grosrey J (1993) A novel noninstrumented technique for cleansing the root canal system. *Journal of Endodontics* **19**, 549-53.
- Lussi A, Suter B, Grosrey J (1997) Obturation of root canals *in vivo* with a new vacuum technique. *Journal of Endodontics* **23**, 629-31.

- Lussi A, Suter B, Fritzsche A, Gyax M, Portman P (2002) In vivo performance of a new non-instrumentation technology (NIT) for root canal obturation. *International Endodontic Journal* **35**, 352-8.
- McGill S, Gulabivala K, Mordan N, Ng YL (2008) The efficacy of dynamic irrigation using a commercially available system (RinsEndo®) determined by removal of a collagen 'bio-molecular film' from an *ex vivo* model. *International Endodontic Journal* **41**, 602-8.
- Nguy D, Sedgley C (2006) The influence of canal curvature on the mechanical efficacy of root canal irrigation in vitro using real-time imaging of bioluminescent bacteria. *Journal of Endodontics* **32**, 1077-80.
- Nielsen BA, Baumgartner JC (2007) Comparison of the EndoVac system to needle irrigation of root canals. *Journal of Endodontics* **33**, 611-5.
- Pérez-Heredia M, Ferrer-Luque CM, González-Rodríguez MP, Martín-Peinado FJ, González-Lopes S (2008) Decalcifying effect of 15% EDTA, 15% citric acid, 5% phosphoric acid and 2.5% sodium hypochlorite on root canal dentine. *International Endodontic Journal* **41**, 418-23.
- Peters OA (2004) Current challenges and concepts in the preparation of root canal systems: a review. *Journal of Endodontics* **30**, 559-67.
- Pruett JP, Clement DJ, Carnes Jr DL (1997) Cyclic fatigue testing of nickel-titanium endodontic instruments. *Journal of Endodontics* **23**, 77-85.
- Saito K, Webb TD, Imamura GM, Goodell GG (2008) Effect of shortened irrigation times with 17% ethylene diamine tetra-acetic acid on smear layer removal after rotary canal instrumentation. *Journal of Endodontics* **34**, 1011-4.
- Sjögren U, Hägglund B, Sundqvist G, Wing K (1990) Factors affecting the long-term results of endodontic treatment. *Journal of Endodontics* **16**, 498-504.
- Van der Sluis LWM, Gambarini G, Wu MK, Wesselink PR (2006) 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* **39**, 472-6.
- Violich DR, Chandler NP (2010) The smear layer in endodontics – a review. *International Endodontic Journal* **43**, 2-15. Zehnder M (2006) Root canal irrigants. *Journal of Endodontics* **32**, 389-98.

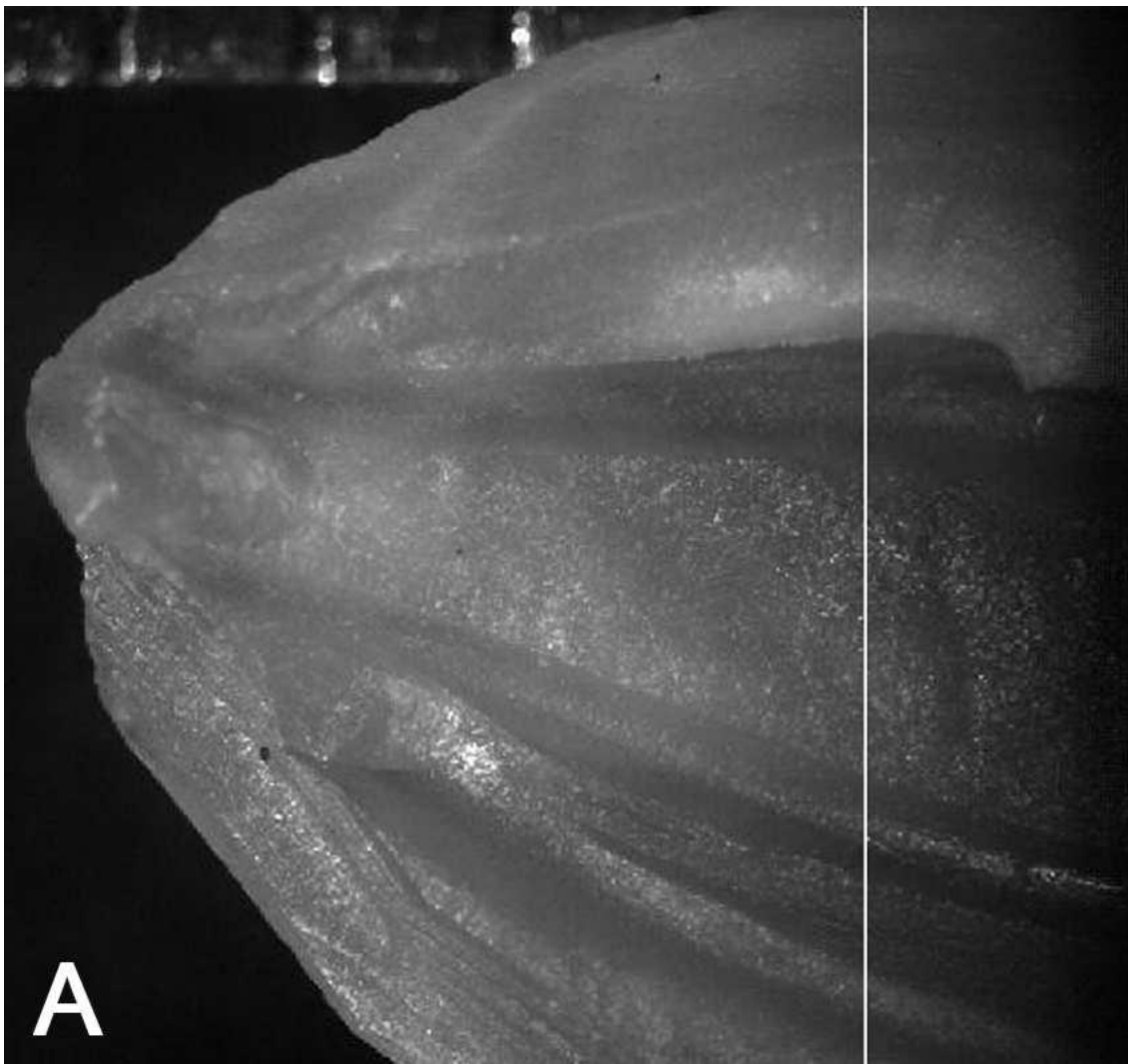


Fig. 1. Stereomicroscopy images (original magnification of 10x) of representative specimens of (a) score 1 – small presence of debris, (b) score 2 – moderate presence of debris; and (c) score 3 – dense presence of debris.

72x67mm (300 x 300 DPI)



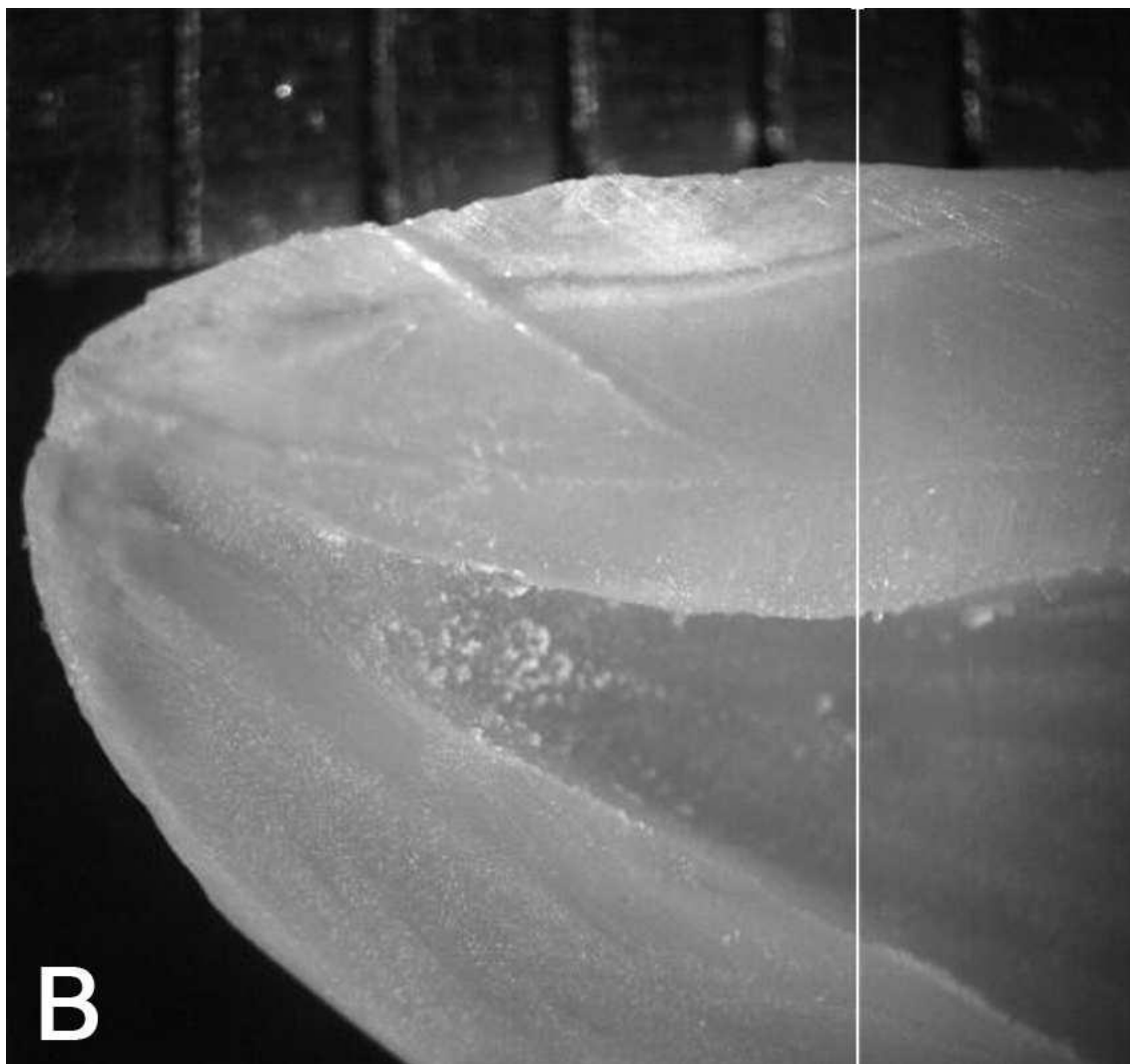


Fig. 1. B  
72x67mm (300 x 300 DPI)

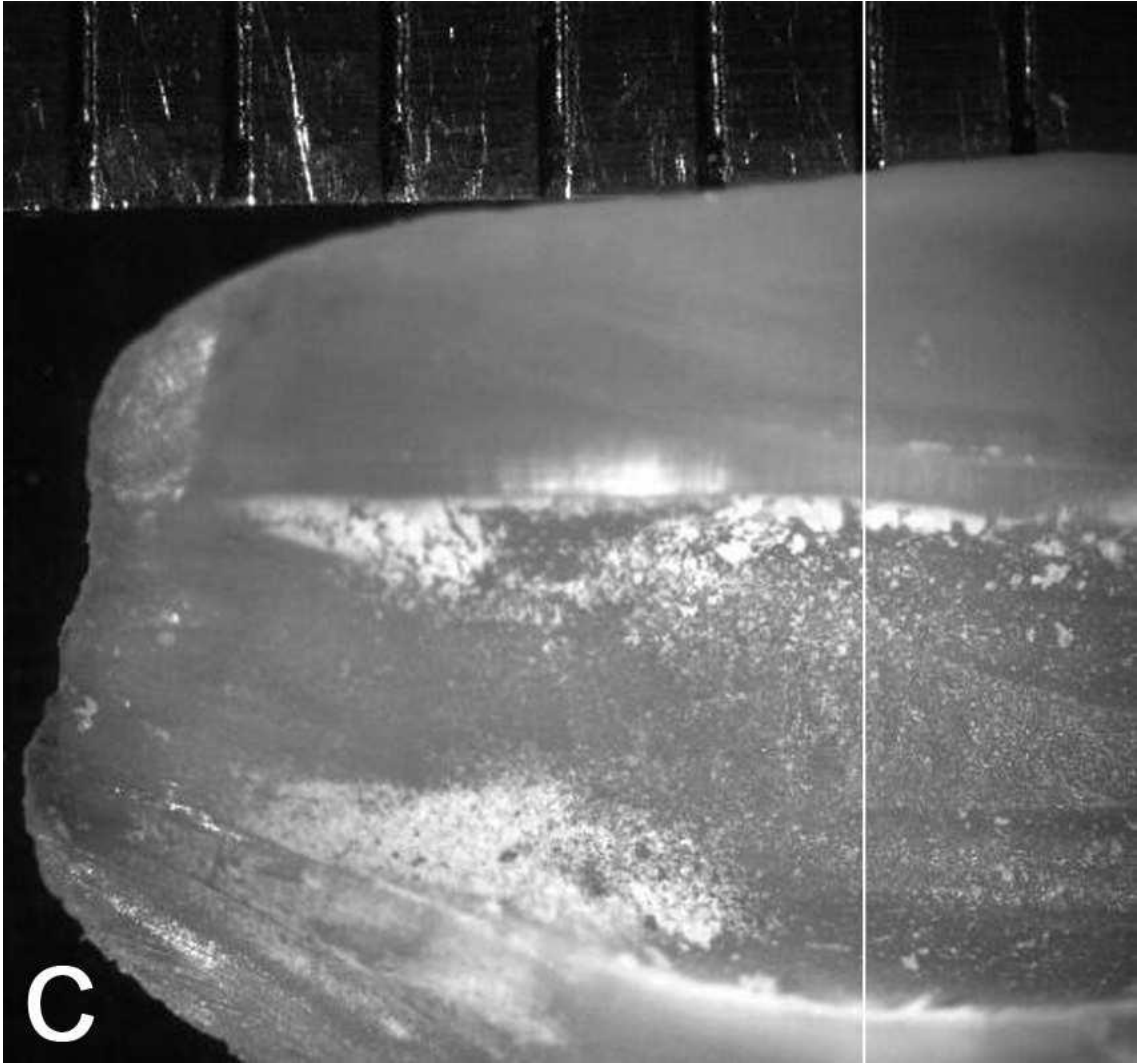


Fig. 1. C  
72x67mm (300 x 300 DPI)

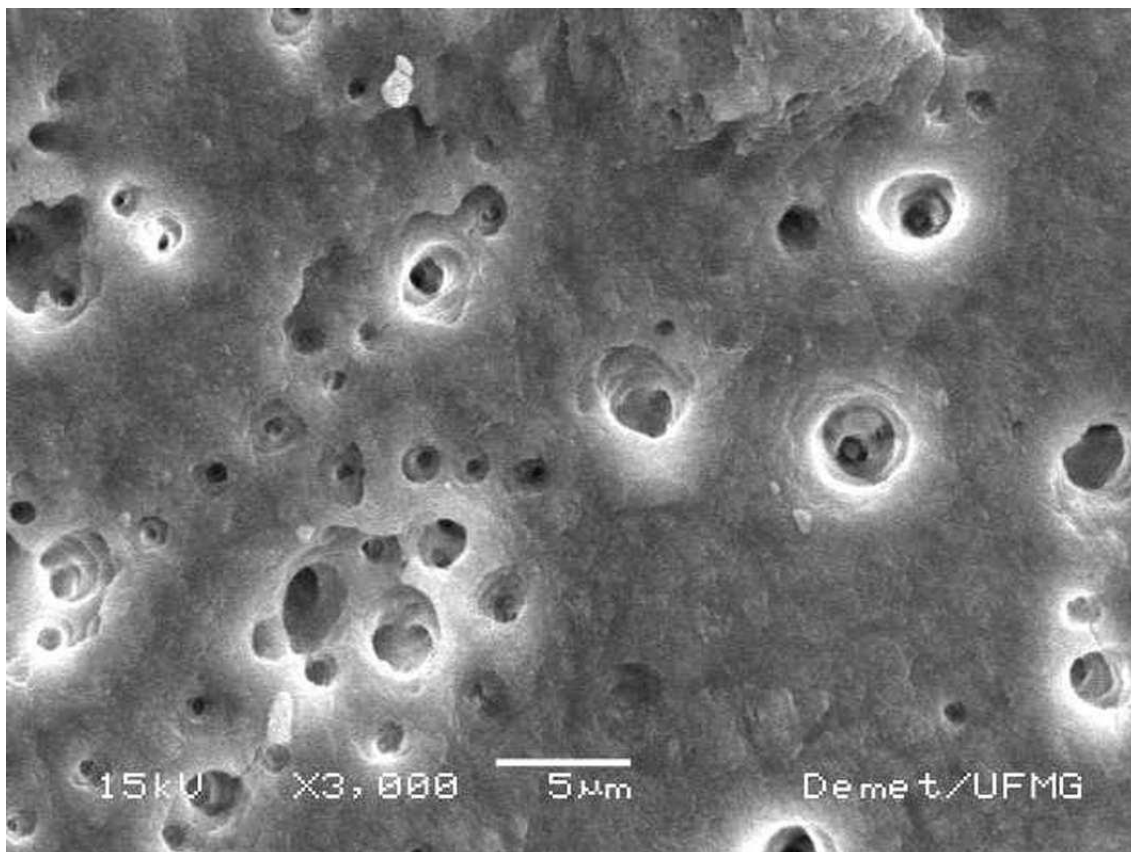


Fig. 2. Scanning electron microscopy images (original magnification of 3000x) of representative specimens of (a) score 1, (b) score 2, and (c) score 3.  
90x67mm (300 x 300 DPI)

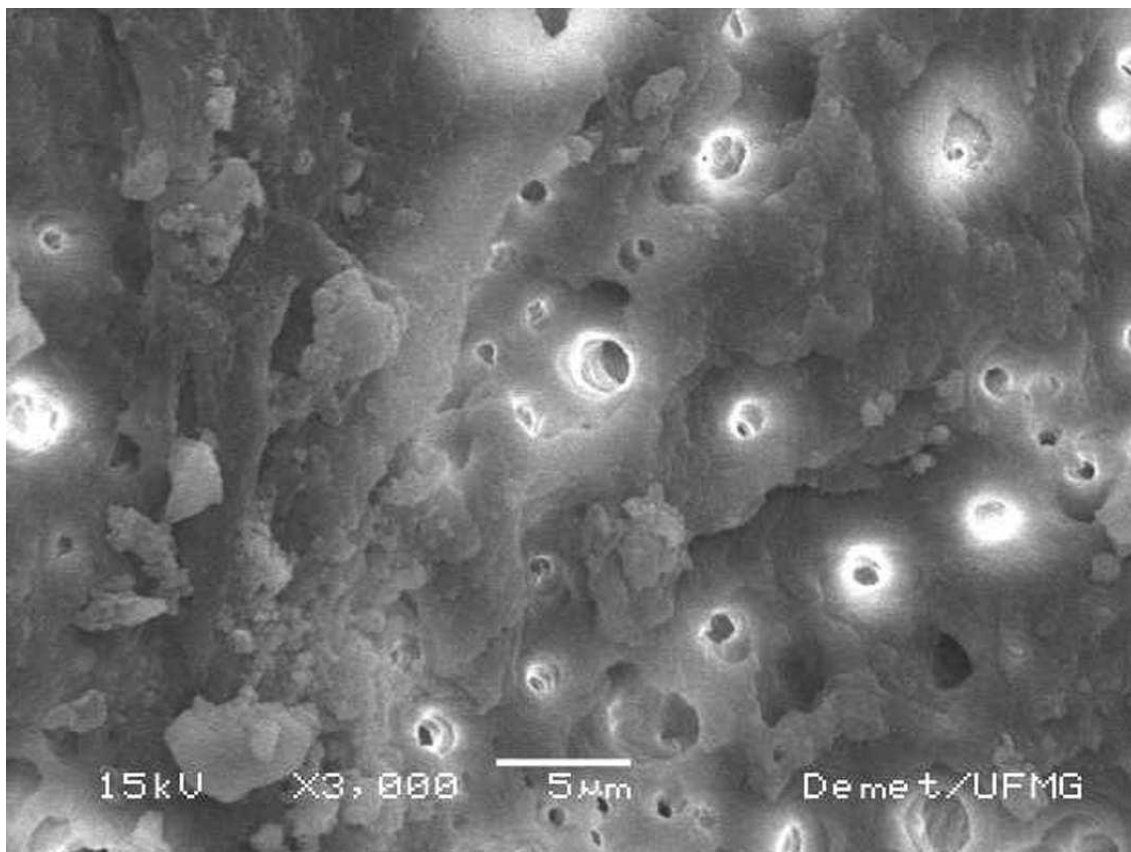


Fig. 2.B  
90x67mm (300 x 300 DPI)

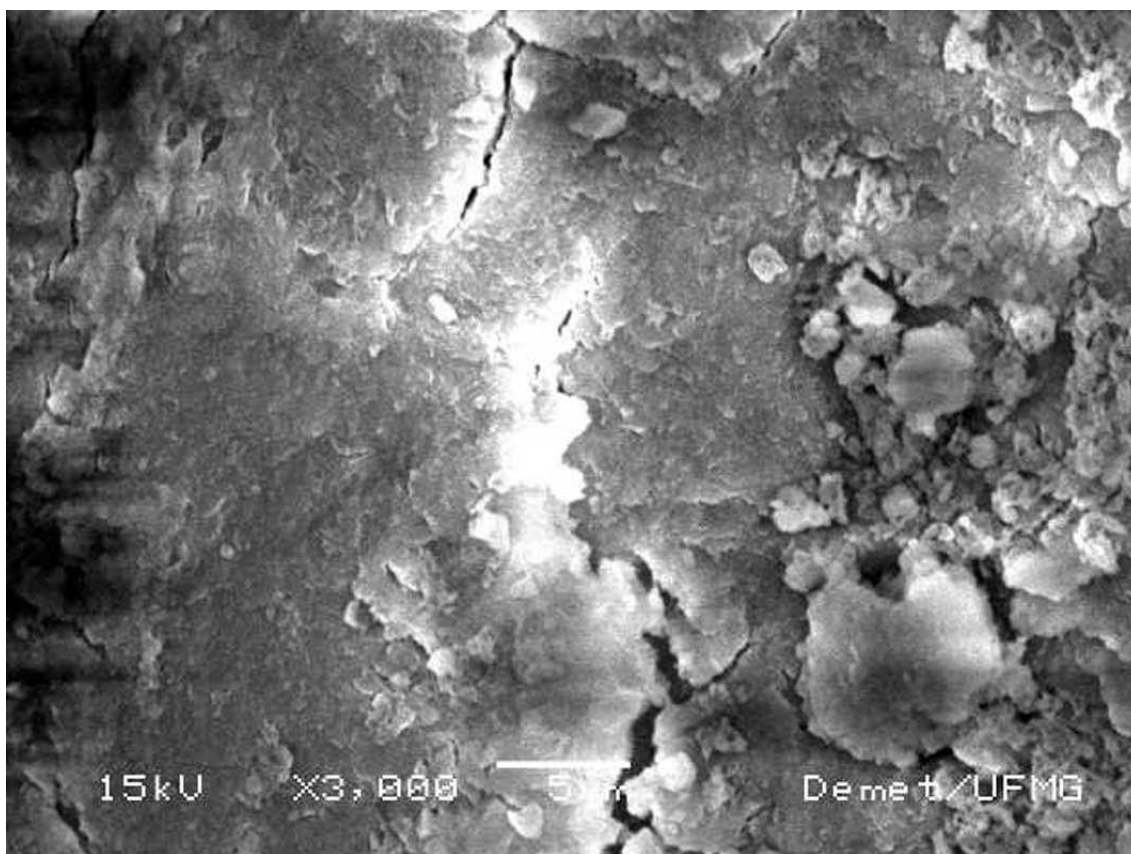


Fig. 2. C  
90x67mm (300 x 300 DPI)

Table 1. Mean values and standard deviations of length, radius and angle of curvature  
Of the root canals in each experimental group.

	Experimental groups		
	GI – Needle	GII – EndoActivator	GIII - EndoVac
Length (mm)	12.8 ± 1.9	13.0 ± 1.5	13.8 ± 1.6
Mean radius (mm)	5.8 ± 2.2	5.3 ± 2.1	5.5 ± 2.2
Mean Angle (mm)	22 ± 16	23 ± 10	24 ± 15

Table 2. Score distributions and percentages of debris removal calculated from each Score in the experimental groups.

Scores	Experimental groups			Total
	GI – Needle	GII – EndoActivator	GIII - EndoVac	
1	22 (73%)	25 (83%)	12 (40%)	59 (66%)
2	5 (17%)	3 (10%)	10 (33%)	18 (20%)
3	3 (10%)	2 (7%)	8 (27%)	13 (14%)
<b>Root canal</b>				
total (n)	30	30	30	90

