

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
FACULDADE DE FARMÁCIA, ODONTOLOGIA E ENFERMAGEM  
MESTRADO EM ODONTOLOGIA**

**DENUSA MOREIRA VERÍSSIMO**

**Comparação da infiltração apical entre canais obturados com guta-percha/AH Plus e o Sistema Resilon/Epiphany quando submetidos a duas técnicas de obturação.**

**FORTALEZA  
2007**

**DENUSA MOREIRA VERÍSSIMO**

**Comparação da infiltração apical entre canais obturados com guta-percha/AH Plus e o Sistema Resilon/Epiphany quando submetidos a duas técnicas de obturação.**

Dissertação apresentada à Faculdade de Farmácia, Odontologia e Enfermagem da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Odontologia, área de Clínica Odontológica.

Orientadora: Profa. Dra. Mônica Sampaio do Vale

**FORTALEZA  
2007**

DENUSA MOREIRA VERÍSSIMO

Comparação da infiltração apical entre canais obturados com guta-percha/AH Plus e o Sistema Resilon/Epiphany quando submetidos a duas técnicas de obturação.

Dissertação apresentada à Faculdade de Farmácia, Odontologia e Enfermagem da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Odontologia, área de Clínica Odontológica.

Aprovada em 07/03/2007

BANCA EXAMINADORA

---

Profa. Dra. Mônica Sampaio do Vale (Orientadora)  
Universidade Federal do Ceará-UFC

---

Prof. Dr. Marcílio Dias Chaves de Oliveira  
Universidade Federal do Rio Grande do Norte

---

Prof. Dr. Sérgio Lima Santiago  
Universidade Federal do Ceará- UFC

## DEDICATÓRIA

Aos meus pais, **Nilo e Maria Jurandy**,  
por todo amor e dedicação oferecidos, e por me ensinarem a ter dignidade,  
perseverança, e a lutar por todos os meus objetivos, sempre me incentivando e me  
acolhendo nos momentos difíceis.

À minha tia materna **Joany**, que sempre está ao meu lado, e que por inúmeras  
vezes, durante esses dois anos de estudo, me ajudou na educação de minhas filhas  
quando eu não estava presente.

À minha tia madrinha **Juracy**, que com sua vibração e dedicação aos estudos,  
sempre serviu de exemplo para mim. Agradeço as horas empregadas nas correções  
dos meus trabalhos, e as palavras de incentivo e carinho.

Às minhas irmãs **Denize e Débora**, e aos meus sobrinhos **Camila e José Walber**,  
que sempre estão em meu coração.

## DEDICO ESPECIALMENTE

Ao meu marido **Jorge**, por todo apoio e compreensão dados durante esse período  
de estudo, pela sua dedicação e amor incondicional no cuidado de nossas filhas, o  
que fez com que eu ficasse tranqüila na execução de minhas tarefas.

Às minhas filhas **Letícia e Juliana**, que iluminam cada dia de minha vida, e que me  
dão forças para sempre seguir em frente, e a cada dia procurar melhorar, não  
apenas profissionalmente, mas principalmente como ser humano.

## **AGRADECIMENTO ESPECIAL**

À minha orientadora Profa. Dra. Mônica Sampaio do Vale, por estar sempre presente na realização deste trabalho, e por sua capacidade de transmitir seus conhecimentos de maneira simples e tranqüila.

## AGRADECIMENTOS

- Ao Prof. Dr. José Jeová Siebra Neto, coordenador do Curso de Mestrado em Odontologia da Universidade Federal do Ceará.
- Ao Departamento de Clínica Integrada da Faculdade de Farmácia, Odontologia e Enfermagem da Universidade Federal do Ceará, que permitiu meu afastamento da função de orientadora da Clínica Integrada da Universidade Federal do Ceará, para que eu pudesse me dedicar ao curso.
- À Profa. Dra. Maria Mônica Studart Mendes Moreira, chefe da Clínica Integrada da Universidade Federal do Ceará.
- Aos colegas do Curso de Mestrado em Odontologia, pela amizade e convívio durante esses dois anos.
- A todos os professores do Curso de Mestrado, pelas suas contribuições no meu aprendizado.
- Ao professor Dr. André Jalles Monteiro, que fez a análise estatística deste trabalho.
- Aos funcionários Norma de Carvalho Linhares, Raimundo César Campos do Nascimento, Rosane Maria Costa, da biblioteca do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal do Ceará, por me ajudarem na pesquisa bibliográfica deste trabalho.
- Ao engenheiro Flávio Gaspar Herculano e ao técnico Yarly Queiroz de Lima, do Laboratório de Caracterização de Materiais – LACAM, que permitiram a utilização do Microscópio Óptico.
- À Profa. Maria Virgínia Gelfuso, do Laboratório de Materiais e Instrumentação Eletrônica CCT/UNIFOR, que permitiu o uso da máquina de corte, para a realização das amostras.

É muito importante que o homem tenha ideais. Sem eles, não se vai a parte alguma. No entanto, é irrelevante alcançá-los ou não. É apenas necessário mantê-los vivos e procurar atingi-los.

Dalai-Lama

## RESUMO

O propósito deste estudo *in vitro* foi comparar o nível de infiltração apical entre guta-percha/AH Plus (GP) e Sistema Resilon/Epiphany (SRE) quando submetidos a duas técnicas de obturação, e observar, através do uso de Microscopia Óptica (MO), a adaptação destes materiais às paredes dentinárias em cortes transversais realizados a 4mm do ápice. Para a avaliação da infiltração, 70 raízes de dentes humanos extraídos foram instrumentadas e divididas aleatoriamente em quatro grupos experimentais de acordo com o material e técnica empregados (condensação lateral e técnica Híbrida-TH) e dois grupos controles (positivo e negativo). Após sete dias em estufa (37°C, umidade de 100%), as raízes foram imersas em tinta nanquim (7 dias) e diafanizadas. A infiltração linear foi medida através do programa NIH imageJ. Utilizou-se o teste exato de Fisher, para a comparação entre percentual de não-infiltração e teste não-paramétrico de Mann-Whitney, para testar o comprimento de infiltração, quando esta existiu. O valor de  $p < 0,05$  foi considerado ser estatisticamente significativo. Na presença de infiltração, não houve diferença entre as técnicas de obturação empregadas ( $p > 0,05$ ), mas houve diferença estatisticamente significativa quando o SRE foi comparado à GP ( $p < 0,05$ ), que apresentou maior infiltração. Concluiu-se que a infiltração com o SRE ficou confinada ao terço apical e a TH pode ser utilizada para termoplastificação do SRE com resultados satisfatórios. Observou-se através da análise em MO dos 20 dentes restantes, obturados da mesma forma que os grupos experimentais (cinco dentes para cada grupo), que o SRE apresentou muitas áreas de desadaptação entre o material e as paredes dentinárias, fato que justificaria a infiltração ocorrida com esse material.

**Palavras chave: infiltração dentária, guta-percha, obturação do canal radicular.**

## ABSTRACT

The purpose of this study was to compare the level of apical leakage between canals filled with gutta-percha/AH Plus (GP) and the Resilon/Epiphany System (RES), when submitted to two filling techniques, and to observe, through the use of Optic Microscopy (OM), the adaptation of these materials to the dentinal walls in carried through transversal cuts to 4 mm of the apex. For the evaluation of leakage, seventy extracted human teeth were instrumented and randomly divided into 4 experimental groups in accordance with the material and technique used (lateral condensation and Hybrid technique - HT), and two control groups (positive and negative). After 7 days in an oven (37° C, humidity of 100%), the teeth were immersed in Indian ink and cleared. Leakage was measured by the NIH imageJ program. The exact Fisher test was used to make the comparison between the non-leakage percentages and the non-parametric Mann-Whitney test to measure the leakage when there was any. The value  $p < 0.05$  was considered to be statistically significant. With regard to the presence of leakage, there was no difference between the filling techniques ( $p > 0.05$ ), but there was a statistically significant difference when RES was compared with GP ( $p < 0.05$ ), which leaked more than RES. With RES, leakage was confined to the apical third and HT could be used to thermo-plasticize RES with satisfactory results. It was observed through the analysis in OM of 20 remaining teeth, filled in the same way that the experimental groups (5 teeth for each group), that the RES presented many areas mismatch between the material and the dentinal walls, what it would justify occurred leaking with this material.

**Key words: dental leakage, gutta-percha, root canal obturation.**

## LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

A.....	AH 26
ADA.....	American Dental Association
AH.....	AH Plus
AP.....	Apexit
°C.....	graus Celsius
CL.....	condensação lateral
cm.....	centímetro
dpi.....	ponto por polegada
EDTA.....	ácido etileno diamino tetracético
FDI.....	Federação Dentária Internacional
GS.....	cimento de Grossman
GP.....	guta-percha
g.....	grama
J.....	joule
K.....	Kerr
KE.....	Ketac-Endo
Kg.....	quilograma
Kgf.....	quilograma-força
KV.....	quilovoltagem
mA.....	miliamperagem
MET.....	Microscopia Eletrônica de Transmissão
MEV.....	Microscopia Eletrônica de Varredura
min. ....	minuto
ml.....	mililitro
mm.....	milímetros
mm/min.....	milímetros por minuto
MO.....	Microscopia Óptica
MPa.....	megapascal
NaOCl.....	hipoclorito de sódio
N°.....	número
PBS.....	solução salina fosfatada
pH.....	potencial hidrogeniônico

R.....	Resilon
R/E.....	Resilon/Epiphany
RMS.....	médias dos parâmetros topográficos das amplitudes
RP.....	Roeko Seal Automix com primer experimental
RS.....	Roeko Seal Automix
S.....	Sealapex
seg. ....	segundos
SRE.....	Sistema Resilon/Epiphany
SRM.....	Sistema Resilon em Monobloco
TH.....	técnica Híbrida
μ.....	micro
μm.....	micrômetro
μl.....	microlitro
X.....	vezes

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Uso do paquímetro digital .....	57
Figura 2 - Grupo I .....	57
Figura 3 - Grupo II .....	57
Figura 4 - Grupo III .....	58
Figura 5 - Grupo IV.....	58
Figura 6 - Tela milimetrada utilizada na calibração do programa .....	59
Figura 7 - Microscópio Óptico Olympus BX51M .....	60
Figura 8 - Máquina de corte Isomet .....	60
Figura 9 - Controle negativo .....	61
Figura 10 - Controle positivo .....	61
Figura 11 - Grupo I (guta-percha/condensação lateral). Amostras apresentando menor (A) e maior infiltração (B), respectivamente.....	62
Figura 12 - Grupo II (guta-percha/técnica Híbrida). Amostras apresentando menor (A) e maior infiltração (B), respectivamente.....	62
Figura 13 - Grupo III (Resilon/Epiphany/condensação lateral). Amostras apresentando menor (A) e maior infiltração (B), respectivamente.....	62
Figura 14 - Grupo IV (Resilon/Epiphany/técnica Híbrida). Amostras apresentando menor (A) e maior infiltração (B), respectivamente.....	63
Figura 15 - Kit Epiphany .....	97
Figura 16 - Kit Epiphany.....	97
Figura 17 - Primer Epiphany/adesivo Epiphany .....	97
Figura 18 – Imagens em Microscopia Óptica do grupo I: Guta-percha/AH Plus/ Condensação Lateral (GP/CL). Aumento de 100 vezes.....	101
Figura 19 – Imagens em Microscopia Óptica do grupo II: Guta-percha/AH Plus/ Técnica Híbrida (GP/TH). Aumento de 100 vezes.....	101
Figura 20 – Imagens em Microscopia Óptica do grupo III: Sistema Resilon/ Epiphany/Condensação Lateral (SER/CL). Aumento de 100 vezes.....	102
Figura 21 – Imagens em Microscopia Óptica do grupo IV: Sistema Resilon/ Epiphany/Técnica Híbrida (SER/TH). Aumento de 100 vezes.....	103

- Figura 22 – Imagens em Microscopia Óptica do grupo I: Guta-percha/AH Plus/  
Condensação Lateral (GP/CL). Aumento de 200 vezes.....104
- Figura 23 – Imagens em Microscopia Óptica do grupo II: Guta-percha/AH Plus/  
Técnica Híbrida (GP/TH). Aumento de 200 vezes.....105
- Figura 24 – Imagens em Microscopia Óptica do grupo III: Sistema Resilon/  
Epiphany/Condensação Lateral (SER/CL). Aumento de 200 vezes.....106
- Figura 25 – Imagens em Microscopia Óptica do grupo IV: Sistema Resilon/  
Epiphany/Técnica Híbrida (SER/TH). Aumento de 200 vezes.....107

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	14
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	18
<b>2.1 Materiais Obturadores</b> .....	18
2.1.1 Sistemas adesivos utilizados em Endodontia.....	18
2.1.2 Sistema Resilon/Epiphany.....	22
2.1.3 Cimento AH Plus.....	37
<b>2.2 Técnicas de Obturação</b> .....	44
2.2.1 Técnica Híbrida de Tagger.....	44
<b>3 PROPOSIÇÃO</b> .....	52
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	53
<b>4.1 Aspectos Éticos</b> .....	53
<b>4.2 Delineamento Experimental</b> .....	53
<b>4.3 Seleção da Amostra</b> .....	53
<b>4.4 Preparo Químico-Mecânico dos Canais Radiculares</b> .....	54
<b>4.5 Divisão dos grupos</b> .....	55
<b>4.6 Imersão no Corante e Diafanização</b> .....	57
<b>4.7 Mensuração da Penetração do Corante</b> .....	59
<b>4.8 Análise em Microscopia Óptica</b> .....	59
<b>4.9 Análise Estatística</b> .....	60
<b>5 RESULTADOS</b> .....	61
<b>5.1 Da Infiltração do Corante</b> .....	61
<b>5.2 Da Microscopia Óptica</b> .....	65
<b>6 DISCUSSÃO</b> .....	66
<b>6.1 Da Metodologia Empregada</b> .....	66
<b>6.2 Dos Resultados</b> .....	67
6.2.1 Das técnicas empregadas .....	67
6.2.2 Dos materiais empregados .....	69
<b>7 CONCLUSÕES</b> .....	74
<b>8 REFERÊNCIAS</b> .....	75
APÊNDICES.....	87
ANEXOS.....	97

## 1 INTRODUÇÃO

O tratamento endodôntico é constituído de algumas etapas e, a despeito de se ter buscado dar a mesma importância a todas elas, a obturação sempre mereceu destaque, chegando mesmo a ser colocada como fator determinante para o sucesso (SOUZA, 2006). Uma obturação tridimensional tem como objetivos principais enclausurar as bactérias que possam ter sobrevivido ao preparo químico-mecânico; prevenir a percolação de exsudato apical para o interior dos canais radiculares e a reinfecção do sistema de canais pelas bactérias, criando um meio favorável para o início do processo de reparo (SHIPPER et al., 2005). Souza (2006) afirma ainda que o papel da obturação é, por meio da ocupação do espaço físico, proteger o sistema de canais radiculares e os tecidos perirradiculares.

A grande complexidade anatômica dos sistemas de canais radiculares (incluindo canais acessórios, anastomoses e deltas apicais) e a conseqüente dificuldade de vedamento destas irregularidades e do forame apical com os materiais obturadores atualmente disponíveis têm sido apontadas como causas de 60% das falhas dos tratamentos endodônticos (DE MOOR; DE BOEVER, 2000). A filosofia predominante na Endodontia refere-se à obturação do canal radicular empregando-se um material sólido, associado a um material plástico, usualmente os cimentos endodônticos. A guta-percha, introduzida na Endodontia por Bowman em 1867, é o material sólido mais utilizado na obturação do sistema de canais radiculares, sendo mais encontrada na forma de cones. É um polímero do metilbutadieno ou isopreno (1,4 poliisopreno), sendo assim um isômero da borracha, porém mais duro, mais quebradiço e menos elástico que a borracha. A verdadeira guta-percha é obtida a partir da coagulação do látex de árvores da Malásia, dos gêneros *Payena* ou *Palaquium*, também da família das sapotáceas (NAHMIAS; SEROTA; WATSON Jr., 2003; SIQUEIRA JÚNIOR; RÔÇAS; LOPES, 2004). Apesar das inúmeras vantagens dos cones de guta-percha, como sua biocompatibilidade, ausência de toxicidade, ser termoplastificável e permitir o retratamento, apresentam algumas limitações. Pela falta de adesividade à estrutura dentária, a guta-percha não evita a infiltração coronária que pode pôr em risco o tratamento endodôntico, nos casos de cáries recorrentes, de perda do selamento coronário, ou fratura da restauração dentária definitiva, pois a mesma permitiria a migração de bactérias em direção ao ápice (MOUNCE; GLASSMAN, 2004). Embora ela seja usada há muito tempo, alguns pesquisadores concordam em sua substituição por um material que

ofereça um melhor selamento em todos os terços radiculares (NAHMIAS; SEROTA; WATSON Jr., 2003; SHIPPER et al., 2004, 2005).

Embora a guta-percha deva ser em volume, o principal constituinte da massa obturadora, cimentos endodônticos são usualmente empregados para reduzir a interface existente entre a guta-percha e as paredes do canal. Além disso, quando do emprego da técnica de condensação lateral, o cimento também atua reduzindo a interface entre os cones de guta-percha, tornando a obturação mais homogênea (SIQUEIRA JÚNIOR; RÔÇAS; VALOIS, 2001). A capacidade de selamento dos cimentos é influenciada pelas suas propriedades físicas como viscosidade, fluidez, presa e espessura da película. Muitas técnicas foram desenvolvidas para condensar a guta-percha e minimizar a espessura do cimento, mas é importante saber o efeito da espessura do cimento na sua capacidade de selamento a curto e longo prazo (KONTAKIOTIS; WU; WESSELINK, 1997).

No encontro anual da American Dental Association em 2003, a Resilon Corporation introduziu um novo sistema para obturação de canais radiculares à base de um polímero sintético resinoso. O sistema consiste em cones de Resilon de vários calibres, um adesivo de dupla polimerização e um primer autocondicionante. No Sistema Resilon, o primer se une às paredes dentinárias, e o adesivo ao primer e aos cones de preenchimento, criando um monobloco. Este sistema estaria em vantagem em relação ao emprego da guta-percha/cimento, pois eliminaria a contração e os subseqüentes espaços vazios encontrados quando do emprego desta (BARNETT; TROPE, 2006; CHIVIAN, 2004; TEIXEIRA et al., 2004a). O Sistema Resilon é biocompatível (SOUSA et al., 2006), radiopaco e solubilizado pelo clorofórmio em casos de retratamento (EZZIE et al., 2006; OLIVEIRA et al., 2006); os estudos mostram também que o mesmo reduz a infiltração coronária (SHIPPER et al., 2004, 2005; STRATTON; APICELLA; MINES, 2005; TUNGA; BODRUMLU, 2006) e promove o fortalecimento da raiz, com um aumento de até 22% na resistência à fratura desta (TEIXEIRA et al., 2004b), embora os estudos de força adesiva não confirmem a resistência à fratura produzida por este material (GESI et al., 2005; HIRAIISHI et al., 2005; UNGOR; ONAY; ORUCOGLU, 2006). Estudos sobre infiltração apical são necessários para confirmar os achados de Tay et al. (2005b) e Onay, Ungor e Orucoglu (2006) que afirmam que o material não conseguiu eliminar a infiltração nessa região. Em 2004, a empresa Resilon Research licenciou essa nova tecnologia para a Pentron (Clinical Technologies, LLC, Wallingford, CT,

USA), sob a denominação de Epiphany (Anexo A - Figuras 15, 16,17) e para a SybronEndo sob a denominação de Real Seal (CHIVIAN, 2004).

Existem atualmente quatro técnicas básicas para obturação de canais radiculares: 1- compactação de gutapercha a frio ou condensação lateral; 2- compactação de gutapercha levemente aquecida e amolecida, seguida de condensação vertical a frio; 3- compactação de gutapercha termoplastificada e injetada no canal radicular, seguida de condensação a frio; e 4- compactação de gutapercha inserida no canal e amolecida através de métodos mecânicos (GILBERT; WITHRSPOON; BERRY, 2001). Destas, a compactação a frio ou condensação lateral tem sido a técnica mais largamente usada e serve de referência para avaliação de outras técnicas (GILBERT; WITHRSPOON; BERRY, 2001; BIER et al., 2005).

Em 1980, John T. McSpadden idealizou e propôs uma técnica para obturar o canal radicular denominada de condensação termomecânica da gutapercha, através do uso de compactadores; e em 1984, Tagger os associou à técnica de condensação lateral convencional, introduzindo a técnica Híbrida de obturação do canal radicular, com o objetivo de melhorar o vedamento apical e evitar o extravasamento do material obturador que era freqüente com a técnica de McSpadden (SILVA NETO et al., 2001; BIER et al., 2005).

A microinfiltração resulta da presença de espaços preenchidos por fluidos na interface entre o material obturador e as paredes dos canais. Muitas variáveis podem influenciar esta infiltração, como o preparo de parede dentinária, através da remoção ou não da camada residual (BEHREND; CUTLER; GUTMANN, 1996; KOUVAS et al., 1998; ECONOMIDES et al., 1999; VON FRAUNHOFER et al., 2000; TIMPAWAT; AMORNCHAT; TRISUWAN, 2001; SOUZA; SILVA, 2001); propriedades físicas e químicas dos materiais obturadores, como solubilidade, contração e expansão de presa (SIQUEIRA JÚNIOR et al., 2000; ØRSTAVIK; NORDAHL; TIBBALLS, 2001; MCMICHEN et al., 2003; ALONSO et al., 2005); além de falhas na adaptação do material obturador às paredes dos canais, proporcionadas pelas diferentes técnicas de obturação. Existem duas áreas potenciais para infiltração: entre a gutapercha e o cimento, e entre o cimento e paredes dos canais (TIMPAWAT; VONGSAVAN; MESSER, 2001). Segundo Souza e Silva (2001), a camada residual é um terceiro local possível de infiltração, que tanto

quanto o cimento, não apresenta uma estrutura sólida insolúvel definida e, talvez por isso, possa permitir infiltração.

Estudos sobre a eficiência de selamento apical são utilizados para comparar diferentes técnicas e materiais de obturação, bem como outros fatores que podem influenciar a infiltração apical do canal obturado. Várias substâncias têm sido empregadas para avaliação da infiltração, tais como corantes (eosina, azul de metileno, tinta nanquim, etc.), marcadores com prata, radioisótopos, circuitos eletroquímicos e bactérias. Desse modo existe uma grande variedade de resultados e o mínimo de consenso sobre qual seria o método mais apropriado para avaliação da infiltração (BEHEND; CUTLER; GUTMANN, 1996; GILBERT; WITHRSPOON; BERRY, 2001; POMMEL et al., 2003; VERÍSSIMO; VALE, 2006).

A avaliação de infiltração utilizando corantes é a técnica mais comumente empregada, devido ser de fácil execução, sem a necessidade de equipamentos sofisticados (CAMPS; PASHLEY, 2003; POMMEL et al., 2003).

O objetivo do presente trabalho foi comparar a infiltração apical ocorrida em canais obturados com guta-percha/cimento e o Sistema Resilon/Epiphany quando submetidos a duas técnicas de obturação, através da metodologia que utiliza diafanização com penetração de corantes.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Materiais Obturadores

#### 2.1.1 Sistemas adesivos utilizados em Endodontia

Os sistemas adesivos são os materiais responsáveis por produzir a união do material restaurador às estruturas dentais (esmalte, dentina e cimento). Esses sistemas criam uma união micromecânica entre o colágeno da dentina e a resina pela formação de uma camada híbrida, além da retenção proporcionada pela penetração do adesivo no interior dos túbulos dentinários, formando os chamados tags ou prolongamentos (CARVALHO et al., 2004).

Alguns estudos têm avaliado o potencial de uso desses sistemas adesivos como materiais obturadores nos tratamentos endodônticos. As razões para a não utilização destes na Endodontia têm se centralizado nos resultados questionáveis, dificuldades e imprevisibilidade dos métodos de preenchimento do canal radicular e a inviabilidade de retratamento no caso de necessidade. Entretanto, esses materiais podem ter o potencial de aumentar o selamento do canal, reduzindo a infiltração na região apical e coronária, contribuindo, assim, para o sucesso do tratamento endodôntico.

Com o desenvolvimento dos sistemas adesivos autocondicionantes, que diferem dos convencionais especificamente porque não requerem a aplicação isolada de um ácido para produzir porosidades no substrato, melhoraram as condições de sua utilização no interior dos canais radiculares. Esses adesivos incorporam em sua formulação monômeros resinosos ácidos, que simultaneamente desmineralizam os tecidos dentais, infiltrando-se neles. Como os próprios monômeros criam sua via de infiltração, estes não devem ser lavados da superfície após a aplicação (CARVALHO et al., 2004). Nos adesivos condicionantes de dois passos, o caráter ácido e fluido é encontrado no primer do material, que é a primeira solução a ser empregada e responsável pela formação da camada híbrida com os tecidos dentais. O segundo passo é representado por uma resina de baixa viscosidade, de características hidrofóbicas e que não contém solvente ou água (CARVALHO et al., 2004).

Assim, observa-se na literatura diversos trabalhos que avaliam o uso desses sistemas adesivos no tratamento endodôntico, obtendo resultados muitas vezes promissores.

Zidan e ElDeeb (1985) compararam a qualidade do selamento apical obtido com a condensação lateral de guta-percha e o cimento experimental Scotchbond, e com a guta-percha e o cimento Tubliseal, em 40 caninos superiores recém-extraídos. Após a imersão em azul de metileno a 2%, a qualidade do selamento foi realizada através da medição da penetração linear do corante. Os canais obturados com guta-percha e Scotchbond infiltraram significativamente menos que quando o Tubliseal foi utilizado.

Rawlinson (1989) examinou a eficácia de dois métodos de preparo do canal e a eficácia de diferentes produtos na remoção da smear layer através de Microscopia Eletrônica de Varredura. O preparo ultra-sônico com solução de NaOCl a 0,25% e agitação final com solução de ácido cítrico produziram paredes muito limpas, livres de smear layer no terço coronário e médio. Entretanto, a resina de baixa viscosidade falhou em penetrar nos túbulos dentinários abertos numa profundidade significativa. Com base nessas observações, a resina de baixa viscosidade parece não ser adequada como material obturador, porque não forma uma satisfatória adaptação na parede do canal. Se o tratamento falhar, essas resinas são impossíveis de serem removidas do interior do canal radicular sem que haja uma grande destruição da estrutura dentária.

Leonard, Gutmann e Guo (1996) avaliaram a eficácia do agente de união dentinário e cimento resinoso comparado com o cimento de ionômero de vidro no selamento do sistema de canais radiculares. Os canais de 50 dentes unirradiculares foram preparados e a camada de smear layer removida com REDTA a 17% e NaOCl a 5,25%. Dividiram-se os espécimes em dois grupos de 24 dentes cada. Um grupo teve a dentina condicionada com solução clorídrica de ácido férrico e obturada com o agente de união e resina radiopaca C & B Metabond. O outro grupo foi obturado com cimento de ionômero de vidro, Ketac-Endo e cone único de guta-percha. Após imersão em tinta nanquim por 90 horas, os dentes foram diafanizados e a qualidade do selamento apical e coronário avaliada pela penetração do corante. Houve um melhor selamento nas direções apical e coronária quando se utilizou a resina e o agente de união. A Microscopia Eletrônica de Varredura da dentina desmineralizada

e da interface com o C & B Metabond revelou a presença de camada híbrida com microtags de resina penetrando no interior dos túbulos dentinários.

Kontakiotis, Wu e Wesselink (1997) compararam o comportamento de cinco cimentos e um adesivo dentinário, utilizados com uma espessura fina de 0,05mm ou mais espessa de 0,3mm, em 212 raízes antes e após armazenagem em água por dois anos, utilizando um modelo de transporte de fluidos. Os canais foram preenchidos usando cimento em combinação com cilindros de guta-percha padronizados. Camadas mais espessas do cimento Roth e Pulp Canal Sealer EWT permitiram maior infiltração que camadas mais finas, e nenhuma diferença significativa foi encontrada entre as camadas finas e espessas dos cimentos AH 26, Ketac-Endo, Sealapex e o adesivo J&J. Os piores resultados com ambas as camadas, que tiveram relevância clínica, mostraram que após armazenamento em água por dois anos, AH 26, Sealapex, Ketac-Endo e PCS-EWT infiltraram mais que antes, e que o adesivo J&J infiltrou menos e o PCS-EWT mais que os outros cimentos.

Mannocci, Innocenti e Ferrari (1998) observaram através de estereomicroscópio canais obturados com adesivo dentinário (All Bond II), guta-percha e cimento à base de resina epóxica (AH 26). Quatorze raízes palatinas de molares superiores foram usadas. Obturaram-se 7 raízes com guta-percha, cimento e adesivo (grupo 1) e as 7 raízes restantes com guta-percha e apenas cimento (grupo 2). A presença destes materiais e o número de espaços presentes foram avaliados nos terços apical, médio e coronário dos canais. No grupo 1, a presença dos três materiais usados foi estatisticamente mais significativa apenas no terço apical. Não se encontrou nenhuma diferença estatística entre o número de espaços presentes nos dois grupos. A interface resina/dentina/guta-percha das raízes do grupo 1 foi observada através de MEV: nenhuma diferença estatística foi observada entre as secções apical e coronária em relação à camada híbrida, penetração de resina nos túbulos, ou a presença de vazios na interface resina/dentina ou resina/guta-percha.

Mannocci e Ferrari (1998) compararam o selamento apical em raízes obturadas com dois tipos de adesivos dentinários, guta-percha e cimento à base de resina epóxica e com a guta-percha e cimento sem agente de união, através de teste de penetração do corante azul de metileno a 2%. Trinta e duas raízes foram preparadas químico-mecanicamente e divididas em três grupos experimentais. O

grupo 1 foi preenchido com guta-percha, cimento AH 26 e adesivo All Bond 2. O grupo 2 foi preenchido com guta-percha, AH 26 e adesivo Scotchbond Mult-Purpose Plus. O grupo 3 foi preenchido com guta-percha e cimento AH 26. Os grupos 1 e 2 infiltraram significativamente menos que o grupo 3. Os materiais mais visualizados no ápice foram: no grupo 1 o adesivo e no grupo 2, a guta-percha. A interface entre a dentina e o adesivo nos grupos 1 e 2 foi examinada em MEV e mostrou presença de camada híbrida.

Britto et al. (2002) compararam a infiltração apical dos canais obturados com guta-percha usando tanto o cimento resinoso de dupla polimerização Panavia F ou o cimento à base de resina epóxica ThermaSeal Plus, com ou sem a aplicação do primer ED. Oitenta e seis raízes foram instrumentadas e divididas em quatro grupos, de acordo com o material empregado. Após a obturação, as raízes foram imersas em azul de metileno por 10 dias, seccionadas longitudinalmente e a penetração apical observada. Os resultados indicaram que os canais obturados com guta-percha e ThermaSeal Plus mostraram menor infiltração que os obturados com guta-percha e Panavia F (com ou sem aplicação do primer ácido), sendo esta inadequada para uso com cimento endodôntico.

Gogos et al. (2003) compararam a força adesiva do cimento AH-26 em dentina humana de dentes expostos a diferentes medicações com ou sem o uso de três agentes adesivos. Usaram-se os materiais AH-26, adesivos de um frasco Single Bond, Bond-1 e o adesivo autocondicionante Clearfill SE Bond. Os substratos dentinários foram obtidos de dentes humanos unirradiculares divididos em sete grupos de 12 espécimes cada e tratados com EDTA a 15% ou ácido fosfórico a 37%, para a remoção da smear layer. Posicionou-se o cimento AH-26 sobre a superfície dentinária com ou sem o uso de agentes de união, e testou-se a força adesiva usando uma carga de cisalhamento com velocidade de 0,5mm/min. O uso dos agentes de união aumentou significativamente a adesão do cimento AH-26 à dentina radicular, entretanto os melhores resultados obtiveram-se com o sistema autocondicionante. Resultados similares foram obtidos para a dentina com o pré-tratamento com ácido fosfórico a 35% ou EDTA.

### 2.1.2 Sistema Resilon/Epiphany

Recentemente a empresa Resilon Corporation introduziu no mercado os cones de Resilon e um adesivo que quando utilizado em combinação com um primer autocondicionante, após a remoção da smear layer, permitiria a criação de um sólido monobloco (NAHMIAS; SEROTA; WATSON, 2003; MOUNCE; GLASSMAN, 2004; TEIXEIRA et al., 2004a).

Resilon é um polímero sintético termoplastificável, que contém vidro bioativo oxiclórido de bismuto e sulfato de bário (65% de carga). Como a guta-percha, apresenta cones mestres e acessórios em diferentes tamanhos. Além disso, possui blocos de Resilon usados nas técnicas de termoplastificação. É associado ao cimento resinoso Epiphany sealant (Pentron Clinicals Technologies, L.L.C, USA) que é uma mistura de dimetacrilato (bisfenol-A-glicidil metacrilato), etoxilato dimetacrilato, uretano dimetacrilato, e metacrilatos hidrofílicos disfuncionais. Contém também carga de hidróxido de cálcio, sulfato de bário e sílica. O total de carga do adesivo é de 70% de peso (TEIXEIRA et al., 2004a). O cimento pode ser fotopolimerizado para proporcionar um selamento coronário imediato, ou irá tomar presa num intervalo de 25 minutos. Com um pH > 11,5, é bacteriostático, mas após a presa, o pH retorna a neutralidade; no entanto se o fluido periapical penetrar no espaço do canal radicular, o pH aumentará novamente para >11, restabelecendo o meio bacteriostático. Por apresentar ausência de toxicidade, não ser mutagênico e não ser irritante, o cimento será reabsorvido através de fagocitose, se for extruído para fora do canal radicular. O primer Epiphany permitirá a adesão do cimento às paredes do canal radicular. O catalisador contido no cimento polimerizará o primer, que unirá o cimento às paredes do canal. O cimento se unirá à resina contida nos cones de Epiphany, formando assim o monobloco (NAHMIAS; SEROTA; WATSON Jr., 2003).

Shipper et al. (2004) compararam a infiltração bacteriana usando *Streptococcus mutans* e *Enterococcus faecalis* entre a guta-percha e um polímero sintético termoplastificado (Resilon), usando duas técnicas de obturação, avaliando-se por um período de 30 dias. Removeram-se as coroas dos dentes e as raízes foram cortadas no comprimento de 16mm e instrumentadas. Cento e cinquenta e seis raízes foram divididas em oito grupos de 15 e três grupos controles de 12 raízes cada. Obturaram-se as raízes usando as técnicas de condensação vertical ou lateral, com guta-percha e cimento AH 26 (grupos 1 e 2), ou guta-percha e cimento

Epiphany (grupos 3 e 4). Os grupos 5 e 6 foram obturados com o Sistema Resilon usando as técnicas de condensação lateral ou vertical. Nos seis primeiros grupos utilizou-se um modelo de câmaras divididas com *S. mutans*. Os grupos 7 e 8 foram idênticos aos grupos 5 e 6, entretanto nestes últimos utilizou-se o *E. faecalis*. O Sistema Resilon mostrou o nível de infiltração menor (estatisticamente significativo) do que o observado com a guta-percha, onde em aproximadamente 80% houve infiltração.

Teixeira et al. (2004b) avaliaram a resistência à fratura de dentes submetidos ao tratamento endodôntico e preenchidos com a guta-percha ou o Sistema Resilon. Dividiram-se 80 dentes em cinco grupos onde se utilizou condensação lateral e vertical com a guta-percha, condensação lateral ou vertical com o Sistema Resilon e grupo controle sem obturação. As amostras foram armazenadas em 100% de umidade durante duas semanas, montadas em blocos de resina e submetidas à carga até sua fratura. Os grupos obturados com o Sistema Resilon mostraram valores de resistência à fratura estatisticamente superiores aos grupos obturados com a guta-percha, independente da técnica de preenchimento utilizada.

Gambarini e Pongione (2005) avaliaram o novo material obturador Real Seal, quando utilizado com um novo dispositivo obturador (Elements Obturation Unit). Dividiram-se 20 dentes casualmente em dois grupos, preparados e obturados com a técnica de condensação aquecida usando os seguintes materiais: Grupo A: guta-percha e cimento à base de óxido de zinco-eugenol; Grupo B: Real Seal. Após a obturação, os materiais foram armazenados por um dia para que se processasse a presa e submetidos ao teste de infiltração de corantes. Os dentes foram diafanizados e a penetração linear de corante avaliada. Os resultados mostraram uma média de penetração para o grupo A de 1,3mm, e para o grupo B de 0,4mm. Os resultados indicaram que esse novo material apresentou diminuição na infiltração apical.

Gesi et al. (2005) compararam a força da interface Resilon/Epiphany e guta-percha/AH Plus através do teste de push-out. Os tipos de falhas dos discos radiculares, após os testes, foram examinados em Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV). O grupo da guta-percha exibiu valores mais altos da interface adesiva que o grupo Resilon, quando as falhas prematuras que ocorreram com as fatias radiculares do grupo Resilon foram incluídas na análise estatística. A guta-

percha falhou exclusivamente na interface guta-percha/cimento. Já as fatias de Resilon falharam predominantemente na interface entre cimento e dentina com fratura dos tags resinosos. O desacoplamento do Resilon/Epiphany também foi observado em alguns espécimes. Os dados analisados através do teste Mann-Whitney mostraram que as baixas forças alcançadas na interface com ambos os tipos de materiais obturadores não reforça o conceito de fortalecimento da raiz com o novo tipo de material obturador.

Hiraishi et al. (2005) avaliaram a força adesiva do Resilon ao Next, um cimento à base de metacrilato, usando um teste de microcisalhamento modificado. Superfícies planas de Resilon de diferentes rugosidades foram preparadas por compressão para união com o cimento e comparadas com um grupo controle de resina. Após o teste de cisalhamento, examinaram-se os espécimes fraturados em Microscópio de Emissão de Elétrons para análise detalhada do tipo de fratura. O grupo controle exibiu média de força de cisalhamento significativamente mais alta (7,62MPa) que foi 4,4 a 4,7 vezes maiores que no grupo Resilon (1,64 a 1,74MPa). O aumento na rugosidade do grupo Resilon não contribuiu para o aumento na força de cisalhamento com esse cimento. Os tipos de fratura do grupo controle foram coesivas e mistas, enquanto no grupo Resilon foram predominantemente adesivas. A baixa força de cisalhamento do Resilon ao cimento, comparado com o grupo controle, sugere que a quantidade de dimetacrilato incorporado ao Resilon pode não ser suficiente para uma efetiva união química ao metacrilato das resinas.

Shipper et al. (2005) utilizaram cães da raça Beagle para comparar “in vivo” a eficácia da obturação dos canais radiculares utilizando a guta-percha com o cimento AH-26 e o Sistema Resilon em Monobloco (SRM) com o objetivo de prevenir a periodontite apical, após inoculação da coroa com microrganismos da cavidade oral. Cinquenta e seis canais vitais de pré-molares de sete cães foram instrumentados e obturados. Dividiram-se as raízes em 4 grupos experimentais e um grupo controle negativo. Grupo 1: condensação lateral com guta-percha e cimento AH-26; grupo 2: condensação vertical de guta-percha e cimento AH-26; grupo 3: condensação lateral com SRM; grupo 4: condensação vertical com SRM; e o controle negativo. Os dentes dos grupos 1 a 4 foram inoculados com placa bacteriana dos próprios cães e armazenados. Repetiu-se essa inoculação de microrganismos em mais duas ocasiões com intervalos mensais. Após 14 semanas, leve inflamação foi observada em 82% das raízes obturadas com guta-percha e AH-

26, que foi estatisticamente maior do que aquela encontrada nas raízes preenchidas com SRM (19%) e que as observadas no controle negativo (22%). O SRM foi associado com menores níveis de periodontite apical, fato que pode ser atribuído à maior resistência à infiltração coronária.

Stratton, Apicella e Mines (2005) compararam a capacidade de selamento da guta-percha e cimento AH Plus, com o Resilon e o cimento Epiphany através do sistema de filtração de fluidos. Cento e quarenta dentes unirradiculares foram instrumentados pela técnica coroa-ápice até a lima tamanho 50 com a irrigação realizada com hipoclorito de sódio (NaOCl) a 5,25% e RC Prep. Dividiram-se os dentes casualmente em dois grupos: A: guta-percha/AH Plus e B: Resilon/Epiphany. Após a remoção da camada residual, cada grupo foi irrigado com 3ml de uma das seguintes substâncias por 10min. 5,25 de NaOCl, clorexidina a 0,12%, e a 2%. Os dentes foram obturados pela técnica do System B e armazenados por 20 dias, a 37°C e umidade de 100%. A infiltração foi medida através do sistema de filtração de fluidos com pressão de 10psi. Os resultados indicaram uma menor infiltração com Resilon/Epiphany. Embora nenhuma diferença estatística entre os irrigantes fosse encontrada, existiu uma tendência de maior infiltração no grupo Resilon/Epiphany quando a irrigação final foi realizada com NaOCl.

Tay et al. (2005a) utilizaram o Sistema Epiphany para avaliação dos fatores S (stress de polimerização) e C (configuração de cavidade). Após obturação de canais radiculares de cinco incisivos com o Sistema Epiphany, cortes transversais de 2mm de espessura foram obtidos. Uma secção de cada raiz foi selecionada para observação em Microscópio de Emissão de Elétrons quanto à formação de lacunas (*gaps*). Uma segunda secção foi posicionada em clorofórmio por uma hora para dissolução do Resilon e exame da espessura de cimento utilizando o mesmo microscópio. Uma terceira secção foi imersa em nitrato de prata por 24 horas antes da imersão em clorofórmio e análise em Microscopia de Transmissão. Os resultados mostraram que a espessura de cimento foi altamente variável no mesmo dente (50 a 1µm). Embora regiões livres de espaços vazios fossem observadas, interfaces com espaços foram universalmente identificadas em todos os espécimes com diferentes comprimentos usando ambos os microscópios, e seriam resultado do stress de contração de polimerização que excederia a força adesiva, causando a formação de gaps durante a desunião.

Tay et al. (2005b) compararam a qualidade ultra-estrutural do selamento apical alcançado com o Resilon associado ao Epiphany ou a guta-percha associada ao AH Plus. Vinte e quatro dentes unirradiculados foram preparados através de uma técnica coroa-ápice e irrigados com hipoclorito de sódio (NaOCl) e ácido etileno-diamino-tetracético (EDTA). Examinaram-se os dentes quanto a *gaps* ou espaços ao longo das paredes dos canais através de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) e quanto à infiltração apical através de Microscopia Eletrônica de Transmissão (MET). A MEV mostrou tanto regiões livres de *gaps* quanto com a presença de *gaps* em canais preenchidos com ambos os materiais. A MET revelou a presença de depósitos de prata ao longo da interface cimento/camada híbrida no grupo Resilon/Epiphany, e entre o cimento AH Plus e a guta-percha no grupo controle. Concluiu-se assim que o selamento apical hermético não pode ser alcançado com ambos os materiais obturadores. Uma formação profusa de *tags* ou prolongamentos resinosos estava evidente nas áreas livres de espaços vazios no grupo Resilon/Epiphany. A separação da guta-percha do cimento AH Plus foi freqüentemente observada. Após a imersão em nitrato de prata, a infiltração foi observada em 9 dos 10 dentes obturados com Resilon, e em todos os grupos obturados com guta-percha. A infiltração em ambos os grupos estava confinada aos 4mm apicais.

Tay et al. (2005c) examinaram a suscetibilidade do Resilon à hidrólise enzimática. Discos de Resilon, guta-percha e polycaprolactone, preparados através de moldes sob compressão, foram incubados em solução salina, lipase PS ou colesterol esterase, a 37°C por 96 horas. Em seguida, foram observados em diferentes intervalos para análise gravimétrica e através de Microscopia Eletrônica de Varredura. Os materiais exibiram leve ganho de peso quando incubados em solução salina fosfatada, que pode ser atribuída à absorção de água. A guta-percha mostrou similar ganho de peso com as duas enzimas. Contrariamente, o Resilon e polycaprolactone mostraram extensivo afinamento da superfície e perda de peso após incubação em lipase PS e colesterol esterase. As partículas de vidro do Resilon foram expostas seguindo-se à dissolução da matriz polimérica, criando uma superfície áspera.

Tay et al. (2005d) examinaram a suscetibilidade do Resilon, um material obturador à base de polycaprolactone, à hidrólise alcalina. Discos de 15mm de diâmetro de Resilon e guta-percha "Obtura" foram preparados através de um molde

por compressão, e imersos em solução de etóxido de sódio por 20 e 60 minutos. Discos controle foram imersos em etanol por 60 minutos. Estes discos foram examinados através de Microscopia Eletrônica de Varredura, e análise em raios X. Para o Resilon, os componentes resinosos da superfície foram hidrolisados após 20 minutos de imersão em etóxido de sódio, expondo a estrutura de polímeros esféricos e as subsuperfícies de oxiclórido de bismuto e de vidro. Uma maior erosão ocorreu após 60 minutos de tratamento em etóxido de sódio.

Aptekar e Ginnan (2006) compararam a infiltração de corante em canais obturados com Resilon/Epiphany (R/E) e aqueles obturados com guta-percha. Realizaram-se pulpectomias em 105 incisivos inferiores unirradiculares humanos extraídos, que foram divididos em dois grupos: um obturado com guta-percha e outro com R/E, pela técnica de condensação lateral. Incubaram-se os dentes por 10 dias, 1 mês e 3 meses em uma solução de água aquecida com corante, para simular as condições da cavidade bucal. Os dentes foram seccionados e examinados em Microscopia Eletrônica de Varredura para evidenciar a infiltração, selamento e adesividade. O Resilon/Epiphany resultou em menor infiltração do que a guta-percha nos três intervalos de tempo. O R/E criou uma união química com a estrutura interna da dentina na área total da raiz que é mantida durante o tempo, representando uma melhor opção que a guta-percha.

Biggs et al. (2006) compararam a capacidade de selamento do Resilon/Epiphany à guta-percha com os cimentos Roth e AH Plus através da técnica de filtração de fluidos. Oito grupos de 12 dentes foram assim distribuídos: grupo 1: obturados com Resilon/Epiphany; grupo 2: obturados com guta-percha/Roth, deixados tomar presa por três semanas; grupo 3: obturados com guta-percha/Roth; grupo 4: obturados com Resilon/Epiphany usando cone único; grupo 5: obturados com cones de Resilon sem primer e cimento (controle positivo); grupo 6: obturados com guta-percha AH Plus; grupo 7: o mesmo que o grupo 6, mas deixados tomar presa por oito horas; e grupo 8: selados na superfície com três camadas de verniz (controle negativo). Os resultados mostraram que apenas o controle positivo infiltrou significativamente mais ( $p < 0,05$ ) que os outros grupos. Não houve efeito do tempo na infiltração. Resilon/Epiphany não se apresentou melhor que a guta-percha/Roth ou guta-percha/AH Plus no selamento dos canais radiculares.

Bouillaguet et al. (2006) avaliaram a citotoxicidade dos cimentos AH Plus, Epiphany, Guttaflow. Manipularam-se os materiais de acordo com as instruções do

fabricante e os inseriram dentro de moldes de Teflon. Para o teste de toxicidade, os espécimes foram colocados em contato com culturas de células e avaliados nos intervalos de 24 e 72 horas. Além do teste dos materiais, 5µl do primer dos materiais Guttaflow e Epiphany, os solventes HEMA, etanol, água esterilizada e acetona foram adicionados diretamente à cultura por 24 e 72 horas. Os resultados mostraram que a maioria dos materiais apresentou citotoxicidade que geralmente aumentou com o tempo. Após 72 horas, Guttaflow se tornou menos tóxico que o AH Plus, o cimento Epiphany, e o Resilon. Os resultados indicam a necessidade de se desenvolver cimentos que combinem o excelente vedamento e as propriedades de adesão das resinas, com aceitáveis propriedades biológicas para aplicações endodônticas.

Epley et al. (2006) determinaram a capacidade de obturação do canal radicular preenchido com um novo material à base de resina (Sistema Epiphany) e com a tradicional gutta-percha/cimento à base de óxido de zinco-eugenol (Roth). Oitenta raízes distais e palatinas de primeiros molares humanos extraídos foram instrumentadas com limas manuais e mecânicas e divididas em quatro grupos. Gutta-percha/cimento e o Sistema Epiphany foram usados com as técnicas de condensação lateral e onda contínua de obturação. Seccionaram-se as raízes a 1, 3 e 5mm do ápice e as examinaram com aumento de 75,5 vezes. Usando um programa de computador, as áreas de superfícies dos espaços vazios foram calculadas e comparadas. A gutta-percha com condensação lateral no corte de 3mm foi o único grupo que demonstrou significativamente mais espaços vazios. Não houve diferença estatisticamente significativa em qualquer um dos outros três grupos.

Ezzie et al. (2006) avaliaram duas técnicas de retratamento comumente usadas na remoção do Resilon. Sessenta canais unirradiculares foram instrumentados e obturados com Resilon/Epiphany ou gutta-percha/AH Plus. Cada canal foi casualmente distribuído para receber uma das seguintes técnicas: Profile 0,06 combinadas com calor ou clorofórmio. O tempo necessário para a remoção do material foi registrado e a limpeza do canal avaliada através de estereomicroscópio ou Microscopia de Elétrons. Os resultados mostraram que o clorofórmio combinado com as limas rotatórias foi mais eficiente que o calor. O Resilon foi removido mais rapidamente que a gutta-percha. Ambas as técnicas resultaram em melhor limpeza do terço apical nos canais obturados com Resilon comparados com a gutta-percha.

Isci, Yoldas e Dumani (2006) avaliaram os efeitos da clorexidina a 2% e do hipoclorito de sódio a 5,25% nas propriedades de superfície dos cones de Resilon através do uso do Microscópio de Força Atômica. Os cones de Resilon foram submersos nos agentes desinfetantes nos intervalos de 1 e 5 minutos. Utilizou-se o Microscópio de Força Atômica para avaliar os desvios topográficos dos cones de Resilon. As médias dos parâmetros topográficos das amplitudes (RMS) foram calculadas. Os cones exibiram valores menores, estatisticamente significantes, de RMS em cinco minutos de imersão em hipoclorito de sódio e clorexidina, comparados aos outros grupos ( $p < 0,05$ ). Um minuto de imersão não demonstrou qualquer deterioração significativa da superfície do Resilon ( $p < 0,05$ ). Concluiu-se que o hipoclorito de sódio e a clorexidina usados para desinfecção diminuiu significativamente os valores de RMS dos cones de Resilon após cinco minutos de imersão.

Maltezos et al. (2006) comparam o selamento do ápice dental com o sistema Resilon/Epiphany (RES), MTA Pro Root e Super-EBA usando infiltração bacteriana. Cinquenta e cinco dentes extraídos foram instrumentados, tiveram os ápices seccionados e preparados com ultra-som. Posicionaram-se os materiais testados no ápice dental. *Streptococcus salivarius* foram introduzidos coronariamente e os 4mm apicais imersos em cultura BHI com indicador de fenol vermelho. A infiltração bacteriana foi monitorada a cada 24 horas por quatro semanas. Os controles positivos infiltraram em 24 horas e nenhum controle negativo infiltrou. O RES e MTA infiltraram significativamente menos que o Super-EBA. Não houve diferença estatística entre o RES e MTA. RES pode ser uma opção viável como material retro-obturador com um bom isolamento cirúrgico.

Key, Rabemtulla e Eleazer (2006) avaliaram a citotoxicidade dos materiais Resilon e Epiphany com a guta-percha e os cimentos de Grossman, ThermaSeal e Sealapex. As culturas de fibroblastos, retiradas de gengiva humana, foram incubadas por 1 e 24 horas, para testar os materiais após a mistura e 24 horas após a presa. Os fibroblastos foram em seguida corados para determinar o número de células mortas. O Resilon foi similar à guta-percha e ao controle, nos dois intervalos de tempo. No intervalo de uma hora, o Epiphany foi menos citotóxico que o cimento de Grossman, e mais citotóxico que os outros cimentos, apresentando significância estatística apenas em relação ao Sealapex. No intervalo de 24 horas, Epiphany apresentou menor toxicidade que os cimentos de Grossman e Sealapex, com

diferença estatística em relação aos mesmos. O cimento Epiphany diminui sua toxicidade quando toma presa.

Miner, Berzins e Bahcall (2006) compararam o ponto de fusão, a capacidade específica de aquecimento, a mudança de entalpia (quantidade de calor liberada e absorvida quando a reação acontece) com a fusão e transferência de calor entre a guta-percha (GP) e o Resilon (R). Os três primeiros testes foram determinados usando um calorímetro e a transferência de calor usando um modelo de dente dividido. Os resultados não mostraram diferença significativa entre a guta-percha e Resilon na temperatura de fusão (GP: 60,1°C; R: 60,57°C). Houve diferença significativa na capacidade de aquecimento específica (GP: 0,94J/g°C, R: 1,15J/g°C) e mudança de entalpia (GP: 10,88J/g, R: 25,20J/g) entre os dois materiais. O teste de transferência de calor mostrou uma diferença significativa no aumento de temperatura entre os dois materiais à distância de 3mm da fonte de calor.

Nielsen e Baumgartner (2006) compararam a penetração do espaçador de níquel-titânio em 20 canais radiculares instrumentados até o calibre 40 com conicidade 04, e preenchidos com cones de guta-percha conicidade 02 e 04 e cones de Resilon conicidade 02 e 04. Um espaçador de níquel-titânio fino-fino foi em seguida introduzido próximo ao cone mestre com 1,5kgf. A profundidade de penetração foi medida, subtraída do comprimento de trabalho e registrada. Diferenças, estatisticamente significantes, na profundidade de penetração foram encontradas para ambos os calibres e materiais utilizados. A profundidade encontrada da maior para a menor foi: Resilon 02, guta-percha 02, Resilon 04, guta-percha 04. Observa-se que o Resilon apresenta propriedades que permitem a maior penetração do espaçador.

Nielsen, Beeler e Baumgartner (2006) determinaram o tempo de presa de 11 cimentos endodônticos, incluindo o Resilon, nos meios aeróbico e anaeróbico. Duas amostras de cada cimento foram misturadas e posicionadas da seguinte forma: a) descobertas numa incubadora aeróbica; b) cobertas com placa de vidro numa incubadora aeróbica; c) cobertas com solução salina fosfatada (PBS) em incubadora aeróbica; d) descobertas em incubadora anaeróbica; e) fotopolimerizadas e posicionadas em incubadora aeróbica (Resilon). Testaram-se todas as amostras com uma agulha Gillmore após 15, 30 e 60min, a cada hora até 8 horas, após 24, 48, 72 horas e depois semanalmente até três semanas. Ketac Endo

e o Resilon foram os cimentos mais rápidos em meio anaeróbico. Resilon tomou presa em 30min nos meios anaeróbicos. Entretanto na presença de ar, Resilon levou uma semana para tomar presa e quando colocado em PBS, uma camada não polimerizada permaneceu na superfície.

Oliveira et al. (2006) compararam o remanescente de material obturador e o tempo de trabalho para remoção de guta-percha/AH 26 e Resilon/Epiphany em dentes extraídos. O material obturador foi removido usando clorofórmio e dois sistemas rotatórios: K3 e limas Liberator. A quantidade de material remanescente das paredes foi medida através de um software de análise. O grupo obturado com Resilon e retratado com limas K3 demonstrou a menor quantidade de material nas paredes. Não houve diferença significativa entre a guta-percha/AH 26 e o Resilon/Epiphany quando as limas Liberator foram empregadas. O material obturador foi removido mais rapidamente nos grupos obturados com Resilon/Epiphany. O sistema K3 mostrou-se mais rápido que o Liberator na remoção de guta-percha e Resilon.

Onay, Ungor e Orucoglu (2006) compararam a capacidade de selamento apical proporcionado pelo Sistema Epiphany/Resilon com a capacidade de selamento dos diferentes pares de AH Plus, guta-percha, Epiphany e Resilon. Setenta dentes humanos extraídos unirradiculares foram instrumentados usando o sistema rotatório Protaper. Obturaram-se os canais com as diferentes combinações de material obturador e cimento usando a condensação lateral da seguinte forma: grupo 1, AH Plus + guta-percha; grupo 2, AH Plus + Resilon; grupo 3, Epiphany + Resilon; grupo 4, Epiphany + guta-percha. Mediu-se a quantidade de infiltração apical através do método de filtração de fluidos computadorizado. A análise estatística indicou que a combinação de guta-percha e Epiphany apresentou a menor quantidade de infiltração; a combinação de AH Plus e guta-percha obteve a segunda menor quantidade de infiltração entre os grupos. A combinação de AH Plus e Resilon obteve a maior quantidade de infiltração. Existiu uma diferença estatística entre a combinação Epiphany/guta-percha e AH Plus/Resilon. Não houve diferenças significantes entre Epiphany/Resilon e os outros grupos.

Pitout et al. (2006) compararam a microinfiltração de canais radiculares preenchidos com guta-percha ou Resilon, utilizando condensação lateral ou System B. Quatro grupos experimentais foram utilizados: grupo 1: guta-percha e condensação lateral; grupo 2: guta-percha e System B; grupo 3: Resilon e

condensação lateral; grupo 4: Resilon e System B. Microinfiltração foi testada através do método de bacteriano de câmaras divididas, bem como o teste de penetração de corantes. O teste bacteriano não mostrou diferença significativa entre a guta-percha e o Resilon com ambas as técnicas de obturação. O teste de penetração de corante também não mostrou diferença entre a guta-percha e o Resilon usando as técnicas de condensação lateral e System B. A habilidade dos materiais em selarem os canais radiculares se mostrou similar.

Schirrmeister et al. (2006a) avaliaram a eficiência da instrumentação manual e rotatória para remoção do Epiphany e da guta-percha compactados verticalmente durante retratamento. Sessenta incisivos centrais superiores foram alargados até o tamanho 40 usando instrumentos FlexMaster. Dividiram-se os dentes em quatro grupos de 15 espécimes cada. Os canais de dois grupos foram obturados com Epiphany compactada verticalmente e os outros 2 grupos com guta-percha compactada verticalmente e cimento AH Plus. Um grupo Epiphany e um grupo guta-percha foram reinstrumentados com brocas Gates-glidden e limas Hedstroem. Nos outros dois grupos a obturação foi removida com brocas Gates-glidden e instrumentos rotatórios RaCe. Após a limpeza das raízes, a área do material obturador remanescente nas paredes dos canais foi medida usando um programa computadorizado de análise de imagens. Na análise estatística utilizou-se o RMAV e o ANOVA. O retratamento dos canais obturados com guta-percha mostrou significativamente mais remanescentes de material obturador que os espécimes com Epiphany. Nenhuma diferença foi encontrada entre a remoção com limas Hedstroem e instrumentos RaCe. Com relação ao tempo necessário ao retratamento e o tempo necessário para atingir o comprimento de trabalho, as limas Hedstroem mostraram-se significativamente mais rápidas do que os instrumentos RaCe.

Schirrmeister et al. (2006b) compararam a detectabilidade dos resíduos de Epiphany e guta-percha após o retratamento endodôntico, usando um Microscópio Operatório e exame radiográfico, com a área residual medida após a diafanização dos dentes. Sessenta incisivos centrais superiores foram instrumentados até o calibre 40. Obturaram-se 30 canais pela técnica de condensação vertical com Epiphany e o restante obturados, pela mesma técnica, com guta-percha/AH Plus. Após a reinstrumentação até a lima 50, radiografias das raízes foram realizadas na direção buco-lingual e mesio-distal. Resíduos do material obturador foram

categorizados por três examinadores usando as radiografias e o Microscópio Operatório. Mediu-se a área do material remanescente visível através das radiografias com o auxílio de um programa de análise de imagens computadorizado. Após a diafanização, áreas residuais dos materiais obturadores foram medidas usando o microscópio. Análise das imagens das radiografias mostraram, significativamente, áreas menores de guta-percha e Epiphany remanescentes comparadas com a análise de dentes diafanizados, que revelaram apenas um dente absolutamente limpo (Epiphany). Especialmente no grupo guta-percha, os escores determinados pelos observadores usando as radiografias deram uma impressão superior de limpeza, comparadas com os escores determinados pela visualização através do microscópio.

Skidmore, Berzins e Bahcall (2006) compararam a força adesiva do Resilon e da guta-percha através do teste de micro *push-out*. Usaram-se 12 dentes anteriores humanos extraídos para avaliação. As coroas foram removidas e as raízes instrumentadas com brocas Gates-Glidden e limas rotatórias Profile 0,06. Realizou-se a instrumentação com irrigação de hipoclorito de sódio a 5,25% e lavagem final com EDTA a 17%. Dividiram-se casualmente os dentes em dois grupos: grupo da guta-percha (obturação com guta-percha e Pulp Canal Sealer EWT); e grupo do Resilon (obturação com cones de Resilon, *primer* Epiphany e Root Canal Sealant). Os dentes foram cortados perpendicularmente ao longo do eixo para a obtenção de discos de 1mm de espessura (15 por grupo). A forç a adesiva foi avaliada através do teste de *push-out*. Os resultados mostraram que a média de forç a adesiva para a dentina do canal radicular foi significativamente mais alta ( $p < .05$ ) no grupo Resilon/Epiphany comparado   guta-percha/Kerr Pulp Canal Sealer EWT.

Sousa et al. (2006) avaliaram a compatibilidade intra-óssea dos cimentos AH Plus, EndoREZ e Epiphany de acordo com as recomendações da Federação Dentária Internacional (FDI). Trinta porcos da guinea, 10 para cada material, divididos em períodos experimentais de 4 e 12 semanas, receberam um implante em cada lado da sínfise da mandíbula. No final dos períodos de observação, os animais foram mortos e os espécimes preparados para exame histológico. Após a análise de ambos os períodos, a reação inflamatória ao EndoREZ foi considerada severa. No grupo do AH Plus a reação mudou de severa para moderada, enquanto foi observada compatibilidade biológica ao cimento Epiphany com formação óssea com

ausência ou leve reação inflamatória. Concluiu-se assim que o cimento Epiphany foi o único que apresentou biocompatibilidade intra-óssea nos dois períodos analisados.

Stuart, Schwartz e Beeson (2006) compararam a capacidade de reforço e fortalecimento da raiz do Resilon, da guta-percha e de uma resina auto-polimerizável (Bisfil 2B) em raízes endodonticamente tratadas de dentes imaturos. Sessenta raízes unirradiculares foram divididas em cinco grupos de 12. Os espécimes de todos os grupos, exceto o negativo, foram preparados com Peeso 5 (1,5mm) através do ápice, simulando raízes imaturas, e foram preenchidos com uma barreira de 4mm de MTA. Após a remoção da smear layer, os canais de três grupos experimentais foram preenchidos com guta-percha, Resilon ou Bisfil 2B. O espaço remanescente no controle positivo foi deixado vazio. O controle negativo não recebeu tratamento. Uma fratura horizontal foi criada em cada espécime com uma máquina Instron e a carga de fratura registrada. ANOVA não revelou diferenças significantes entre qualquer um dos grupos. Concluiu-se, assim, que o reforço de dentes com diâmetro de 1,5mm ou menos não é necessário.

Tay et al. (2006) avaliaram a força adesiva do Resilon ao Real Seal, um cimento à base de metacrilato, usando um teste de microcisalhamento modificado. Discos de Resilon com diferentes rugosidades foram criados para união com o cimento e comparados com um controle de resina. O grupo controle exibiu médias de cisalhamento 7.3 a 26.9 vezes maiores do que as do grupo Resilon. Diferenças na força de cisalhamento nos grupos Resilon com diferentes superfícies mostraram a contribuição da retenção micromecânica sobre a química na retenção do cimento. Evidência ultra-estrutural da fase de separação dos componentes poliméricos no Resilon sugere que a quantidade de dimetacrilato incorporado ao material pode não ser o suficiente para uma efetiva união química do material aos cimentos à base de metacrilato.

Tunga e Bodrumlu (2006) compararam a infiltração proporcionada por diferentes materiais através do teste de filtração de fluidos. Sessenta dentes unirradiculares anteriores humanos foram instrumentados através da técnica escalonada e irrigados com 5,25% de hipoclorito de sódio. A camada residual foi removida pela lavagem com 10ml de EDTA a 17%. Dividiram-se os espécimes em três grupos experimentais de 18 dentes cada, e dois grupos controle de seis dentes cada. Os espécimes foram obturados pela técnica de condensação lateral, com guta-percha e os cimentos AH 26 e AH Plus, ou com Resilon e o cimento Epiphany.

O método de filtração de fluidos proporcionou resultados quantitativos e não destruiu as amostras. Os dentes obturados com gutapercha e AH 26 apresentaram a maior infiltração. A menor infiltração foi vista com o cimento Epiphany e Resilon. A diferença entre os grupos foi estatisticamente significativa. Entre os materiais testados, Epiphany proporcionou a menor infiltração.

Ungor, Onay e Orucoglu (2006) avaliaram a força adesiva do Sistema Resilon/Epiphany, comparando-a com a gutapercha e cimento AH Plus, e suas combinações. Sessenta e cinco dentes humanos unirradiculares foram preparados com os instrumentos rotatórios Protaper. A irrigação foi realizada com 15ml de hipoclorito de sódio a 1,25% entre cada instrumento e a camada de smear layer removida, durante e após a instrumentação, com 5ml de ácido etileno-diaminotetracético. O canal foi obturado através de condensação lateral da seguinte maneira: grupo 1: gutapercha/AH Plus; grupo 2: Resilon/AH Plus; grupo 3: Epiphany/Resilon; grupo 4: Epiphany/gutapercha; grupo 5: controle, somente gutapercha. Cilindros de dentina radicular foram preparados da secção coronária dos 65 dentes. Submeteram-se os espécimes ao teste de *push-out* (cisalhamento por extrusão). Após o teste, as secções foram examinadas em estereomicroscópio para avaliação da natureza da falha adesiva. O grupo 4 (Epiphany/gutapercha) obteve maior força adesiva que os outros grupos (significante estatisticamente); o grupo 1 (gutapercha/AH Plus) obteve, estatisticamente significativa, força adesiva maior que o grupo 2 (Resilon/AH Plus); o grupo 5 (controle), obteve significativamente menor força adesiva que os outros grupos. A inspeção das superfícies revelou que a falha na adesão foi predominantemente adesiva para a dentina em todos os grupos.

Wang, Debelian e Teixeira (2006) investigaram os efeitos do uso do hidróxido de cálcio como medicação intracanal na capacidade de selamento do Sistema Resilon/Epiphany. Quarenta e sete raízes foram instrumentadas até o calibre 40 e divididas em três grupos experimentais de 15 cada. O grupo 1 foi imediatamente obturado, os grupos 2 e 3 tiveram a pasta de hidróxido de cálcio inserida no interior do canal com lentulo. Após sete dias, o hidróxido de cálcio foi removido do canal com duas técnicas diferentes: grupo 2: agitação da lima 15 com irrigação de EDTA a 17% por 2min e grupo 3: agitação ultra-sônica de EDTA por 2min. Todas as raízes foram obturadas com Resilon/Epiphany usando a técnica de condensação lateral. Obturaram-se duas raízes com cones de Resilon sem cimento para controle positivo. Um modelo de infiltração microbiana usando o *Streptococcus*

*mutans* foi usado e a infiltração avaliada diariamente por um período de 30 dias. Um espécime do grupo 1 foi contaminado durante o estudo e descartado. Um total de 6 das 44 amostras (14%) tiveram infiltração. Três do grupo 1 (21%), duas do grupo 2 (13%) e uma do grupo 3 (7%) tiveram infiltração. Não houve diferença estatisticamente significativa na infiltração dos grupos com e sem hidróxido de cálcio. Assim, concluiu-se que o hidróxido de cálcio não afetou adversamente o sistema de canais obturados com Resilon/Epiphany. Um espécime com infiltração microbiana foi casualmente escolhido para análise em Microscopia Eletrônica de Varredura, onde pode-se observar que um espaço de aproximadamente 5 a 7 $\mu$ m foi evidenciado entre o cimento resinoso e a parede do canal apresentando numerosos microrganismos com formato esférico.

Williams et al. (2006) compararam o aparente módulo de elasticidade (ou rigidez), porcentagem de alongamento, e produção de stress (ou força coesiva) do Resilon e da guta-percha sob condições a seco e após um mês de armazenamento em água para determinar se são rígidos o bastante para reforçar a raiz. Espécimes moldados de osso de cachorro foram criados e levados à fratura numa máquina de teste universal Vitrodyne a 3mm/min. Com relação à força coesiva houve uma diferença estatisticamente significativa entre guta-percha e Resilon sob condições a seco, entretanto após um mês de armazenamento em água nenhuma diferença foi notada. Nenhuma diferença significativa entre a guta-percha e o Resilon foi observada com relação ao módulo de elasticidade sob condições a seco, entretanto após o armazenamento uma diferença significativa foi notada com o Resilon apresentando resultados mais altos. A máxima porcentagem de alongamento mostrou ser significativamente mais alta para o Resilon sob condições a seco entretanto após um mês não se notou diferença entre os materiais. Os resultados mostraram que a força coesiva e o módulo de elasticidade da guta-percha e do Resilon são relativamente baixos. Embora os resultados mostrem diferenças, estatisticamente significantes, entre as propriedades físicas da guta-percha e do Resilon sob variadas condições, essas diferenças não foram clinicamente significantes. Assim, a rigidez da guta-percha e do Resilon seria muito baixa para reforçar a raiz após a terapia endodôntica.

### 2.1.3 Cimento AH Plus

Zmener et al. (1997) testaram a infiltração apical de dois cimentos à base de resina epóxica. Canais de 72 dentes unirradiculares foram preparados através da técnica step-back e obturados pela técnica de condensação lateral com os cimentos AH 26 e AH Plus, sendo em seguida imersos em azul de metileno por 2, 4 e 10 dias. As raízes foram cortadas longitudinalmente, e a extensão da infiltração do corante medida através de um estereomicroscópio. A média de infiltração aos dois dias foi de 0,4mm para AH 26 e 1,4mm para AH Plus. Nenhum material produziu um completo selamento apical, e a infiltração aumentou com a maior duração da imersão no corante. As diferenças entre os períodos de observação, bem como entre os materiais foram estatisticamente significantes.

De Almeida et al. (2000) avaliaram o selamento apical de três cimentos endodônticos. Os canais radiculares de 99 incisivos centrais superiores humanos extraídos foram preparados seqüencialmente 2mm aquém do forame com uma lima 55 Nitiflex. Dividiram-se os dentes em três grupos experimentais e os obturaram pela técnica de condensação lateral de guta-percha com um dos seguintes cimentos: grupo 1: cimento de óxido de zinco-eugenol (Fill Canal); grupo 2: cimento de ionômero de vidro (Ketac-Endo); e grupo 3: cimento à base de resina epóxica (AH Plus). Os dentes foram cobertos com verniz até 1mm do forame apical e imersos em azul de metileno a 2% sob pressão reduzida por 24 horas. Após esse período os dentes foram lavados, cortados longitudinalmente e a infiltração apical avaliada. Os valores não mostraram diferenças entre o Fill Canal e Ketac-Endo. A infiltração com AH Plus foi significativamente menor que com os outros cimentos.

Siqueira Júnior et al. (2000) compararam os efeitos antimicrobianos e a fluidez dos seguintes cimentos: Kerr Pulp Canal Sealer EWT, cimento de Grossman, ThermaSeal, Sealer 26, AH Plus e Sealer Plus. Utilizou-se o teste de difusão de agar para a avaliação da atividade antimicrobiana. Para a fluidez, os cimentos foram posicionados entre placas de vidro com um peso de 500g sobre estas. Os diâmetros dos discos formados foram registrados. Todos os cimentos mostraram alguma atividade antimicrobiana sobre os microrganismos, não havendo diferença estatística entre os materiais testados. Todos os cimentos fluíram nas condições desse estudo. Os cimentos AH Plus e Kerr Pulp Canal Sealer EWT obtiveram valores de fluidez significativamente maiores que os outros cimentos testados.

Ørstavik, Nordahl e Tibballs (2001) avaliaram uma metodologia proposta para verificar as mudanças dimensionais dos cimentos endodônticos e obtiveram as mudanças de 11 cimentos comerciais depois de prolongado armazenamento em água. Um material (Sealapex) não pode ser testado pelo método e os outros dez materiais foram avaliados por um período de 48 semanas. Todos os cimentos mostraram diferentes propriedades dimensionais. Para a maioria dos materiais, as maiores mudanças ocorreram nas quatro primeiras semanas. Os materiais à base de resina-epóxica AH 26 e AH 26 sem prata exibiram uma grande e inicial expansão de 4 a 5%. O AH Plus expandiu de 0,4% após quatro semanas para 0,9%. O Apexit, à base de hidróxido de cálcio, demonstrou a menor variação, -0,14, a +0,19. Roeko-Seal expandiu 0,2% em quatro semanas, mas estabilizou após esse período.

Siqueira Júnior et al. (2001) comparam o selamento apical proporcionado por cinco cimentos endodônticos. Após a instrumentação, 75 canais radiculares foram obturados pelas técnicas de condensação lateral usando guta-percha e os seguintes cimentos: Kerr Pulp Canal Sealer EWT, cimento de Grossman, ThermaSeal, Sealer 26 e AH Plus. As raízes foram mantidas a 37°C e 100% de umidade por dois dias. Após imersão em tinta nanquim e soro bovino fetal por cinco dias, os dentes foram desmineralizados e diafanizados. A penetração do corante foi avaliada através de estereomicroscópio. O cimento de Grossman exibiu maior infiltração que os outros cimentos, exceto o ThermaSeal. Não houve diferença entre o ThermaSeal e o AH Plus. Nenhuma diferença significativa foi observada entre o Kerr Pulp Canal Sealer quando comparado ao ThermaSeal e ao AH Plus. Houve significativamente menor infiltração para o Sealer 26 quando comparado aos outros cimentos testados, exceto para o AH Plus.

Timpawat, Amornchat e Trisuwan (2001) compararam a infiltração bacteriana em canais obturados com três cimentos endodônticos, usando o *Endodontalis faecalis* como traço bacteriano. Setenta e cinco dentes unirradiculares, com canais retos, tiveram as coroas removidas ao nível da junção amelo-cementária. Os canais foram instrumentados pela técnica escalonada e divididos em 3 grupos de 19 dentes e outros 2 grupos como controles positivo e negativo, de 9 dentes cada. Obturaram-se os canais pela técnica de condensação lateral com os cimentos AH Plus, Apexit e Ketac-Endo. Após 24 horas, os dentes foram posicionados em tubos com 2mm dos ápices submersos em meio de cultura, no interior de tubos de vidro. As porções coronárias foram colocadas em contato com *E.*

*faecalis*. Observaram-se os dentes quanto à infiltração diariamente por um período de 30 e 60 dias. Em 30 dias, não houve diferença estatística entre Ketac-Endo e AH Plus, mas o Apexit mostrou significativamente mais infiltração. Após 60 dias, não houve diferença estatística entre o Ketac-Endo e Apexit, mas o Apexit infiltrou mais que o AH Plus. A resina epóxica mostrou maior adaptação às paredes dos canais e ao material obturador do que o cimento à base de hidróxido de cálcio, quando se usou infiltração coronária bacteriana.

Vale (2001) estudou a adaptação dos cimentos endodônticos, Ketac-Endo, AH Plus e Endomethasone, à dentina radicular submetida à ação prévia dos agentes de limpeza final: laser de Er:YAG, EDTA a 17% e Solução Salina Fisiológica a 0,9%, através das microscopias óptica (MO) e eletrônica de varredura (MEV). Empregaram-se 90 caninos humanos extraídos, que após instrumentação pela técnica escalonada de memória e irrigação com hipoclorito de sódio a 1%, foram divididos em três grupos de 30, de acordo com o agente de limpeza final empregado. Após secagem, os canais radiculares foram armazenados em solução salina fisiológica a 0,9% durante 48 horas. Cada grupo foi então dividido em três subgrupos de dez, de acordo com o cimento endodôntico utilizado. Os 90 canais radiculares foram obturados pela técnica clássica, seguida da condensação lateral ativa da guta-percha. Após comprovação radiográfica da obturação, as raízes foram armazenadas em solução salina fisiológica a 0,9% em umidade de 100% a 37°C, durante 30 dias. Em seguida, foram seccionadas transversalmente a 5mm do ápice radicular, fotografadas com aumento de quatro vezes e submetidas à análise em MO. Para a análise em MEV, moldaram-se as secções apicais em silicón Aquasil e os moldes obtidos foram metalizados e fotografados em aumentos que variaram de 50 a 200 vezes. As fotos obtidas pelas microscopias foram escaneadas e transferidas para um programa de medida de área (SigmaScan) para mensuração das áreas preenchidas pelos materiais obturadores e das possíveis fendas entre material obturador e parede do canal radicular. O laser de Er:YAG interferiu na adaptação de todos os cimentos, o EDTA melhorou a adaptação do Endomethasone e do AH Plus em relação ao laser de Er:YAG e à solução salina fisiológica a 0,9%. O Endomethasone apresentou a pior adaptação entre os cimentos e o AH Plus apresentou a melhor adaptação com EDTA em MEV. A associação das MO e MEV mostrou ser um método confiável na detecção das fendas. Todos os cimentos testados apresentaram alteração dimensional, verificando-se contração para o

Ketac-Endo, expansão para o Endomethasone e AH-Plus, sendo que o AH Plus mostrou-se mais próximo da estabilidade dimensional.

Saleh et al. (2002) estudaram a adesão de cinco cimentos endodônticos à dentina e à guta-percha. O efeito de vários pré-tratamentos de dentina na adesão também foi investigado. Cilindros de dentina radicular com 4mm de diâmetro foram preparados de dentes humanos. As superfícies dentinárias foram condicionadas com ácido fosfórico a 37% por 30seg., ácido cítrico a 25% por 30seg. e EDTA a 17% por 5min ou com 10ml de água destilada como controle. As superfícies de dentina e guta-percha foram cobertas com cimento recém-manipulado: cimento de Grossman (GS), Apexit (AP), Ketac-Endo (KE), AH Plus (AH), Roeko Seal Automix (RS), ou Roeko Seal Automix com um primer experimental (RP). As superfícies foram prensadas juntas até que o cimento tomasse presa. Submeteram-se os espécimes à força de tração em uma máquina de teste universal. A força média de tração variou de 0,07+-0,01 (AP), até 1,19+-0,47 (AH). O pré-tratamento com EDTA não mostrou efeito ou produziu uniões mais fracas que os controles. Os ácidos fosfórico e cítrico aumentaram a adesão da guta-percha. A inspeção das superfícies fraturadas indicaram falha na adesão à dentina para o GS e RS e para a guta-percha do KE e RP. A falha do AH e AP parecia ser mais coesiva no interior do cimento. Assim, diferentes cimentos requerem diferentes pré-tratamentos de dentina para uma ótima adesão.

McMichen et al. (2003) investigaram as propriedades físicas (solubilidade, espessura de filme, fluidez, tempo de trabalho e tempo de presa) dos cimentos Roth 801, Tubli-Seal EWT, AH Plus, Apexit e Endion. A solubilidade foi avaliada através da mudança de peso dos espécimes imersos em água por um período de três meses; a espessura de filme através da distância entre placas de vidro contendo uma determinada quantidade de cimento; a fluidez foi avaliada pela extrusão através do diâmetro de uma cavidade; o tempo de trabalho, quando a fluidez diminuiu em 10% e o tempo de presa através do teste com uma agulha Gilmore. O AH Plus foi o menos solúvel e também mostrou a maior espessura de filme. Todos os cimentos mostraram comparável fluidez. O tempo de trabalho variou de 50min. para o Endion até 2 horas para o AH Plus e Tubli-Seal EWT. O tempo de presa foi de 70min. para o Tubli-Seal e até oito dias para o Roth 801.

Kopper et al. (2003) compararam a capacidade de selamento dos cimentos AH Plus, Sealer 26 e Endofill, em pré-molares de cobaias expostos ao

meio bucal, após o preparo para núcleo. Quarenta dentes com dois canais foram divididos em três grupos de acordo com o cimento usado. Imediatamente após a obturação, a guta-percha e o cimento foram removidos e o material deixado apenas no terço apical. Selaram-se os canais com ionômero de vidro e os armazenaram por 72 horas, para que se assegurasse a presa dos cimentos. O selamento coronário foi em seguida removido e os canais expostos ao meio bucal por 75 dias. Os animais foram sacrificados e suas maxilas e mandíbulas removidas. Após abundante irrigação com água destilada, os canais foram secos, preenchidos com tinta nanquim e selados por 96 horas antes da extração. As raízes foram diafanizadas e a extensão do corante medida com lente estereomicroscópica com aumento de 20 vezes. Houve diferença estatística entre os cimentos usados, em que o cimento AH Plus mostrou o menor grau de infiltração, e o Sealer 26 o maior.

Alonso et al. (2005) avaliaram a capacidade de escoamento de dois cimentos endodônticos: Endofill e AH Plus. Para tal análise foram realizadas dez amostras de cada material utilizando-se o método da extensibilidade de acordo com a especificação 57 da ADA para cimentos endodônticos. Seguindo a especificação de cada fabricante, foram realizadas pesagem e manipulação dos materiais, sendo 0,5ml do material introduzido em seringa descartável e depositado sobre placa de vidro de 10x10cm. Decorridos 180seg. do início da manipulação, o cimento obturador foi colocado no centro da placa e sobre este um conjunto composto por outra placa de vidro e uma carga adicional, perfazendo um total de 120g. Após 10min. as superfícies das amostras foram medidas em seus comprimentos horizontal e vertical, com o uso do paquímetro de comparação. Pode-se concluir que o AH Plus tem maior capacidade de escoamento que o Endofill.

Eldeniz, Erdemir e Belli (2005) estudaram a força de cisalhamento de três cimentos endodônticos: Diaket, AH Plus e Endo-REZ. Os dois terços coronários de terceiros molares humanos foram seccionados e a camada residual da superfície dentinária exposta foi removida usando EDTA a 17%, seguida pela irrigação com NaOCl. Dividiram-se aleatoriamente os dentes em dois grupos de 45, onde o grupo 1 serviu como controle e no grupo 2, uma camada uniforme de camada residual foi criada usando discos de lixas. Tubos de polietileno de 3mm de comprimento foram preenchidos com cimentos recém-manipulados e posicionados sobre a superfície dentinária para a realização do teste. Os dados foram calculados em MPa e analisados usando os testes estatísticos ANOVA, Kruskal-Wallis e Mann-Whitney U.

A força de cisalhamento variou de 0,81MPa (Endo-REZ) para 6,09MPa (AH Plus). O AH Plus apresentou os maiores valores com ou sem a camada residual. As diferenças entre Diaket e Endo-REZ não foram estatisticamente significantes. As falhas coesivas do cimento AH Plus se apresentaram predominantes, com algumas áreas se deslocando na interface cimento-dentina.

Mutal e Gani (2005) avaliaram qualitativamente a presença de poros e vacúolos na estrutura de vários cimentos endodônticos após a presa. Oito espécimes foram preparados de acordo com o Instituto Argentino de Racionalização de Materiais e os regulamentos da ISO (International Standard Organization) para cada um dos 10 cimentos estudados. Examinaram-se quatro espécimes de cimento para identificar a presença de defeitos estruturais, chamados de poros, na superfície externa. Os quatro espécimes remanescentes foram usados para examinar a presença de defeitos na superfície exposta à fratura por secção transversal, chamados vacúolos. Os diâmetros maiores e menores dos poros e vacúolos foram medidos através de Microscopia Eletrônica de Varredura em ambas as superfícies. Classificaram-se os defeitos estruturais de acordo com sua frequência em abundante, freqüente, escasso e raro. Poros e vacúolos foram consistentemente encontrados em todos os espécimes de cada cimento. Entretanto sua frequência e dimensões foram maiores nos cimentos à base de óxido de zinco-eugenol do que nos cimentos à base de resina epóxica e de ionômero de vidro. Os diâmetros dos poros variavam de 5 a 320 micros e dos vacúolos de 80 a 500 micros.

Orucoglu, Sengun e Yilmaz (2005) avaliaram a infiltração apical dos cimentos endodônticos AH Plus, Diaket e EndoREZ usando o método de filtração de fluidos computadorizado. Quarenta e cinco canais unirradiculares retos foram preparados com as limas GT rotatórias pela técnica coroa-ápice. Dividiram-se as raízes em três grupos de 15, preenchidas com guta-percha e um dos cimentos pela técnica de condensação lateral e armazenadas a temperatura de 37°C por sete dias. Uma semana depois, as partes apicais das raízes foram acopladas ao sistema de filtração de fluidos. A análise estatística mostrou que as raízes preenchidas com Diaket em combinação com a condensação lateral mostraram o menor grau de infiltração ( $p < 0,05$ ). Esse novo sistema computadorizado permitiu uma análise quantitativa da infiltração de forma fácil.

Sevimay e Kalayci (2005) avaliaram o selamento apical e adaptação à dentina de dois cimentos endodônticos resinosos. As raízes de 55 dentes anteriores

superiores humanos foram preparadas usando a técnica escalonada e a camada residual removida com EDTA a 17%. Dividiram-se os dentes em dois grupos de 25 e os outros cinco serviram como controle. Os dentes foram obturados pela técnica de condensação lateral com guta-percha e os cimentos AH Plus e EndoREZ. Vinte dentes de cada grupo foram usados para avaliação com corante e os outros foram usados para avaliação sob Microscopia Eletrônica de Varredura. Após a imersão em azul de metileno por sete dias, os dentes foram seccionados longitudinalmente e a medição realizada. O valor médio de infiltração para o AH Plus foi de  $2,87 \pm 0,43$ mm, enquanto para o EndoREZ foi de  $4,54 \pm 0,36$ mm. Essa diferença foi estatisticamente significativa. A MEV mostrou que ambos os cimentos obtiveram melhor adaptação e penetração nos terços médio e coronário do que o terço apical. No terço apical, o AH Plus se adaptou melhor à dentina que o EndoREZ.

Çobankara et al. (2006) avaliaram o selamento apical obtido com quatro cimentos endodônticos: Rocanal 2, Sealapex, AH Plus e cimento RC. Prepararam-se 40 canais pela técnica escalonada e posteriormente os espécimes foram divididos em quatro grupos de 10 unidades e obturados pela técnica de condensação lateral com um dos quatro cimentos testados. O método de filtração de fluidos computadorizado foi utilizado para avaliação das propriedades de selamento dos cimentos. A infiltração foi avaliada após os períodos de 7, 14 e 21 dias. Os resultados indicaram que a infiltração apical diminuiu gradualmente de 7 a 21 dias. O Sealapex mostrou melhor selamento do que os outros cimentos em todos os períodos testados. Os cimentos RC, AH Plus e Rocanal mostraram valores similares de infiltração apical.

De Deus et al. (2006) avaliaram a capacidade de selamento de quatro cimentos endodônticos em duas espessuras diferentes. Os canais de 82 incisivos superiores foram preparados com brocas Gates Glidden até o número 6 e divididos em quatro grupos, de acordo com o cimento usado: Pulp Canal Sealer, EndoREZ, Sealapex e AH Plus. Cada grupo foi dividido em dois subgrupos, e cilindros de guta-percha de 1,5 e 1mm, respectivamente, foram usados para a obturação dos canais. Montaram-se as raízes no modelo de infiltração bacteriana, e o sistema checado diariamente durante duas semanas. Nas amostras com fina espessura de cimento, os resultados foram similares, enquanto que nas amostras com espessura maior, o AH Plus demonstrou o melhor desempenho. Geralmente, a maior espessura de

cimento influencia negativamente a capacidade de selamento da obturação, exceto para as amostras de AH Plus.

Yücel et al. (2006) compararam a penetração bacteriana após condensação lateral, usando quatro diferentes cimentos. Oitenta dentes foram divididos em cinco grupos de dentes e obturados com os cimentos AH 26 (A), AH Plus (AP), Sealapex (S), Ketac-Endo (K), 10 dentes serviram como controle positivo e 10 como controle negativo. Após 30 dias de avaliação da infiltração bacteriana, total infiltração foi observada em 85% do grupo AP e grupo K, 80% do grupo S e 75% do grupo A. Não foi observada diferença significativa entre os grupos. Após 60 dias de comparação dos valores de penetração, total penetração foi observada nos grupos AP, K e S, e 95% no grupo A. Assim, pode-se concluir sob as condições desse estudo, que não houve diferença entre os quatro cimentos testados no período de 30 e 60 dias.

## **2.2 Técnicas de Obturação**

### **2.2.1 Técnica Híbrida de Tagger**

Em 1984, Tagger et al. propuseram uma técnica Híbrida que consistia na associação da técnica de condensação lateral convencional (para o terço apical) com a técnica de McSpadden (para as porções média e cervical do conduto). Esta técnica possui algumas contra-indicações como: evitar o uso do termocompactor em canais curvos, pois este pode se fraturar dentro do canal; dentes cujos canais se apresentam com ápices abertos, sejam por rizogênese incompleta ou por reabsorções; e obturações que não se tem a certeza que houve um bom vedamento apical após a condensação lateral do terço apical (ROLIM; INTERLICHE, 2005).

Descrição da técnica:

- Após o preparo do canal de forma afunilada, ajusta-se o cone de guta-percha principal;
- Leva-se o cimento em todas as paredes do canal com o cone principal;
- Com auxílio de espaçadores digitais (condensação lateral ativa), acrescentam-se alguns cones de guta-percha secundários obturando o terço apical;

- Seleciona-se o termocompactor que melhor se adapte no terço médio do canal (deve ser de calibre um ou dois números superiores em relação ao cone de guta-percha principal);
- Estabelecer a profundidade de penetração do compactador;
- Verificar a direção do micromotor (sentido horário), introduzir o compactador no canal até encontrar resistência e aciona-lo no máximo por 10seg., deixando que a massa de guta-percha plastificada empurre-o para fora do conduto, retirando-o ainda em movimento;
- Fazer a condensação vertical da guta-percha plastificada com calcadores;
- Radiografia para a comprovação da obturação;
- Remoção dos excessos, limpeza da câmara pulpar e selamento.

Tagger et al. (1984) avaliaram o selamento apical proporcionado pelas técnicas de condensação lateral e técnica híbrida através de infiltração de corantes. Os canais de 40 dentes foram preparados e separados em dois grupos de acordo com a técnica de obturação empregada. Após a imersão no corante verde brilhante Procion, as raízes foram diafanizadas e a profundidade de penetração do corante avaliada. As raízes obturadas através da técnica híbrida infiltraram significativamente menos que o grupo com condensação lateral. A infiltração foi detectada em 15% das raízes obturadas pela técnica híbrida e em 50% das raízes em que se usou condensação lateral.

Bramante et al. (1989) analisaram obturações de canais realizadas pelas técnicas de condensação lateral com limas tipo Kerr, "Finger Spreader" e pontas de Rhein; e as técnicas de Schilder, McSpadden, Híbrida de Tagger e do Sistema Ultrafil, nos aspectos: infiltração marginal, tempo consumido, extrusão de material e características da massa obturadora. A técnica que empregou as limas tipo Kerr e a Híbrida foram as que apresentaram melhor desempenho geral. A técnica do Sistema Ultrafil, embora tenha sido aquela que necessitou de menor tempo para ser executada, apresentou uma acentuada infiltração marginal e características deficientes da obturação.

Cruz e Barbosa (1994) avaliaram as técnicas de McSpadden, Tagger e mista para obturação de canais radiculares em trinta molares inferiores humanos. Após as obturações, foram realizadas análises através de radiografias em três

angulações e por penetração de corante azul de metileno a 2%. Cortes longitudinais nas raízes mesiais e distais descalcificadas permitiram o estudo da infiltração. Não foram encontradas diferenças estatisticamente significantes entre os três grupos. No grupo da técnica mista, onde não foi utilizado cimento, houve maior infiltração de azul de metileno.

Siqueira Júnior (1995) avaliou a capacidade seladora de três técnicas de obturação de canais: Canal Finder, compressão hidráulica e Híbrida de Tagger, através da análise da penetração apical de corante. Após a obturação, os dentes foram imersos em solução de azul de metileno a 2% por sete dias e em seguida foram seccionados longitudinalmente, e a penetração do corante ao longo das obturações foi medida em Microscópio Óptico. Os resultados obtidos apenas mostraram diferença estatisticamente significativa entre o grupo Canal Finder, o melhor, e o da técnica Híbrida de Tagger. A técnica de compressão hidráulica teve infiltração maior que a do Canal Finder e menor que a da Híbrida, mas sem significância estatística nas diferenças.

Moraes et al. (1995) verificaram as características das técnicas de condensação lateral, McSpadden, Híbrida de Tagger e híbrida modificada, empregando-se os cimentos Endofill e Sealer 26. Cinquenta dentes humanos extraídos foram obturados, diafanizados e examinados em lupa estereoscópica. Os resultados mostraram que o Sealer 26 escurece o canal. As técnicas de guta-percha termoplastificada proporcionam obturação mais homogênea e completa do canal radicular. Contudo, nestas técnicas o extravasamento é mais freqüente.

Freitas et al. (1996) compararam a capacidade de selamento apical das técnicas de condensação lateral, Híbrida de Tagger original e a modificada. Empregaram-se 36 dentes unirradiculados humanos extraídos, que tiveram seus canais instrumentados e obturados pelas referidas técnicas. Os dentes foram imersos em corante de azul de metileno a 2%, onde permaneceram a 37°C por 168 horas. Após esse período, foram seccionados longitudinalmente e tiveram suas infiltrações apicais mensuradas. Nos espécimes obturados pela técnica de condensação lateral, a infiltração foi estatisticamente superior à das técnicas Híbridas, enquanto não foi observada diferença entre a técnica Híbrida original e modificada.

De Moor e Martens (1999) avaliaram o selamento apical de canais obturados com condensação lateral, técnica Híbrida e com Obturadores Soft-Core.

Três grupos de 35 dentes anteriores superiores e quatro controles superiores foram instrumentados pela técnica coroa-ápice/escalonada. Mergulharam-se todas as raízes em tinta nanquim por uma semana. As raízes foram diafanizadas e a penetração linear de corante medida. A infiltração média apical para a técnica com Soft-Core foi no mínimo duas vezes mais extensa que as duas outras técnicas de obturação. Nenhuma diferença estatística foi encontrada entre as duas outras técnicas. Uma leve superioridade da técnica termomecânica de compactação de guta-percha sobre a condensação lateral em evitar a infiltração apical foi encontrada embora sem significância estatística.

Pereira et al. (1999) selecionaram vinte dentes unirradiculados extraídos que foram instrumentados e obturados pela técnica Híbrida de Tagger. Foram comparadas as radiografias processadas logo após a condensação lateral do terço apical, com aquelas realizadas depois do emprego dos compactadores de McSpadden. Concluíram que o emprego adequado dos compactadores não interferiu na obturação do canal em seu terço apical.

Goldberg et al. (2000) compararam diferentes técnicas para obturação de cavidades de reabsorção interna. Quarenta incisivos centrais superiores extraídos foram instrumentados até o comprimento de trabalho com a lima 50. As raízes foram seccionadas transversalmente com um disco de diamante a 7mm do ápice. Na abertura dos canais de cada secção, cavidades semicirculares foram preparadas com brocas. As secções das raízes correspondentes foram coladas, obtendo canais com cavidades similares que correspondiam a reabsorções internas. Os espécimes foram embebidos em resina para facilitar o manuseio e casualmente divididos em quatro grupos de 10 dentes. As seguintes técnicas de obturação foram avaliadas: condensação lateral (grupo A); técnica Híbrida (grupo B); Obtura II (grupo C); e Thermafil (grupo D). O AH 26 foi utilizado como cimento. Após obturação, a resina foi removida e os dentes radiografados nas direções buco-lingual e mesio-distal, para avaliar a qualidade da obturação. Os incisivos foram cortados no mesmo nível da secção anterior para verificar o tipo de material que preencheu a reabsorção interna. O Obtura II apresentou o melhor resultado e na maioria dos espécimes obturados com essa técnica, a reabsorção foi preenchida principalmente com guta-percha. A diferença estatística entre o grupo C e os outros grupos foi significativa.

Moraes et al. (2000) analisaram o selamento apical e a mudança de posição do cone após a obturação quando do uso das seguintes técnicas:

condensação lateral, técnica de Tagger com o compactador a 3, 5 e 7mm do degrau apical. Verificou-se que houve menor infiltração na técnica de condensação lateral, seguida da técnica de Tagger com o compactador a 5mm. O compactador deve atuar no interior do canal radicular apenas o tempo necessário para a plastificação da guta-percha e permanecer no nível apical desejado (5mm do degrau) apenas um segundo conforme recomendações do próprio autor da técnica. Quanto ao deslocamento do cone, ele foi menor com o compactador a 7mm e maior com o compactador a 5 mm.

De Moor e De Boever (2000) avaliaram o selamento apical de um cimento endodôntico à base de resina-epóxica (AH-26) quando utilizado com diferentes técnicas de obturação: condensação lateral, condensação vertical aquecida, condensação híbrida, e com os obturadores Thermafil e Soft-Core. Duzentos e trinta e sete dentes unirradiculares retos foram preparados com as técnicas coroa-ápice/escalonada e divididos em cinco grupos de 45 dentes e um grupo de 12 dentes como controle. Após a obturação, 15 dentes de cada grupo foram armazenados por um dia, outro grupo por uma semana e outro por quatro meses, a 37 °C e umidade relativa de 80%. Os 237 dentes foram imersos em tinta nanquim por 90 horas, seccionados longitudinalmente e o máximo de infiltração medida usando um estereomicroscópio com aumento de seis vezes. A infiltração ocorreu com qualquer técnica combinada com o AH-26 e aumentou em função do tempo. A quantidade de infiltração e o número de dentes infiltrados no grupo do obturador Soft-Core foi significativamente maior do que com as outras técnicas em combinação com o AH-26. A técnica de condensação híbrida se mostrou superior às outras técnicas de obturação.

Goldberg, Artaza e De Silvio (2001) avaliaram a capacidade da técnica de condensação lateral de guta-percha e de cinco técnicas de termoplastificação na capacidade de obturação de canais laterais. Sessenta dentes unirradiculares foram instrumentados até o comprimento de trabalho com a lima 35, antes da criação de canais laterais na superfície distal e mesial da raiz, um em cada terço. Depois da instrumentação do canal até a lima 45, os dentes foram divididos em seis grupos de 10 e obturados com as seguintes técnicas: grupo A: condensação lateral; grupo B: técnica Híbrida; grupo C: Ultrafil; grupo D: Obtura II; grupo E: System B+Obtura II; e grupo F: Thermafil, todos usando o cimento AH-26. Após a obturação, radiografias foram tomadas na direção buco-lingual, identicamente expostas, reveladas e fixadas.

Um maior número de canais laterais foi obturado pelos grupos C, E, F, em comparação com os canais obturados pelas outras técnicas, sendo essa diferença estatisticamente significativa. Nenhuma diferença estatística foi encontrada na obturação dos canais laterais em diferentes terços da raiz.

Silva Neto et al. (2001) avaliaram a infiltração marginal apical proporcionada pelas técnicas de Tagger e System B. Trinta e dois dentes foram divididos em dois grupos de 15 elementos, um controle positivo e outro negativo, que foram instrumentados pela técnica telescópica regressiva com recuo anatômico e obturados pelas diferentes técnicas. Após a imersão em azul de metileno por 72 horas, os dentes foram lavados e seccionados no sentido de seu longo eixo para análise da infiltração. Os resultados mostraram uma diferença estatisticamente significativa favorável à técnica do System B.

De Moor e Hommez (2002) avaliaram o selamento apical e coronário do cimento resinoso AH 26 quando utilizado com diferentes técnicas de obturação dos canais radiculares. Dentes unirradiculares retos foram divididos em 10 grupos de 75 e um grupo controle (positivo e negativo) de 40 dentes. Obturaram-se os canais usando condensação lateral, condensação vertical aquecida, técnica Híbrida de condensação, e com os obturadores Thermafil e Soft-Core. Após a obturação, cada grupo foi dividido em cinco subgrupos de 15, aonde o primeiro grupo foi armazenado por um dia, o segundo por uma semana, o terceiro por quatro meses, o quarto por seis meses e o quinto por 12 meses a 37°C, a vácuo, em umidade relativa de 80%. Os dentes foram imersos em tinta nanquim por 90 horas e seccionados longitudinalmente, e a máxima infiltração medida usando um aumento de seis vezes. A infiltração ocorreu usando qualquer técnica de obturação. O grau de infiltração apical e o número de dentes infiltrados no grupo com o Soft-Core foi significativamente maior que com as outras quatro técnicas de obturação. A técnica Híbrida de obturação foi superior às outras técnicas em relação à infiltração apical. A infiltração coronária foi significativamente maior em todos os períodos com o sistema Soft-Core, exceto quando comparado ao Thermafil. Não existiu diferença significativa entre o Thermafil e o sistema Soft-Core.

De Moor e De Bruyne (2004) compararam o selamento de canais obturados com os cimentos AH 26 e AH Plus com três técnicas de obturação. Canais radiculares de 940 dentes foram preparados pela técnica coroa-ápice/escalonada antes da obturação pelas técnicas de condensação lateral, técnica

Híbrida, ou obturação pelo Thermafil. Os dentes foram imersos em tinta nanquim por 90 horas, após armazenamento de um dia, uma semana, duas semanas, um mês e seis meses. As raízes foram seccionadas longitudinalmente, e a infiltração medida usando um estereomicroscópio. Não houve diferença estatisticamente significativa na infiltração apical nos grupos com AH 26 e AH Plus e nem em qualquer período de observação. A infiltração apical apresentou-se mais alta para o Thermafil comparada com a condensação lateral após uma semana para o AH 26 e para condensação lateral comparada à técnica Híbrida após uma semana para o AH Plus. Os cimentos AH 26 e AH Plus, quando usados com técnicas de obturação idênticas, resultaram em selamentos comparáveis em todos os períodos de avaliação e em comparável selamento coronário em 1 e 6 meses.

Bier et al. (2005) realizaram uma revisão de literatura comparando a obturação de canais radiculares através da condensação termomecânica da gutapercha utilizando os compactadores de McSpadden com a técnica Híbrida de Tagger, que associa o uso do compactador com a técnica de condensação lateral convencional. Concluíram que a técnica Híbrida de Tagger produziu uma obturação do canal mais segura (sem extravasamentos) e de qualidade superior quando comparada com a técnica de McSpadden.

Lipski (2005) mediu o aumento de temperatura na superfície externa de raízes durante a obturação com as técnicas Híbrida e MicroSeal. Vinte pré-molares superiores e inferiores humanos com um único canal foram casualmente divididos em dois grupos de 10 dentes. No primeiro grupo, os dentes foram obturados pela técnica Híbrida (compactação termomecânica com o Engine Plugger usado após a condensação lateral do terço apical do canal), e o segundo grupo preenchido pelo Microseal. Após a obturação, o material obturador foi removido e o procedimento de obturação repetido. Um total de vinte obturações em cada grupo foi realizado. O aumento de temperatura foi avaliado através de uma câmera de imagem térmica. A temperatura de certas regiões da superfície mesial foi analisada e os valores mais elevados foram registrados. O aumento médio de temperatura durante a técnica híbrida com o Engine Plugger foi de 23,8°C, enquanto durante o MicroSeal foi significativamente menor, de 5,5°C. O aumento de temperatura gerado pelo MicroSeal ficou abaixo do nível crítico, não prejudicando as estruturas de suporte, entretanto, a técnica Híbrida gerou um aumento de temperatura que pode danificar os tecidos periodontais.

Poiate et al. (2005) analisaram a capacidade de penetração de guta-percha e cimento em canais laterais simulados em blocos de resina acrílica realizados com o auxílio de uma broca cilíndrica de 0,2mm de diâmetro. Os canais foram obturados utilizando duas técnicas de obturação: técnica de compactação vertical de Schilder modificada, utilizando o Sistema Obtura II e técnica Híbrida de Tagger. A técnica utilizando o Sistema Obtura II promoveu maior preenchimento de guta-percha nos três terços, enquanto que a técnica Híbrida de Tagger promoveu maior preenchimento de cimento nos canais laterais cervicais e mediais.

Duarte et al. (2006) avaliaram qualitativamente a interação entre a técnica Híbrida de Tagger com a condensação lateral ativa quando do emprego dos cimentos Endomethasone e Sealer 26. Quarenta caninos superiores humanos extraídos foram instrumentados pela técnica escalonada regressiva e foram divididos em quatro grupos de 10 espécimes cada, obedecendo a seguinte ordem: grupo I: condensação lateral ativa + Endomethasone, grupo II: técnica Híbrida de Tagger + Endomethasone, grupo III: condensação lateral ativa + Sealer 26, grupo IV: técnica Híbrida de Tagger + Sealer 26. Após a obturação os espécimes foram radiografados no sentido mesio-distal e vestibulo-lingual e então imersos em soro fisiológico por sete dias. Após esse período, foram fraturados no sentido vestibulo-lingual. Os resultados mostraram melhor qualidade da obturação quando da associação da técnica Híbrida de Tagger com cimento Endomethasone.

### 3 PROPOSIÇÃO

**Objetivo geral:**

Comparar o nível de infiltração apical entre dois sistemas de obturação.

**Objetivos específicos:**

Comparar a infiltração apical entre canais obturados com a guta-percha/AH Plus e o Sistema Resilon/Epiphany quando submetidos à técnica de condensação lateral e à técnica Híbrida de Tagger.

Visualizar em Microscopia Óptica a adaptação dos materiais obturadores à dentina radicular em cortes transversais realizados à 4mm da região apical.

## **4 MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1 Aspectos Éticos**

O projeto de pesquisa foi submetido à aprovação pelo Comitê de Ética em Pesquisa e do Complexo Hospitalar da Universidade Federal do Ceará - COMEPE tendo sido aprovado com o Of. Nº 403/2005 em 14 de Julho de 2005 (**ANEXO C**). O Termo de Consentimento Livre e Esclarecido pode ser visualizado no **ANEXO B**.

### **4.2 Delineamento Experimental**

Foi realizado um delineamento experimental “in vitro” fatorial 2X2 com quatro grupos experimentais contendo cada um 15 unidades amostrais, e dois grupos controle de 10 unidades, a saber:

- Grupo I - Obturação com guta-percha e cimento AH Plus, pela técnica de condensação lateral;
- Grupo II - Obturação com guta-percha e cimento AH Plus, pela técnica Híbrida de Tagger;
- Grupo III - Obturação com o Sistema Resilon/Epiphany, pela técnica de condensação lateral;
- Grupo IV - Obturação com o Sistema Resilon/Epiphany, pela técnica Híbrida de Tagger;
- Um grupo controle positivo;
- Um grupo controle negativo.

### **4.3 Seleção da Amostra**

Neste estudo foram selecionados 90 primeiros molares superiores e/ou inferiores humanos recém-extraídos (por razões que não as desta pesquisa), apresentando raízes palatinas e/ou distais retas, e que após exodontia foram imersos em solução fisiológica saturada de timol a 1% e armazenados sob refrigeração até a sua utilização. Após a limpeza das superfícies radiculares com curetas periodontais, os dentes selecionados foram seccionados na junção amelo-

cementária com broca diamantada em alta rotação com irrigação, para obtenção das respectivas raízes, não ficando estas menores que 10mm. Em seguida, realizou-se uma pré-seleção destas raízes através de avaliação em microscópio operatório com aumento de 40 vezes (D.F. Vasconcelos, São Paulo, Brasil), para excluir aquelas que apresentaram trincas, falhas na estrutura externa, ou forame apical amplo, seguindo-se o exame radiográfico (aparelho marca Funk, 10mA, 60KV; distância foco-filme de 10cm; tempo de exposição de 0,5seg.) com a lima tipo Kerr (K) Nº10 (Dentsply, Maillefer, Switzerland) inserida no interior do canal, para que se pudesse constatar ausência de quaisquer sinais de calcificação difusa ou localizada, reabsorções ou tratamentos endodônticos prévios.

#### **4.4 Preparo Químico-Mecânico dos Canais Radiculares**

Após a remoção do tecido pulpar, realizada por meio de extirpa-nervo (Dentsply, Maillefer, Switzerland), uma lima tipo Kerr Nº10 (Dentsply, Maillefer, Switzerland) foi introduzida até o forame apical, seguindo-se de recuo de 1mm, para o estabelecimento do comprimento de trabalho. A instrumentação foi efetuada pela técnica escalonada com limas tipo Kerr (Dentsply, Maillefer, Switzerland) até a lima K45 (memória), seguida de três recuos programados de 1mm cada, (K 50, K 55, K60), retornando-se à lima K 45 entre cada recuo. Utilizou-se uma caixa de limas para cada 9 dentes, sendo as mesmas, após o uso, descartadas.

Durante a instrumentação, os canais foram irrigados inicialmente com 1ml de solução de hipoclorito de sódio (NaOCl) a 1% (Biodinâmica Químicos e Farmacêuticos Ltda., Brasil), e sempre a cada mudança de lima, através do uso de tubetes anestésicos vazios preenchidos com essa solução e posicionados em seringa carpule. Ao término do preparo químico-mecânico, a camada residual foi removida do interior do canal radicular através da aplicação de 1ml de ácido etileno-diamino-tetracético a 17% (EDTA trissódico) (Biodinâmica Químicos e Farmacêuticos Ltda., Brasil), inserido em seringa Luer, e agitado com o instrumento memória durante três minutos. Após o término do preparo químico-mecânico, efetuou-se a patência apical, com a penetração da lima K 20 até o nível do forame apical, para efeito de padronização de seu diâmetro.

A irrigação final foi feita com 3ml de solução salina fisiológica, durante 1 minuto, permitindo que a agulha penetrasse o máximo possível sem, contudo,

impedir o refluxo da solução irrigadora. Após a irrigação final, realizou-se a aspiração completa do canal durante um minuto, seguindo-se de secagem com cones de papel absorvente (Endo Points Indústria e Comércio Ltda, Brasil) correspondentes ao calibre do instrumento memória.

#### **4.5- Divisão dos grupos**

Concluído o preparo químico-mecânico, 70 raízes foram divididas aleatoriamente em quatro grupos experimentais de 15 unidades amostrais e dois grupos controle (positivo e negativo) de cinco unidades amostrais. Vinte dentes foram selecionados para análise em Microscopia Óptica.

**Grupo I:** os canais radiculares foram obturados com cones de guta-percha (Dentsply, Latin América, Rio de Janeiro, Brasil) calibre 45 pela técnica de condensação lateral com cimento obturador AH Plus (Dentsply De Trey, Konstanz, Germany) manipulado de acordo com as instruções do fabricante. O cone mestre foi envolvido no cimento e inserido no canal, procedendo-se a condensação lateral com a inserção de cones acessórios finos FF (Dentsply, Latin América, Rio de Janeiro, Brasil), abrindo-se espaços com um espaçador digital, cor vermelha, (Dentsply, Maillefer, Switzerland), até que o mesmo não mais penetrasse no terço médio do canal. Após a condensação, o material foi removido 1mm abaixo da entrada do conduto com calcador tipo Paiva aquecido, seguido de uma leve condensação vertical com calcador frio. O selamento cervical foi obtido através de condicionamento com ácido fosfórico a 37% durante 15 segundos, e após lavagem, aplicação do sistema adesivo Single Bond (3M ESPE, Dental Products, St. Paul, MN, USA) e resina fotopolimerizável Z-100 (3M ESPE, Dental Products, St. Paul, MN, USA) empregados de acordo com as especificações do fabricante.

**Grupo II:** os canais radiculares foram obturados com cones de guta-percha calibre 45 pela técnica Híbrida de Tagger, onde após a introdução do cone mestre envolvido com o cimento AH Plus manipulado de acordo com o fabricante, executou-se a condensação lateral apenas no terço apical, associando-se à compactação termomecânica do material obturador nos terços radiculares médio e cervical, com o compactador № 55 (Dentsply, Maillefer, Switzerland) acionado aproximadamente durante 10 segundos a 3mm do ápice radicular. Após a compactação, o material foi

removido 1mm abaixo da entrada do conduto com calcador tipo Paiva aquecido, seguindo-se os mesmos procedimentos de selamento realizados no grupo I.

**Grupo III:** os canais radiculares foram obturados com cones Resilon (Pentron Clinicals Technologies, L.L.C, Wallingford, CT, USA) calibre 45 e cimento obturador Epiphany (Pentron Clinicals Technologies, L.L.C, Wallingford, CT, USA) também pela técnica de condensação lateral, seguida de condensação vertical da seguinte forma: o primer foi inserido no interior do canal, com o dispositivo fornecido pelo fabricante, e o excesso removido com cones de papel absorvente; a seguir o cimento resinoso foi introduzido com o cone mestre selecionado, e com um espaçador digital cor vermelha foram introduzidos cones acessórios Epiphany finos (Pentron Clinicals Technologies, L.L.C, Wallingford, CT, USA) envolvidos no cimento até que se completasse o preenchimento do canal. Após a condensação, o material foi removido 1mm abaixo da entrada do conduto com calcador tipo Paiva aquecido, e polimerizado por 40seg., seguindo-se os mesmos procedimentos de selamento realizados no grupo I.

**Grupo IV:** os canais foram obturados com cones de Resilon (Pentron Clinicals Technologies, L.L.C, Wallingford, CT, USA) calibre 45 e cimento obturador Epiphany (Pentron Clinicals Technologies, L.L.C, Wallingford, CT, USA) pela técnica Híbrida de Tagger, onde após a introdução do cone mestre envolvido com cimento, executou-se a condensação lateral apenas no terço apical, associada à compactação termomecânica do material obturador nos terços cervical e médio radicular, utilizando-se o compactador № 55 acionado aproximadamente durante 10 segundos a 3mm do ápice radicular. Após a compactação, o material foi removido 1mm abaixo da entrada do conduto com calcador tipo Paiva aquecido, seguindo-se os mesmos procedimentos de selamento realizados nos demais grupos.

Cinco raízes foram usadas como grupo controle positivo e cinco como grupo controle negativo, onde foram instrumentadas, mas não obturadas:

**Grupo Controle Positivo:** As raízes foram instrumentadas, fez-se a remoção da smear layer, sendo o acesso cervical vedado através de condicionamento com ácido fosfórico a 37% durante 15 segundos, e após lavagem, aplicou-se o adesivo dentinário Single Bond e resina fotopolimerizável Z-100 empregados de acordo com as especificações do fabricante. Em seguida toda a superfície radicular foi coberta com duas camadas de esmalte de unha na cor vermelha (Risque, Niasi, Brasil), com exceção dos 2mm apicais, realizando-se a imersão no corante.

**Grupo Controle Negativo:** As raízes foram tratadas da mesma forma que o grupo anterior, porém além do vedamento do acesso cervical, tiveram também o acesso apical vedado com resina de baixa viscosidade (Natural Flow, DFL, São Paulo, Brasil), seguindo-se a cobertura de toda a superfície radicular com duas camadas de esmalte e imersão no corante.

Como critério de aprovação das amostras obturadas para a diafanização e avaliação da infiltração, cada raiz foi submetida à tomada radiográfica periapical (aparelho marca Funk, 10ma, 60kv; distância foco-filme de 10cm; tempo de exposição de 0,5seg.) planos vestibulo-lingual e mesio-distal, verificando-se o preenchimento completo do canal radicular pelo material obturador selecionado.

#### 4.6 Imersão no Corante e Diafanização (Segundo Barbizam, 2001)

As raízes dos canais radiculares obturados foram armazenadas em estufa (Olidex, Brasil) (umidade 100%, 37°C) por sete dias, para que se processasse a presa total dos cimentos endodônticos utilizados. Decorrido este tempo, as superfícies externas das raízes dos grupos experimentais foram impermeabilizadas com duas camadas de esmalte para unha de cor vermelha (Risqué, Niasi, Brasil), com exceção dos 2mm apicais (Figuras 1,2,3,4,5) . A demarcação dos 2mm apicais foi realizada através do uso de paquímetro digital (Uiustools Professional, China).

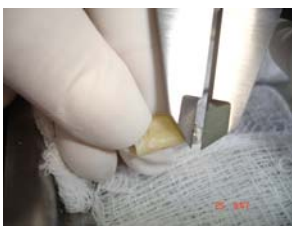


Figura 1: Uso do paquímetro digital



Figura 2: Grupo I



Figura 3: Grupo II



Figura 4: Grupo III



Figura 5: Grupo IV

Após secagem do impermeabilizante, os grupos experimentais e controles foram imersos em tinta Nanquim (Faber Castel, Stein, Germany) e mantidos em estufa a 37°C por sete dias, totalizando 14 dias.

Finalizado esse período, as raízes foram lavadas em água corrente por quatro horas e as camadas impermeabilizantes removidas com auxílio de uma lâmina de bisturi número 15. Logo após, foram submetidas à técnica de diafanização assim descrita: imersão em recipiente plástico contendo ácido clorídrico a 5% para que ocorresse o processo de descalcificação. Cumpre salientar que o ácido clorídrico foi trocado a cada oito horas, a fim de evitar o retardo da descalcificação pela formação de cloreto de cálcio. Completada a descalcificação, evidenciada através da transfixação de um alfinete na região cervical das raízes, estas foram lavadas em água corrente por quatro horas para a remoção dos traços da solução ácida. Após a lavagem, iniciou-se o processo de desidratação, submetendo-se as raízes a uma bateria ascendente de álcoois a 75, 85, 95 e 100% (Vetec, Brasil) respectivamente, permanecendo por quatro horas em cada concentração, repetindo-se o banho em álcool absoluto. Obtida a desidratação, as raízes foram secas com gaze e imediatamente imersas em salicilato de metila (All Chemistry do Brasil LTDA., lote 15240), para que se tornassem transparentes.

Concluído o processo de diafanização, as raízes foram novamente levadas ao Microscópio Operatório com aumento de 40 vezes (D.F. Vasconcelos, São Paulo, Brasil), onde demarcou-se, através de entalhe realizado com broca tronco-cônica em baixa rotação, a face em que se observou a maior penetração do corante. O examinador desconhecia o grupo ao qual pertencia as raízes examinadas (estudo cego).

#### 4.7 Mensuração da Penetração do Corante

As faces das raízes demarcadas foram escaneadas (scanner HP3570c), e as imagens obtidas com resolução de 300dpi transferidas para um computador (Toshiba, Japan). Utilizou-se um programa digital de medida de área NIH imageJ, que foi calibrado através do escaneamento de uma tela milimetrada endodôntica (Figura 6), onde cada milímetro correspondeu ao valor de oito pixels. Realizou-se a medida linear de infiltração apical do corante, tomando-se como ponto de referência inicial o batente apical. Moveu-se o cursor deste ponto em direção cervical, até o local onde se evidenciou a maior penetração do corante. O examinador, que realizou a leitura, desconhecia o grupo ao qual pertenciam as raízes examinadas (estudo cego). A leitura de cada amostra foi realizada em triplicata, após o que foi obtida uma média da infiltração.

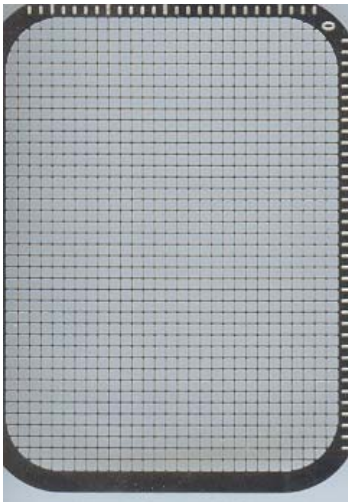


Figura 6: Tela milimetrada utilizada na calibração do programa.

#### 4.8 Análise em Microscopia Óptica

Foram selecionadas 20 raízes obturadas, sendo cinco de cada grupo experimental, que não foram imersas em corante, para a visualização do tipo de adaptação dos materiais obturadores às paredes dentinárias em Microscopia Óptica (Microscópio Olympus BX51M, Japan) (Figura 7).

Essas raízes foram cortadas transversalmente a 4mm do ápice através da máquina de corte Isomet (SouthBay Technology, Modelo 65) (Figura 8). O corte foi realizado neste nível, visto que durante a desobstrução do conduto radicular para a

colocação de núcleo protético, 4mm é a mínima quantidade de material obturador remanescente deixado como margem de segurança para o completo vedamento apical.



Figura 7: Microscópio Óptico Olympus BX51M



Figura 8: Máquina de corte Isomet

#### 4.9 Análise Estatística

Utilizou-se o teste exato de Fisher, para a comparação entre percentual de não-infiltração e teste não-paramétrico de Mann-Whitney, para testar o comprimento de infiltração, quando esta existiu. O valor de  $p < 0,05$  foi considerado ser estatisticamente significante. Os dados encontrados podem ser observados no **ANEXO D**.

## 5 RESULTADOS

### 5.1 Da Infiltração do Corante

As amostras do controle negativo não apresentaram infiltração, já todas as amostras do grupo controle positivo mostraram completa infiltração do corante no interior dos canais radiculares (Figuras 9,10).

#### Amostras dos grupos controle:



Figura 9: Controle negativo



Figura 10: Controle positivo

#### Amostras da infiltração nos diferentes grupos:

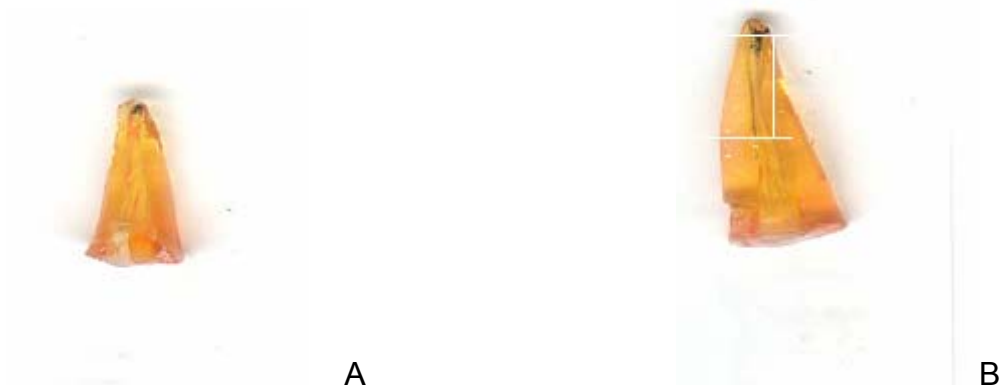


Figura 11: Grupo I (guta-percha/condensação lateral). Amostras apresentando menor (A) e maior infiltração (B), respectivamente.

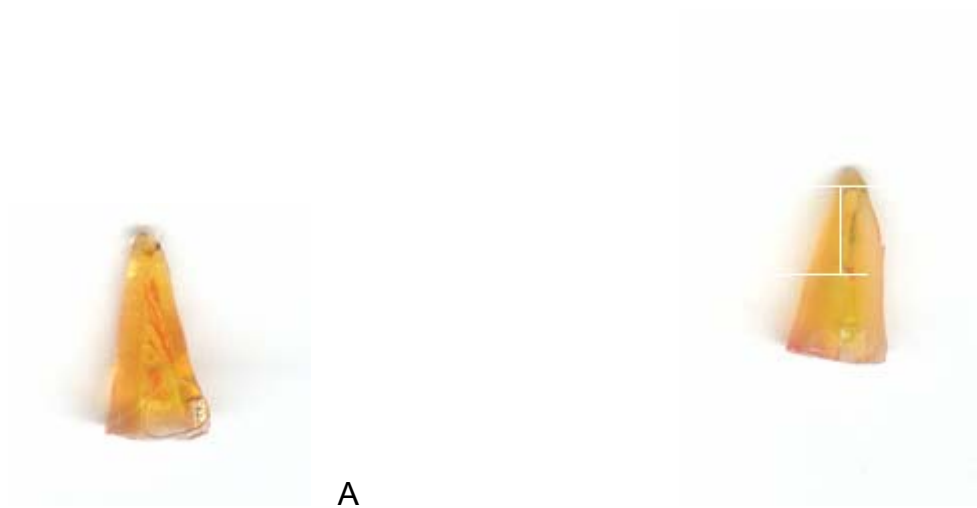


Figura 12: Grupo II (guta-percha/técnica Híbrida). Amostras apresentando menor (A) e maior infiltração (B), respectivamente.



Figura 13: Grupo III (Resilon/Epiphany/condensação lateral). Amostras apresentando menor (A) e maior infiltração (B), respectivamente.



Figura 14: Grupo IV (Resilon/Epiphany/técnica Híbrida). Amostras apresentando menor (A) e maior infiltração (B), respectivamente.

**TABELA 1- Distribuição de freqüência da infiltração (em milímetros)**

Classes	G I GP/CL	G II GP/TH	G III RES/CL	G IV RES/TH
Sem infiltração	6	11	--	2
0-- 1mm	--	--	--	3
1-- 2mm	1	--	10	5
2-- 3mm	2	--	3	1
3-- 4mm	2	1	1	2
4-- 5mm	2	2	--	2
5-- 6mm	--	1	1	--
6-- 7mm	2	--	--	--

Notas: O símbolo -- significa a inexistência de observações no intervalo de infiltração; e o símbolo a--|b significa o intervalo entre a (excluído) e b (incluído).

### Comparação da proporção de ausência de infiltração

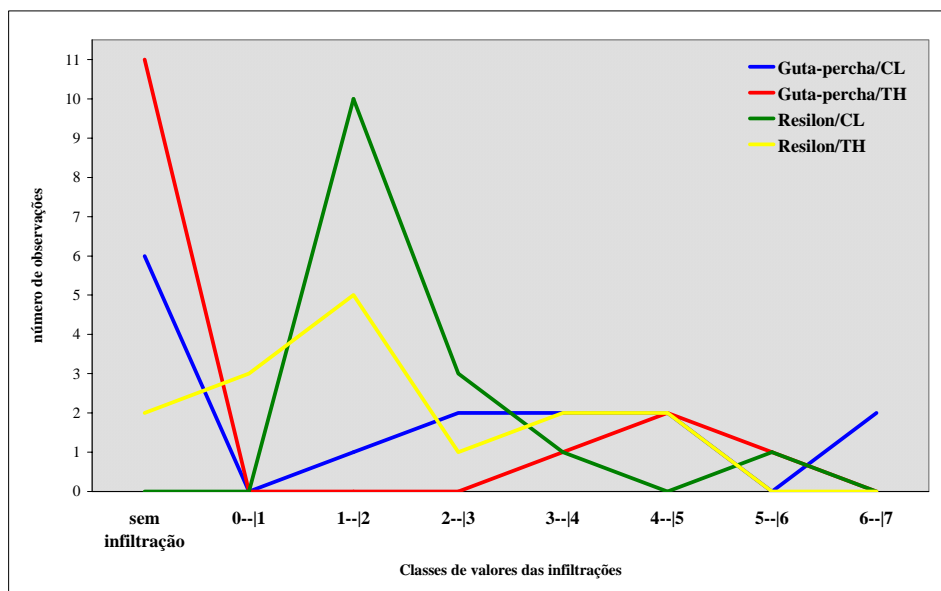
Pode-se constatar que não há diferença na proporção de ausência de infiltração entre as duas técnicas empregadas no material guta-percha ( $p=0,1394$ ) e no material Resilon ( $p=0,4828$ ). Quando são comparados os materiais, podemos dizer que há diferença estatisticamente significativa nos dois materiais tanto na

técnica de condensação lateral ( $p=0,0169$ ) como na técnica Híbrida ( $p=0,0025$ ), sendo a ausência de infiltração maior, em ambos os casos, no material guta-percha.

### Comparação das mensurações das infiltrações

Quando há infiltrações, constata-se que não existe diferença nos valores de infiltração entre as duas técnicas empregadas tanto no material guta-percha ( $p=0,4140$ ), quanto no material Resilon ( $p=0,8207$ ). Quando são comparados os materiais, pode-se observar que há diferença estatisticamente significativa nos dois materiais tanto na técnica de condensação lateral ( $p=0,0035$ ) como na técnica Híbrida ( $p=0,0227$ ), sendo a infiltração maior, em ambos os casos, no material guta-percha (Figuras 11,12,13,14).

### GRÁFICO 1 - Distribuição de freqüência da infiltração



## 5.2 Da Microscopia Óptica

No **ANEXO E** verifica-se com aumento de 100 e 200 vezes, a configuração dos canais radiculares quando seccionados transversalmente a 4 mm do ápice, bem como a adaptação dos materiais obturadores às paredes dos canais.

Observou-se que mesmo selecionando as raízes para obter uma homogeneidade, com a instrumentação sendo padronizada com a lima 45, foram encontrados na secção transversal, canais com diferentes configurações.

Quando se utilizou guta-percha com as técnicas de condensação lateral e técnica Híbrida, visualizou-se o cone mestre posicionado junto a uma das paredes do canal, bem como uma linha espessa de cimento, que pode ser a responsável pela infiltração apresentada nestes grupos. O material obturador na maioria das vezes se apresentou compactado, sem a presença de lacunas visíveis com esses aumentos.

Na utilização do Sistema Resilon/Epiphany com as duas técnicas de obturação, observou-se com maior frequência uma desadaptação do material obturador às paredes dos canais, e em muitas vezes o cimento Epiphany separado dos cones de Resilon. Essas lacunas presentes seriam responsáveis pela infiltração apresentada por esses grupos e que ficou confinada ao terço apical.

## 6 DISCUSSÃO

### 6.1 Da Metodologia Empregada

A metodologia que emprega a imersão dos dentes em vários tipos de corantes, relatada pela primeira vez na literatura por Grossman em 1939, talvez seja a mais utilizada, principalmente por ser uma técnica de fácil execução (BRANDÃO; MORAES; BRAMANTE, 2001; MILETIĆ et al., 1999; CAMPS; PASHLEY, 2003; DANDAKIS et al., 2005). Utilizada principalmente para avaliação da infiltração apical, apresenta-se como um método passivo, em que o fenômeno da capilaridade é de suma importância, pois os ápices dos dentes são mergulhados no corante que penetra através de qualquer espaço vazio entre a parede do canal e o material obturador (CAMPS; PASHLEY, 2003); após o que os dentes são seccionados longitudinalmente ou transversalmente, ou ainda diafanizados e a penetração linear do corante é registrada (AHLBERG; ASSAVANOP; TAY, 1995; LUCENA-MARTIN et al., 2002).

Nesse estudo *in vitro*, a infiltração apical foi avaliada através da técnica de diafanização, inicialmente idealizada por Okumura em 1927, na qual os dentes se tornam transparentes, possibilitando uma visão tridimensional da anatomia interna dos canais radiculares sem a perda de substância dentária, proporcionando uma maior facilidade na leitura da área infiltrada; mostra-se simples, rápida, é realizada com substâncias de baixa toxicidade, e sem a necessidade de aparelhagens complexas (MALVAR; GOMES; PEREIRA, 2002; SCHAFER; OLTHOFF, 2002; VALOIS; CASTRO, 2002). Lucena-Martin et al. (2002) também afirmam que a técnica facilita a observação de canais laterais e acessórios, e reflete claramente a relação entre o material selador e o forame apical. Entretanto, Malvar, Gomes e Pereira (2002) citam que algumas amostras submetidas à diafanização poderiam apresentar desmineralização deficiente, fato que comprometeria a transparência final do espécime; também diferentes tempos de desmineralização são encontrados, pois quanto maior o peso da peça dentária, maior é o conteúdo mineral presente e maior o tempo necessário para a finalização do processo. Ahlberg, Assavanop e Tay (1995) afirmam que pode se suspeitar que um longo período de imersão em ácidos, como o nítrico, e álcool poderiam resultar em dissolução do corante nesta técnica.

Após a marcação da superfície que apresentou maior infiltração, a mesma foi escaneada e realizada sua leitura no programa digital NIH ImageJ, que permite a demarcação da infiltração em centésimos de milímetros, oferecendo confiabilidade e facilidade de reprodução, se necessário.

A tinta nanquim foi utilizada como corante, pois suas partículas apresentam diâmetros menores ou iguais a  $3\mu\text{m}$ , sendo que a invasão bacteriana seria improvável de ocorrer em espaços no interior do canal aonde esse corante não consiga penetrar (SCHAFER; OLTHOFF, 2002). Entretanto, tem sido relatado que o peso e tamanho das moléculas da tinta nanquim são menores do que as moléculas bacterianas encontradas no canal radicular, sendo assim essa substância também pode não representar fielmente as moléculas dos fluidos oriundos dos tecidos perirradiculares, ocasionando resultados falso-positivos durante a análise da infiltração ocorrida (VALOIS; CASTRO, 2002).

## **6.2 Dos Resultados**

### **6.2.1 Das técnicas empregadas: Condensação Lateral/ Técnica Híbrida**

Observou-se que quando a ausência de infiltração foi comparada, utilizando como material obturador guta-percha/AH Plus, a técnica Híbrida não apresentou diferença estatisticamente significativa em relação à condensação lateral. Esses resultados não estão de acordo com os estudos de Tagger et al. (1984) que encontraram infiltração em 15% das raízes obturadas pela técnica Híbrida e 50% das raízes em que se usou condensação lateral. Bramante et al. (1989) analisando obturações de canais realizadas por diferentes técnicas nos aspectos infiltração marginal, tempo consumido, extrusão de material e características da massa obturadora, observaram que as técnicas que empregaram as limas tipo Kerr e a Híbrida foram as que apresentaram melhor desempenho geral. Freitas et al. (1996) notaram que a infiltração produzida pela técnica de condensação lateral foi estatisticamente superior à das técnicas Híbridas, enquanto não foi observada diferença entre a técnica Híbrida original e a modificada. De Moor e Martens (1999) encontraram uma leve superioridade da técnica termomecânica de compactação de guta-percha sobre a condensação lateral em evitar a infiltração apical, embora sem significância estatística. De Moor e Hommez (2002) avaliando o selamento apical e

coronário do cimento resinoso AH 26 empregado nas técnicas de condensação lateral, condensação vertical aquecida, técnica Híbrida de condensação, e com os obturadores Thermafil e Soft-Core observaram que a técnica Híbrida de obturação foi superior às outras técnicas em relação à infiltração apical. Duarte et al. (2006) avaliando a interação entre a técnica Híbrida de Tagger com a condensação lateral ativa quando do emprego dos cimentos Endomethasone e Sealer encontraram melhor qualidade da obturação quando da associação Híbrida de Tagger com cimento Endomethasone. Contrariamente, Siqueira Júnior (1995) avaliando a capacidade seladora de três técnicas de obturação: Canal Finder, compressão hidráulica e Híbrida de Tagger, mostraram diferença estatisticamente significativa apenas entre o grupo Canal Finder, o melhor, e o da técnica Híbrida de Tagger, que apresentou os piores resultados. Silva Neto et al. (2001) avaliando a infiltração marginal apical propiciada pelas técnicas de Tagger e System B encontraram uma diferença estatisticamente significante favorável à técnica do System B.

Embora o fabricante do Resilon recomende sua utilização com qualquer técnica de obturação termoplastificada (CHIVIAN, 2004), não existe na literatura nenhum estudo que avalie o seu emprego com a técnica Híbrida de Tagger, ou termo-compactação de guta-percha. Essa técnica é bastante difundida em decorrência de sua facilidade de uso, bem como ao baixo custo, pois necessita apenas dos compactadores e de um micromotor para sua utilização. Comparando-se a ausência de infiltração apical entre as amostras obturadas com o Sistema Resilon/Epiphany, não foi encontrada diferença significativa entre a técnica Híbrida e a de condensação lateral. Houve uma maior tendência, durante a obturação, dos cones de Resilon aderirem ao compactador, sendo necessário levar o compactador de encontro às paredes do canal radicular durante a sua remoção. De acordo com Miner, Berzins e Bahcall (2006), não há diferença significativa na temperatura de fusão entre a guta-percha e o Resilon, atingindo esta em média 60°C, mas uma maior quantidade de calor seria necessária para termoplastificar os cones de Resilon durante a condensação vertical porque o Resilon absorve maior quantidade de calor durante a fusão. Tendo pontos de fusão comparáveis, mas diferenças na habilidade de transferir calor, o Sistema Resilon pode não se comportar semelhantemente à guta-percha durante a obturação através das técnicas de termoplastificação. Quando do uso da técnica de condensação lateral, Nielsen e Baumgartner (2006), comparando a penetração do espaçador de níquel-titânio em canais obturados com

cones de guta-percha e Resilon de conicidades 02 e 04, observaram diferenças estatisticamente significantes na profundidade para ambos os calibres e materiais utilizados, apresentando o Resilon a maior penetração do espaçador. Epley et al. (2006) avaliando a presença de espaços vazios a 1, 3 e 5mm do ápice em canais obturados com guta-percha/cimento (Roth) e o Sistema Epiphany usando as técnicas de condensação lateral e onda contínua de condensação, encontraram diferença estatística apenas no grupo guta-percha/cimento com condensação lateral a 3mm do terço apical. Os outros grupos mostraram alguns espaços presentes, mas eram extremamente pequenos quando comparados com aquele grupo.

#### 6.2.2 Dos materiais empregados: Guta-percha/AH Plus, Resilon/Epiphany

Quando o Sistema Resilon/Epiphany e guta-percha/AH Plus foram comparados quanto à presença de infiltração, observou-se diferença estatisticamente significativa, sendo esta maior para a guta-percha/AH Plus. Notou-se que o grupo guta-percha/AH Plus quando apresenta infiltração, mostra valores muito altos, quase alcançando os terços coronários das raízes, fator proporcionado provavelmente pela falta de adesividade da guta-percha às paredes dentinárias, ou às propriedades do cimento obturador utilizado.

Segundo Siqueira Jr. et al. (2000), muitos fatores podem influenciar na penetração dos cimentos em áreas restritas do sistema de canais radiculares, tais como: a técnica de obturação usada, a área de contato do cimento, as dimensões das irregularidades dos sistemas de canais, acessibilidade a essas áreas, e a fluidez dos cimentos. Segundo Saleh et al. (2002), a capacidade dos cimentos endodônticos de aderirem à dentina e à guta-percha tende a aumentar o potencial de selamento reduzindo a infiltração em situações clínicas. A adesão depende de vários fatores que interagem, incluindo a energia de superfície do aderente, (dentina ou guta-percha), a tensão superficial do adesivo (cimento), sua capacidade de molhar as superfícies e a limpeza da superfície do aderente. Ørstavik, Nordahl e Tibballs (2001) afirmaram que mudanças dimensionais dos cimentos endodônticos podem induzir à formação de gaps e fendas ao longo da interface cimento/dentina e cimento/guta-percha, fendas que podem ser amplas o suficiente para permitirem a passagem de microrganismos ao longo desses espaços. Facer e Walton (2003) examinando a distribuição de três cimentos endodônticos nas paredes dos canais

radiculares e entre cones de guta-percha após condensação lateral, mostraram que o cimento estava freqüentemente ausente entre os cones de guta-percha e as paredes do canal, e às vezes ausente entre os cones, com a média de cobertura classificada como moderada-parcial. Nenhum grupo demonstrou completa cobertura; entretanto o grupo do AH-26 (à base de resina-epóxica) mostrou uma distribuição moderada-parcial mais consistente. A cobertura foi melhor na região cervical radicular e nenhum cimento mostrou uma camada contínua entre a guta-percha e a parede do canal, ou em espaços entre os cones. Mutal e Gani (2005) afirmaram que a presença de poros e vacúolos na massa dos cimentos endodônticos pode afetar a integridade, estabilidade, durabilidade e impermeabilidade dos mesmos, que estão em contato permanente com os tecidos periapicais.

Para este estudo foi escolhido o cimento AH Plus, pois o mesmo apresenta boas propriedades adesivas quando associado à guta-percha (UNGOR; ONAY; ORUCOGLU, 2006). É um cimento à base de resina epóxica-amina, pasta-pasta, com maior radiopacidade e tempo de presa mais rápido que o AH 26 (ZMENER et al., 1997). Apresenta baixos valores de solubilidade, mas os maiores valores de espessura de filme quando comparados aos cimentos Tubli-Seal EWT, Apexit, Endion e Roth 801; seu tempo de trabalho ficou em torno de duas horas (MCMICHEN et al., 2003). Alonso et al. (2005) mostraram que o AH Plus tem maior capacidade de escoamento que o Endofill. Siqueira Jr. et al. (2000) mostraram que o AH Plus e o cimento Kerr Pulp Canal Sealer EWT obtiveram maior fluidez que os cimentos de Grossman, ThermaSeal, Sealer 26 e Sealer Plus; e em 2001, Siqueira Júnior, Rôças e Valois mostraram que houve menor infiltração com o Sealer 26 quando comparado aos outros cimentos, exceto para o AH Plus. Eldeniz, Erdemir e Belli (2005) observaram maiores valores de força de cisalhamento quando comparados aos cimentos Diaket e Endo-Rez. Saleh et al. (2002) também encontraram maiores valores de força de tração quando comparados a outros cimentos. De Deus et al. (2002) avaliando a capacidade de penetração de quatro cimentos endodônticos nos túbulos dentinários, através de Microscopia Eletrônica de Varredura, observaram diferentes profundidades de penetração entre os cimentos testados, destacando que o AH Plus penetrou cerca de 85µm nos túbulos. A superfície externa do cimento AH Plus se mostrou suave e granular, com excepcional presença de poros, que possuíam diâmetro de 5µm; já a superfície submetida à fratura apresentou-se granular, com a presença de vacúolos que não

excediam 80µm de diâmetro (MUTAL; GANI, 2005). O cimento AH Plus mostrou maior adaptação às paredes dos canais e ao material obturador do que o cimento à base de hidróxido de cálcio (Apexit), quando se usou o método de infiltração coronária bacteriana (TIMPAWAT; AMORNCHAT; TRISUWAN, 2001). Yücel et al. (2006), também utilizando infiltração bacteriana, observaram que não houve diferença estatística entre os cimentos AH 26, AH Plus, Sealapex e Ketac-Endo nos períodos de 30 e 60 dias. De Almeida et al. (2000) obtiveram menor infiltração do cimento AH Plus em relação aos cimentos Fill Canal e Ketac-Endo quando se utilizou penetração de corantes. Kopper et al. (2003), também utilizando penetração de corantes, mostraram que o AH Plus apresentou o menor grau de infiltração quando comparado aos cimentos Sealer 26 e Endofill. Sevimay e Kalayci (2005) concluíram que o AH Plus mostrou menor infiltração que o Endo-REZ, adaptando-se melhor à dentina no terço apical que este outro cimento.

A infiltração apresentada no grupo guta-percha/AH Plus desta pesquisa pode ser justificada pelos estudos de Zmener et al. (1997), que avaliando a infiltração de corante entre os cimentos AH 26 e AH Plus, observaram que a penetração de corante ocorreu na interface entre o cimento e a dentina na maioria dos espécimes. Alguns dentes obturados com o cimento AH Plus mostraram infiltração através da massa do cimento, sendo mais evidente nos períodos de 4 e 10 dias de observação. O tempo de presa mais rápido do AH Plus e seu superior stress de contração podem produzir desunião das paredes da dentina e a maior infiltração detectada em todos os períodos de imersão. A capacidade de selamento do AH Plus pode ser influenciada por outros fatores, como a presença de óleos de silicone que podem evitar o molhamento das paredes dos canais e aderirem pobremente à dentina úmida, resultando em pequena adaptação do material às paredes do canal (ORUCOGLU; SENGUN; YILMAZ, 2005). Çobankara et al. (2006), avaliando o selamento apical de diferentes cimentos endodônticos, mostraram o melhor selamento com o Sealapex quando comparado com o AH Plus no período de 21 dias.

A infiltração apresentada pelo Sistema Resilon/Epiphany ficou confinada ao terço apical com médias de infiltração de 2,09mm para a técnica de condensação lateral e 1,91mm para técnica Híbrida. Esses achados de infiltração apical para o Resilon/Epiphany estão de acordo com os trabalhos de Tay et al. (2005b) que comparando a qualidade ultra-estrutural do selamento apical alcançado com o

Resilon/Epiphany ou gutapercha/AH Plus observaram que a Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) mostrou tanto regiões livres de gaps quanto com a presença de gaps em canais preenchidos com ambos os materiais. A Microscopia Eletrônica de Transmissão (MET) revelou a presença de depósitos de prata ao longo da interface cimento/camada híbrida no grupo Resilon/Epiphany, e entre o cimento AH Plus/gutapercha no grupo controle, sendo que a infiltração em ambos os grupos estava confinada aos 4mm apicais. Já Benzley, Liu e Williamson (2005), avaliando a interface dentina/Resilon através de MEV, mostraram que os dentes obturados com Resilon apresentaram visível penetração do material obturador dentro dos túbulos dentinários, sendo que o número de túbulos obturados foi muito maior na região coronária, e casualmente não foram encontrados túbulos obturados na região apical. Biggs et al. (2006), comparando a capacidade de selamento da gutapercha com os cimentos Roth e AH Plus, em diferentes tempos de presa, mostraram que o Resilon/Epiphany não se apresentou melhor do que a gutapercha. Onay, Ungor e Orucoglu (2006), utilizando o sistema de filtração de fluidos, indicaram que o Sistema Resilon/Epiphany não foi superior à gutapercha/cimento na avaliação da infiltração apical. Ungor, Onay e Orucoglu (2006) encontraram baixos valores de força adesiva para o Sistema Resilon/Epiphany em comparação com gutapercha/AH Plus; a inspeção da superfície submetida ao teste *push-out*, demonstrou que a falha na adesão foi principalmente adesiva para a dentina, especulando-se que o cimento Epiphany se ligaria mais fortemente ao Resilon que à dentina. Skidmore, Berzins e Bahcall (2006), também utilizando o teste *push-out*, encontraram que a média de força adesiva para a dentina radicular foi significativamente mais alta no grupo Resilon/Epiphany comparado com a gutapercha/ Kerr Pulp Canal Sealer EWT, mas a avaliação através de Microscopia Eletrônica de Varredura mostrou que o Resilon ainda não foi capaz de formar um completo monobloco em algumas áreas. Esse achado sugere que o ponto fraco da obturação com Resilon reside na interface cimento/dentina, visto que 14 dos 15 espécimes mostraram falhas adesivas nesta área.

O terço apical radicular ainda apresenta um grande desafio para qualquer material adesivo, como é o caso do Sistema Resilon/Epiphany. Mjör et al. (2001) realizando um estudo descritivo histológico do terço apical, concluíram que o baixo número de túbulos dentinários e estrutura irregular da dentina secundária, e a presença de tecido parecido com cimento na parede do canal radicular, resultaria

em pequena penetração dos adesivos na dentina radicular comparada com a coronária. Assim, a camada híbrida se tornaria a parte mais importante dos sistemas adesivos na região apical do canal radicular que na coronária.

O fator C (proporção entre a área de superfície aderida sobre a área de superfície não aderida, ou configuração da cavidade) em canais radiculares é outro obstáculo para a produção de obturação livre de gaps. A força de contração de polimerização pode exceder a força de adesão à dentina, permitindo a desunião de um lado da obturação para aliviar o stress (TAY et al., 2005a). Durante a polimerização, o volume de monômeros é reduzido, o que cria suficiente stress de contração para separar o material da dentina, diminuindo assim a retenção e aumentando a infiltração. Quando a espessura do adesivo é reduzida, o volume de contração é reduzido, que resulta na redução do stress de contração (fator S) (FERRACANE, 2005).

Também seria preocupante o fato de o polycaprolactone, matéria-prima na formulação dos cones de Resilon, ser susceptível à hidrólise enzimática e alcalina, servindo assim de nutrientes para aquelas bactérias que permaneceram viáveis após o preparo químico-mecânico dos canais radiculares (TAY et al., 2005c, 2005d). Assim, nos casos de necropulpectomia, deve-se promover uma desinfecção completa do sistema de canais radiculares antes de sua obturação, exatamente para evitar que essas bactérias viáveis possam permanecer ativas e proliferar nesses espaços vazios, desenvolvendo uma lesão periapical ou perpetuando uma préexistente. Wang, Debelian e Teixeira (2006) mostraram que o hidróxido de cálcio não alterou o sistema de canais obturados com Resilon/Epiphany, sendo uma opção de curativo de demora nos casos de dentes infeccionados. Avaliando as propriedades físico-químicas do cimento Epiphany, Versiani et al. (2006) mostraram que os valores de solubilidade (3,41%) e alteração dimensional (expansão 8,1%) estavam mais altos do que aqueles considerados aceitáveis pela ADA, sendo que o cimento Epiphany mostrou uma extensiva liberação de cálcio, elevando assim o pH do meio.

## 7 CONCLUSÕES

- Avaliando-se o material obturador empregado (guta-percha/cimento ou Sistema Resilon/Epiphany), a gutapercha/cimento apresentou um maior número de raízes com ausência de infiltração apical, apresentando assim um melhor vedamento.
- A infiltração apresentada pelo Sistema Resilon/Epiphany ficou confinada ao terço apical, diferentemente da gutapercha/cimento que apresentou valores altos de infiltração.
- A técnica Híbrida de Tagger não apresentou diferença em relação à técnica de condensação lateral para ambos os materiais empregados, podendo ser utilizada para termoplastificação dos cones obturadores utilizados no Sistema Resilon/Epiphany com resultados satisfatórios.
- Através da visualização dos cortes transversais em Microscopia Óptica, pode-se observar uma maior desadaptação do Sistema Resilon/Epiphany em relação à gutapercha/cimento, com a presença de fendas que poderiam justificar o maior número de raízes infiltradas observadas com esse material.
- Mais estudos serão necessários para avaliar o desempenho do Sistema Resilon/Epiphany no terço radicular apical, bem como a significância clínica da infiltração apresentada por esse material.

## 8 REFERÊNCIAS

- AHLBERG, K. M. F.; ASSAVANOP, P.; TAY, W. M. A comparison of the apical dye penetration patterns shown by methylene blue and India ink in root-filled teeth. **Int. Endod. J.**, v. 28, p. 30-34, 1995.
- ALONSO, F. S.; GOMES, C. C.; FREITAS, L. F.; GOMES, I. C.; PINTO, S. S.; PENINA, P. Análise comparativa do escoamento de dois cimentos endodônticos: Endofill e AH Plus. **UFES Rev. Odontol.**, v. 7, n.1, p. 48-54, 2005.
- APTEKAR, A.; GINNAN, K. Comparative analysis of microleakage and seal for 2 obturation materials: Resilon/Epiphany and gutta-percha. **J. Can. Dent. Assoc.**, v. 72, n. 3, p. 215, 2006.
- BARBIZAM, J. V. B. **Estudo “in vitro” da infiltração marginal apical em canais radiculares obturados.** Tese (Doutorado). Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto, São Paulo, 2001.
- BARNETT, F.; TROPE, M. Adhesive endodontics. Combining technologies for enhanced success. **DentalTown**. Disponível em: <<http://www.dentaltown.com>>. Acesso em: 15 abr. 2006.
- BEHREND, G. D.; CUTLER, C. W.; GUTMANN, J. L. An in vitro study of smear layer removal and microbial leakage along root-canal fillings. **Int. Endod. J.**, v. 29, n. 2, p. 99-107, 1996.
- BENZLEY, L. P.; LIU, J. C.-H; WILLIAMSON, A. E. **Characterization of tubule penetration using Resilon: a soft-resin obturation system.** Disponível em: <http://jadr.confex.com/jadr/2005Balt/techprogram/abstract63582.htm>. Acesso em: 22 março 2005.
- BIER, C. A. S.; WOLLE, C. F. B.; CARVALHO, M. G. P.; PEREZ, G. P.; LIMANA, M. D.; ALVES, S. S. Obturação termodinâmica de canais radiculares com compactador de MCSPADDEN. **Revista Dentística on line**, ano 5, n.11, jan./jun. 2005. Disponível em: <http://www.ufsm.br/dentisticaonline>. Acesso em: 28 nov. 2005.
- BIGGS, S. G.; KNOWLES, K. I.; IBARROLA, J. L.; PASHLEY, D. H. An in vitro assessment of sealing ability of Resilon/Epiphany using fluid filtration. **J Endod.**, v. 32, n. 8, p. 759-761, 2006.

BOUILLAGUET, S.; WATAHA, J. C.; TAY, F. R.; BRACKETT, M. G.; LOCKWOOD, P. E. Initial in vitro biological response to contemporary endodontic sealers. **J. Endod.**, v. 32, n. 10, p. 989-992, 2006.

BRAMANTE, C. M.; BERBERT, A.; TANOMARU FILHO, M.; MORAES, I. G. Comparative study of some root canal filling techniques. **Rev. Bras. Odontol.**, v. 46, n. 5. p. 26-35, 1989.

BRANDÃO, C. G.; MORAES, I. G.; BRAMANTE, C. M. Apical sealing ability of ionomeric endodontic sealers. **Rev. FOB**, v. 9, p. 29-34, 2001.

BRITTO, L. R.; BORER, R. E.; VERTUCCI, F. J.; HADDIX, J.; GORDAN, V. Comparison of the apical seal obtained by a dual-cure resin based cement or an epoxy resin sealer with or without the use of an acidic primer. **J. Endod.**, v. 28, n.10, p. 721-723, 2002.

CAMPS, J.; PASHLEY, D. Reliability of the dye penetration studies. **J. Endod.**, v. 29, n. 9, p. 592-594, 2003.

CARVALHO, R. M.; CARRILHO, M. R. O.; PEREIRA, L. C. G.; GARCIA, F. C. P.; MARQUEZINI Jr., L.; ANDRADE E SILVA, S. M.; KUSSMAUL, A. P. M. Sistemas adesivos: fundamentos para aplicação clínica. **Biodonto**; v. 2, n. 1, p. 1-89, jan./fev., 2004.

CHIVIAN, N. Resilon - The missing link in sealing the root canal. **Compendium**, v. 25, n. 10, p. 823-825, Oct. 2004.

CRUZ, R. M.; BARBOSA, S. V. Analysis of the thermomechanics techniques of root canal obturation: McSpadden, hybrid and mixed. **ROBRAC**, v. 4, n. 11, p. 23-28, Jun. 1994.

ÇOBANKARA, F. K.; ORUCOGLU, H; SENGUN, A.; BELLİ, S. The quantitative evaluation of apical sealing of four endodontic sealers. **J. Endod.**, v. 32, n. 1, p. 66-68, Jan. 2006.

DANDAKIS, C.; KALIVA, M.; LAMBRIANIDIS, T.; KOSTI, E. An in vitro comparison of the sealing ability of three endodontic sealers used in canals with iatrogenic enlargement of the apical constriction. **J. Endod.**, v. 31, p.190-193, 2005.

DE ALMEIDA, W. A.; LEONARDO, M. R.; TANOMARU FILHO, M.; SILVA, L. A. Evaluation of apical sealing of three endodontic sealers. **Int. Endod. J.**, v.3, n., p.25-27, Jan. 2000.

DE DEUS, G.; COUTINHO-FILHO, T.; REIS, C.; MURAD, C.; PACIORNIK, S. Polymicrobial leakage of four root canal sealers at two different thicknesses. **J. Endod.**, v. 32, n. 10, p. 998-1001, Oct. 2006.

DE DEUS, G.; GURGEL FILHO, E. D.; FERREIRA, C. M.; COUTINHO FILHO, T. Intratubular penetration of root canal sealers. **Pesq. Odontol. Bras.**, v.16, n. 4, p. 332-336, 2002.

DE MOOR, R. J.; DE BOEVER, J. G. The sealing ability of an epoxy resin root canal sealer used with five gutta-percha obturation techniques. **Endod. Dent. Traumatol.**, v. 16, p. 291-297, Dec. 2000.

DE MOOR, R. J.; DE BRUYNE, M. A. The long-term sealing ability of AH 26 and AH Plus used with three gutta-percha obturation techniques. **Quintessence Int.**, v. 35, n. 4, p. 326-331, Apr. 2004.

DE MOOR, R. J. G.; HOMMEZ, G. M. G. The long-term sealing ability of an epoxy resin root canal sealer used with five gutta-percha obturation techniques. **Int. Endod. J.**, v. 35, n. 3, p. 275-282, Mar. 2002.

DE MOOR, R. J.; MARTENS, L. C. Apical microleakage after lateral condensation, hybrid gutta-percha condensation and Soft-Core obturation: an in vitro evaluation. **Endod. Dent. Traumatol.**, v. 15, n. 5, p. 239-243, Oct. 1999.

DUARTE, M. A. H.; ALONSO, F. S.; GOMES, C. C.; FREITAS, L. F.; GOMES, I. C.; PINTO, S. S.; PENINA, P. **Análise qualitativa da obturação dos sistemas de canais radiculares em função da integração entre cimento obturador e técnica.** Disponível em: <http://www.amo.org.br/artigos/41/01.htm> . Acesso em: 27 mar. 2006.

ECONOMIDES, N; LIOLIOS, E.; KOLOKURIS, I.; BELTES, P. Long-term evaluation of the influence of smear layer removal on the sealing ability of different sealers. **J. Endod.**, v. 25, n. 2, p. 123-125, 1999.

ELDENIZ, A. U.; ERDEMIR, A.; BELLI, S. Shear bond strength of three resin based sealers to dentin with and without the smear layer. **J. Endod.**, v. 31, n. 4, p. 293-296, 2005.

EPLEY, S. R.; FLEISCHMAN, J.; HARTWELL, G.; CICALESE, C. Completeness of root canal obturations: Epiphany techniques versus gutta-percha techniques. **J. Endod.**, v. 32, n. 6, p. 541-544, June 2006.

EZZIE, E.; FLEURY, A.; SOLOMON, E.; SPEARS, R.; HE, J. Efficacy of retreatment techniques for a resin-based root canal obturation material. **J. Endod.**, v. 32, n. 4, p. 341-344, Apr. 2006.

FACER, S. R.; WALTON, R. E. Intracanal distribution patterns of sealers after lateral condensation. **J. Endod.** v. 29, n.12, p. 832-834, 2003.

FERRACANE, J. L. Developing a more complete understanding of stresses produced in dental composites during polymerization. **Dental Mat.**, v. 21, p. 36-42, 2005.

FREITAS, R. M.; CECÍLIA, M. S.; MORAES, I. G.; DUARTE, M. A. H.; ARAÚJO, M. C. P. In vitro evaluation of the root filling sealing using the Tagger's hybrid techniques. **Rev. Bras. Odontol.**, v. 53, n. 5, p. 2-5, set./out. 1996.

GAMBARINI, G.; PONGIONE, G. Apical leakage of a new obturation technique. **J. Endod.**, PR. 42, v. 31, n. 3, p. 243, Mar. 2005.

GESI, A.; RAFFAELLI, O.; GORACCI, C.; PASHLEY, D. H.; TAY, F. R.; FERRARI, M. Interfacial strength of Resilon and gutta-percha to intraradicular dentin. **J. Endod.**, v. 31, n.11, p. 809-813, Nov. 2005.

GILBERT, S. D.; WITHRSPOON, D. E.; BERRY, C. W. Coronal leakage following three obturation techniques. **Int. Endod. J.**, v. 34, n. 4, p. 293-299, June 2001.

GOGOS, C.; STAVRIANOS, C.; KOLOKOURIS, I.; PAPADOYANNIS, I.; ECONOMIDES, N. Shear bond strength of AH-26 root canal sealer to dentine using three dentine bonding agents. **J. Dent.**, v. 31, p. 321-326, 2003.

GOLDBERG, F.; ARTAZA, L. P.; DE SILVIO, A. Effectiveness of different obturation techniques in the filling of simulated lateral canals. **J. Endod.**, v. 27, n. 5, p. 262-264, May, 2001.

GOLDBERG, F.; MASSONE, E. J.; ESMORIS, M.; ALFIE, D. Comparison of different techniques for obturating experimental internal resorptive cavities. **Endod. Dent. Traumatol.**, v. 16, n. 3, p. 116-121, Jun, 2000.

HIRAISHI, N.; PAPACCHINI, F.; LOUSHINE, R. J.; WELLER, R. N.; FERRARI, M.; PASHLEY, D. H.; TAY, F. R. Shear bond strength of Resilon to a methacrylate-based root canal sealer. **Int. Endod. J.**, v. 38, n. 10, p. 753-763, 2005.

ISCI, S.; YOLDAS, O.; DUMANI, A. Effects of sodium hypochlorite and chlorhexidine solutions on Resilon (synthetic polymer based root canal filling material) cones: an atomic force microscopy study. **J. Endod.**, v. 32, n. 10, p. 967-969, Oct. 2006.

KEY, J. E.; RABEMTULLA, F. G.; ELEAZER, P. D. Cytotoxicity of a new root canal filling material on human gingival fibroblasts. **J. Endod.**, v. 32, n. 8, p. 756-758, Aug. 2006.

KONTAKIOTIS, E. G.; WU, M-K.; WESSELINK, P. R. Effect of sealer thickness on long-term sealing ability: a 2-year follow-up study. **Int. Endod. J.**, v. 30, p. 307-312, 1997.

KOPPER, P. M. P.; FIGUEIREDO, J. A. P.; DELLA BONA, A.; VANNI, J. R.; BIER, C. A.; BOPP, S. Comparative in vivo analysis of the sealing ability of three endodontic sealers in post-prepared root canals. **Int. Endod. J.**, v. 36, n. 12, p. 857-863, 2003.

KOUVAS, V.; LIOLIOS, E.; VASSILIADIS, L.; PARISSIS-MESSIMERIS, S.; BOUTSIOUKIS, A. Influence of smear layer on depth of penetration of three endodontic sealers: an SEM study. **Endod. Dent. Traumatol.**, v. 14, p. 191-195, 1998.

LEONARD, J. E.; GUTMANN, J. L.; GUO, I. Y. Apical and coronal seal of roots obturated with a dentine bonding agent and resin. **Int. Endod. J.**, v.29, n.2, p. 76-83, Mar. 1996.

LIPSKI, M. Root surface temperature rises in vitro during root canal obturation using hybrid and Microseal techniques. **J. Endod.**, v. 31, n. 4, p. 297-300, Apr. 2005.

LUCENA-MARTÍN, C.; FERRER-LUQUE, C. M.; GONZALEZ-RODRIGUEZ, M. P.; ROBLES-GIJON, V.; NAVAJAS-RODRIGUEZ DE MONDELO, J. M. A comparative study of apical leakage of Endomethasone, top seal, and Roeko seal sealer cements. **J. Endod.**, v. 28, p. 423-426, 2002.

MALTEZOS, C.; GLICKMAN, G. N.; EZZO, P.; HE, J. Comparison of the sealing of Resilon, Pro Root MTA, and Super-EBA as root-end filling materials: a bacterial leakage study. **J. Endod.**, v. 32, n. 4, p. 324-327, Apr. 2006.

MALVAR, M. F. G.; GOMES, M. R.; PEREIRA, M. R. S. Estudo da anatomia interna dos incisivos inferiores através da diafanização. **J. Bras. Endod.**, v. 3, n. 10, p. 202-207, 2002.

MANNOCCI, F; FERRARI, M. Apical seal of roots obturated with laterally condensed gutta-percha, epoxy resin cement, and dentin bonding agent. **J. Endod.**, v. 24, n. 1, p. 41-44, Jan. 1998.

MANNOCCI, F; INNOCENTI, M; FERRARI, M. Stereomicroscopic and scanning electron microscopic study of roots obturated with vertically condensed gutta-percha, epoxy resin cement, and dentin bonding agent. **J. Endod.**, v. 24, n. 6, p. 397-400, June 1998.

MCMICHEN, F. R. S.; PEARSON, G.; RAHBARAN, S.; GULABIVALA, K. A comparative study of selected physical properties of five root-canal sealers. **Int. Endod. J.**, v. 35, p. 629-625, 2003.

MILETIĆ, I.; ANIĆ, I.; PEZELJ-RIBARIĆ, S.; JUKIĆ, S. Leakage of five root canal sealers. **Int. Endod. J.**, v. 32, p. 415-418, 1999.

MINER, M. R.; BERZINS, D. W.; BAHCALL, J. K. A comparison of thermal properties between gutta-percha and a synthetic polymer based root canal filling material (Resilon). **J. Endod.**, v.32, n.7, p.683-686, July, 2006.

MJÖR, I. A.; SMITH, M. R; FERRARI, M.; MANNOCCI, F. The structure of dentine in the apical region of human teeth. **Int. Endod. J.**, v. 34, p. 346-353, 2001.

MORAES, I. G.; BETTI, L. V.; KOTSUBO, A. M.; YOSHIZAWA, M. T. Tagger hybrid technique: compactor best level performance. **RGO**, Porto Alegre v. 48, n. 3, p. 141-144, jul./set. 2000.

MORAES, S. H.; ARAGÃO, E. M.; HECK, A. R.; SILVA, M. I.; COSTA, M. C. Characteristics of some techniques of root canal fillings. **DENS**, v. 11, p. 7-13, jan./dez., 1995.

MOUNCE, R.; GLASSMAN, G. Bonded endodontic obturation: another quantum leap for endodontics. **Oral Health** v. 94, n. 7, July 2004. Disponível em: <http://www.oralhealthjournal.com>. Acesso em: 29 jul. 2005.

MUTAL, L.; GANI, O. Presence of pores and vacuoles in set endodontic sealers. **Int. Endod. J.**, v. 38, n. 10, p. 690-696, Oct. 2005.

NAHMIAS, Y.; SEROTA, K. S.; WATSON Jr., W. R. Predictable endodontic success: Part II – microstructural replication. **Oral Health** v. 93, Dec. 2003. Disponível em: <http://www.oralhealthjournal.com>. Acesso em: 7 nov. 2005.

NIELSEN, B. A.; BAUMGARTNER, J. C. Spreader penetration during lateral compaction of Resilon and gutta-percha. **J. Endod.**, v. 32, n. 1, p. 52-54, Jan. 2006.

NIELSEN, B. A.; BEELER, W. J.; VY, C.; BAUMGARTNER, J. C. Setting times of Resilon and other sealers in aerobic and anaerobic environments. **J. Endod.**, v. 32, n. 2, p. 130-132, Feb. 2006.

OLIVEIRA, D. P.; BARBIZAM, J. V. B.; TROPE, M.; TEIXEIRA, F. B. Comparison between gutta-percha and Resilon removal using two different techniques in Endodontic retreatment. **J. Endod.**, v. 32, n. 4, p. 362-364, Apr. 2006.

ONAY, E. O.; UNGOR, M.; ORUCOGLU, H. An in vitro evaluation of the apical sealing ability of a new resin-based root canal obturation system. **J. Endod.**, v. 32, n. 10, p. 976-978, Oct. 2006.

ØRSTAVIK, D.; NORDAHL, I.; TIBBALLS, J. E. Dimensional change following setting of root canal sealer materials. **Dental Mat.**, v.17, p. 512-519, 2001.

ORUCOGLU, H.; SENGUN, A.; YILMAZ, N. Apical leakage based root canal sealers with a new computerized fluid filtration meter. **J. Endod.** v. 31, n. 12, p. 886-890, 2005.

PEREIRA, A. J. A.; FIDEL, R. A. S.; FIDEL, S. R.; SOUZA, M. I. C. Roentgenographic evaluation of the apical displacement of root canal obturation provided by the McSpadden compactor on Tagger's hybrid technique. **Rev. Bras. Odontol.**, v. 56, n. 6, p. 264-267, nov./dez., 1999.

PITOUT, E.; OBERHOLZER, T. G.; BLIGNAUT, E.; MALEPO, J. Coronal leakage of teeth root-filled with gutta-percha or Resilon root canal filling material. **J. Endod.**, v. 32, n. 9, p. 879-881, Sept. 2006.

POIATE, I. A. V. P.; BARBOSA, C. A. M.; PINHO, M. A. B.; VASCONCELLOS, A. B.; POIATE JUNIOR, E. Quantitative in vitro analysis of the filling of lateral canals. **Rev. Bras. Odontol.**, v. 62, n. 1/2, p. 85-88, 2005.

POMMEL, L.; ABOUT, I.; PASHLEY, D.; CAMPS, J. Apical Leakage of four endodontic sealers. **J. Endod.**, v. 29, n. 3, p. 208-210, Mar. 2003.

RAWLINSON, A. sealing root canals with low-viscosity resins in vitro: A scanning electron microscopy study of canal cleansing and resin adaption. **Oral Surg. Oral Méd. Oral Pathol.**, v. 68, p. 330-338, 1989.

ROLIM, Z. F.; INTERLICHE, R. **Técnica híbrida de Tagger: uma opção para obturação de canais radiculares.** Disponível em: <<http://www.aonp.org.br/fso/revista6/rev616htm>>. Acesso em: 25 maio 2005.

SALEH, I. M.; RUYTER, I. E.; HAAPASALO, M.; ORSTAVIK, D. The effects of dentine pretreatment on the adhesion of root-canal sealers. **Int. Endod. J.**, v. 35, n. 10, p. 859-866, Oct. 2002.

SCHAFER, E.; OLTHOFF, G. Effect of three different sealers on the sealing ability of both Thermafil obturators and cold laterally compacted gutta-percha. **J. Endod.**, v. 28, n. 9, p. 638-642, 2002.

SCHIRRMEISTER, J. F.; MEYER, K. M.; HERMANN, P.; ALTENBURGER, M. J.; WRBAS, K. T. Effectiveness of hand and rotary instrumentation for removing a new synthetic polymer-based root canal obturation material (Epiphany) during retreatment. **Int. Endod. J.**, v. 39, p. 150-156, 2006a.

SCHIRRMEISTER, J. F.; HERMANN, P.; MEYER, K. M.; GOETZ, F.; HELLWIG, E. Detectability of residual Epiphany and gutta-percha after root canal retreatment using a dental operating microscope and radiographs – an ex vivo study. **Int. Endod. J.**; v. 39, p. 558-565, 2006b.

SKIDMORE, L. J.; BERZINS, D. W.; BAHCALL, J. K. An in vitro comparison of the intraradicular dentin bond strength of Resilon and gutta-percha. **J. Endod.**, v. 32, n. 10, p. 963-966, Oct. 2006.

SEVIMAY, S.; KALAYCI, A. Evaluation of apical sealing ability and adaptation to dentine of two resin-based sealers. **J. Oral Rehabil.**, v. 32, n. 2, p. 105-110, 2005.

SHIPPER, G.; ØRSTAVIK, D.; TEIXEIRA, F. B.; TROPE, M. An evaluation of microbial leakage in roots filled with a thermoplastic synthetic polymer-based root canal filling material (Resilon). **J. Endod.**, v. 30, n. 5, p. 342-347, May 2004.

SHIPPER, G.; TEIXEIRA, F. B.; ARNOLD, R. A.; TROPE, M. Periapical inflammation after coronal microbial inoculation of dog roots filled with gutta-percha or Resilon. **J. Endod.**, v.31, n.2, p.91-95, Feb. 2005.

SILVA NETO, U. X.; BROCHADO, V. H. D.; GONÇALVES JUNIOR, J. F.; WESTPHALEN, V. P. D.; MORAES, I. G. Selamento apical com as técnicas de Tagger e System B. **Rev. Fac. Odontol. Bauru**, v. 9, n. 3/4, p. 145-149, jul./dez, 2001.

SIQUEIRA JÚNIOR, J. F. Avaliação do selamento apical produzido pelas técnicas do canal finder, da compressão hidráulica e híbrida de Tagger. **Rev. Bras. Odontol.**, v. 52, n. 1, p. 19-21, jan./fev. 1995.

SIQUEIRA JÚNIOR, J. F.; FAVIERI, A.; GAHYVA, S. M. M.; MORAES, S. R.; LIMA, K. C.; LOPES, H. P. Antimicrobial activity and flow rate of newer and established root canal sealers. **J. Endod.**, v. 26, n. 5, p. 274-277, May 2000.

SIQUEIRA JÚNIOR, J. F.; RÔÇAS, I. N.; VALOIS, C. R. Apical sealing ability of five endodontic sealers. **Aust. Endod. J.**, v. 27, n. 1, p. 33-35, Apr. 2001.

SIQUEIRA JÚNIOR, J. F.; RÔÇAS, I. N.; LOPES, H. P. Materiais obturadores. In: LOPES, H. P.; SIQUEIRA JUNIOR, J. F. **Endodontia biologia e técnica**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004. cap. 20, p. 619-643.

SOUSA, C. J. A.; MONTES, C. R. M.; PASCON, E. A.; LOYOLA, A. M.; VERSIANI, M. A. Comparison of the intraosseus biocompatibility of AH Plus, EndoREZ, and Epiphany root canal sealers. **J. Endod.**, v. 32, n. 7, p. 656-662, July 2006.

SOUZA, R. A.; SILVA, S. J. A. Interferência da camada residual no selamento apical. **Rev. Bras. Odontol.**, v. 58, n. 1, p. 16-19, jan./fev. 2001.

SOUZA, R. A. Análise crítica do papel da obturação no tratamento endodôntico. **J. Bras. Endod.**, v. 6, n. 23, p. 29-39, 2006.

STRATTON, R. K.; APICELLA, M. J.; MINES, P. A fluid filtration comparison of gutta-percha versus Resilon: a new soft resin obturation system. **J. Endod.**, v. 32, n.7, p. 642-645, July 2006.

STUART, C. H.; SCHWARTZ, S. A.; BEESON, T. J. Reinforcement of immature roots with a new resin filling material. **J. Endod.**, v. 32, n. 4, p. 350-353. Apr. 2006.

TAGGER, M.; TAMSE, A.; KATZ, A.; KORZEN, B. H. Evaluation of the apical seal produced by a hybrid root canal filling method, combining lateral condensation and thermatic compaction. **J. Endod.**, v.10, n.7, p.299-303, July 1984.

TAY, F. R.; LOUSHINE, R. J.; LAMBRECHTS, P.; WELLER, R. N.; PASHLEY, D. H. Geometric factors affecting dentin bonding in root canals: a theoretical modeling approach. **J. Endod.**, v. 31. n. 8, p. 584-588, Aug. 2005a.

TAY, F. R.; LOUSHINE, R. J.; WELLER, R. N.; KIMBROUGH, W. F.; PASHLEY, D. H.; MAK, Y. F.; LAI, C. N ; RAINA, R.; WILLIAMS, M. C. Ultrastructural evaluation of the apical seal in roots filled with a polycaprolactone-based root canal filling material. **J. Endod.**, v. 31, n. 7, p. 514-519, July 2005b.

TAY, F. R.; PASHLEY, D. H.; YIU, C. K.; YAU, J. Y.; YIU-FAI, M.; LOUSHINE, R. J.; WELLER, R. N.; KIMBROUGH, W. F.; KING, N. M. Susceptibility of a polycaprolactone-based root canal filling material to degradation. II. Gravimetric evaluation of enzymatic hydrolysis. **J. Endod.**, v. 31, n. 10, p. 737-741, Oct. 2005c.

TAY, F. R.; PASHLEY, D. H.; WILLIAMS, M. C.; RAINA, R.; LOUSHINE, R. J.; WELLER, R. N.; et al., Susceptibility of a polycaprolactone-based root canal filling material to degradation. I. Alkaline Hydrolysis. **J. Endod.**, v. 31, n. 8, p. 593-598, Aug., 2005d.

TAY, F. R.; HIRAISHI, N.; PASHLEY, D. H.; LOUSHINE, R. J.; WELLER, R. N.; GILLESPIE, W. T.; DOYLE, M. D. Bondability of Resilon to a methacrylate-based root canal sealer. **J. Endod.**, v. 32, n. 2, p. 133-137, Feb. 2006.

TEIXEIRA, F. B.; TEIXEIRA, E. C. N.; THOMPSON, J. Y.; LEINFELDER, K. F.; TROPE, M. Dentinal bonding reaches the root canal system. **J. Esthet. Dent.**, v.16, n. 6, p. 1-7, 2004a.

TEIXEIRA, F. B.; TEIXEIRA, E. C.; THOMPSON, J. Y.; TROPE, M. Fracture resistance of roots endodontically treated with a new resin filling material. **J. Am. Dent. Assoc.**, v. 135, n. 5, p. 646-652, May 2004b.

TIMPAWAT, S.; AMORNCHAT, C.; TRISUWAN, W-R. Bacterial coronal leakage after obturation with three root canal sealers. **J. Endod.**, v. 27, n. 1, p. 36-39, Jan. 2001.

TIMPAWAT, S.; VONGSAVAN, N.; MESSER, H. H. Effect of removal of the smear layer on apical microleakage. **J. Endod.**, v. 27, n. 5, p. 351-353, May 2001.

TUNGA, U.; BODRUMLU, E. Assessment of sealing ability of a new root canal obturation material. **J. Endod.**, v.2, n.9, p.876-878, Sept. 2006.

UNGOR, M.; ONAY, E. O.; ORUCOGLU, H. Push-out bond strengths: the Epiphany-Resilon endodontic obturation system compared with different pairings of Epiphany, Resilon, AH plus and gutta-percha. **Int. Endod. J.**, v. 39, p. 643-647, 2006.

VALE, M. S. **Avaliação em microscopias óptica e eletrônica de varredura da adaptação de três cimentos endodônticos à dentina radicular submetida à ação prévia do laser de Er:YAG, EDTA e solução salina fisiológica.** Tese (Doutorado)- Faculdade de Odontologia de Baurú, São Paulo, 2001.

VALOIS, C. R. A; CASTRO, A. J. R. Comparação do selamento apical promovido por quatro cimentos endodônticos. **J. Bras. Endod.**, v. 3, n. 11, p. 317-322, 2002.

VERÍSSIMO, D. M.; VALE, M. S. Methodologies for assessment of apical and coronal leakage of endodontic filling materials: a critical review. **J. Oral Sci.**, v. 48, n. 3, p. 93-98, Sept. 2006.

VERSIANI, M. A; CARVALHO-JUNIOR, J. R.; PADILHA, M. I. A. F.; LACEY, S.; PASCON, E. A.; SOUSA-NETO, M. D. A comparative study of physicochemical properties of AH Plus and Epiphany root canal sealants. **Int. Endod. J.**, v. 39, p. 464-471, 2006.

VON FRAUNHOFER, J. A.; FAGUNDES, D. K.; MCDONALD, N. J.; DUMSHA, T. C. The effect of root canal preparation on microleakage within endodontically treated teeth: an in vitro study. **Int. Endod. J.**, v. 33, p. 355-360, 2000.

WANG, C. S.; DEBELIAN, G. J.; TEIXEIRA, F. B. Effect of intracanal medicament on the sealing ability of root canals filled with Resilon. **J. Endod.**, v. 32, n. 6, p. 532-536, June 2006.

WILLIAMS, C.; LOUSHINE, R. J.; WELLER, R. N.; PASHLEY, D. H.; TAY, F. R. A comparison of cohesive strength and stiffness of Resilon and gutta-percha. **J. Endod.**, v. 32, n. 6, p. 553-555, June 2006.

YÜCEL, A. C.; GÜLER, E.; GÜLER, A. U.; ERTAS, E. Bacterial penetration after obturation with four different root canal sealers. **J. Endod.**, v. 32, n. 9, p. 890-893, Sept. 2006.

ZIDAN, O.; ELDEEB, M. E. The use of a dentinal bonding agent as a root canal sealer. **J. Endod.**, v. 11, n. 4, p. 176-178, Apr. 1985.

ZMENER, O.; SPIELBERG, C.; LAMBERGHINI, F.; RUCCI, M. Sealing properties of a new epoxy resin-based root-canal sealer. **Int. Endod. J.**, v. 30, n. 5, p. 332-334, Sept. 1997.

Journal of Oral Science, Vol. 48, No. 3, 93-98, 2006

Review

## Methodologies for assessment of apical and coronal leakage of endodontic filling materials: a critical review

Denusa Moreira Veríssimo and Mônica Sampaio do Vale

Department of Dental Clinic, Dentistry School,  
Federal University of Ceará, Ceará, Brazil

(Received 2 March and accepted 20 July 2006)

**Abstract:** Apical leakage continues to be a topic of great interest, because in spite of the advances in Endodontics, clinical failures still occur. Most failures are probably attributed to the proliferation of bacteria that remain viable after chemical-mechanical preparation and cause periapical tissue irritation. Coronal leakage has aroused researchers' interest over the last few years, since canals may be re-contaminated after loss of coronal sealing or fracture of the remaining tooth. In this review, the various methodologies used for assessing root canal sealing capacity are critically analyzed, as they are not standardized, which makes it difficult to compare the results obtained when different methodologies are used, even though the same substrate is being assessed. (J. Oral Sci. 48, 93-98, 2006)

Keywords: dye dilution technique; dyes; filtration.

### Introduction

Microorganisms present inside root canals may remain active in the dentinal tubules even after vigorous chemical-mechanical preparation. Thus, perfect apical sealing is desirable to prevent the remaining bacteria and their endotoxins from reaching the root apex (1,2). Apical leakage is considered to be a common cause for endodontic therapy failure, and is influenced by many variables such as different filling techniques, the physical and chemical properties of sealers and the presence or absence of a

smear layer (1,3). In coronal leakage, the canal may be recontaminated in various ways such as contact between the oral bacterial flora and root canal tubule inlets. However, it most frequently occurs as a result of loss of temporary filling, or inadequate endodontic filling or crown sealing (4,5).

According to Timpawat et al. (6), endodontic sealers are used to eliminate the interface between the gutta-percha and the dentinal walls. Leakage may, however, occur at the interfaces between the sealer and dentin, sealer and gutta-percha and in spaces within the sealer itself. Thus, the quality of the filling depends largely on the sealing capacity offered by sealers (7,8).

Methodologies *in vitro* are used to estimate sealing quality, generally by measuring microleakage that allows the tracer agent to penetrate the filled canal. Commonly used tracers are dyes, radioisotopes, bacteria and their products, such as endotoxins. Bacteria used as tracers most closely approximate what happens clinically in terms of leakage (9-11). Other methodologies, such as fluid filtration and dye extraction methods have also been used, their main advantage being high reproducibility (1,12-14).

The aim of this review was to critically analyze the various methodologies reported in the literature for assessing root canal sealing capacity. Apparently, they are not standardized, which makes it difficult to compare the results obtained when different methodologies are used, even though the same substrate is being assessed.

### Literature Review

Although there are many leakage studies, there is no consensus about the endodontic sealer and core material sealing capacities. One of the reasons is that investigations do not use a standardized methodology and this frequently

Correspondence to Dr. Denusa Moreira Veríssimo, Av. José Leon 2740, Casa 18 Cidade dos Funcionários, Fortaleza, Ceará, Cep: 60822-670, Brazil  
Tel.: +55-85-32713141  
Fax: +55-85-32713141  
E-mail: denusa.verissimo@terra.com.br

leads to contradictions (15,16).

### Methodology that uses dyes

The methodology using tooth immersion in various types of dyes (eosin, methylene blue, black India ink, Procion brilliant blue, and others), reported for the first time by Grossman in 1939, is perhaps most widely used, mainly because it is easy to perform (16-20). The phenomenon of capillarity is of utmost importance in this passive method used mainly for assessing apical leakage, as the tooth apex is submerged in the dye that penetrates through any space between the canal walls and filling material (19). Next, the teeth are sectioned longitudinally, transversely, or cleared and the linear penetration of the dye is recorded (2,21,22).

The longitudinal sectioning method enables examination of the exposed filling material and any dye penetration into the material and at the interface of the dentinal wall on one side (21). Ahlberg et al. (21) suggested a variation of this technique; whereby the roots are worn down to visualize the leakage through a thin layer of dentin, thus reducing the risk of dye dissolution during sectioning. They also affirmed that this technique provides more reliable information about the real leakage pattern than transverse sections or clearing. The disadvantages of longitudinal dentinal sectioning seem to be the random choice of the cut axis and the very low probability of the sections being made through the deepest dye penetration point, with consequent underestimation of leakage and recording of unreliable data (19). Schafer and Olthoff (23) stated that although greater linear dye penetration does not furnish data about area, it provides sufficient data about apical leakage.

According to Martin et al. (2) and Ahlberg et al. (21), transverse root sectioning results in loss of part of the dentinal tissue and dye due to the technique itself (saw thickness), and only allows one to determine whether or not there is penetration in each section.

The clearing technique recommended by Okumura in 1927, in which the teeth become transparent after a process of demineralization, dehydration and immersion in methyl salicylate, provides a three-dimensional view of the internal anatomy of root canals without the loss of dental substance, making it easier to view the leakage area. It is simple, fast, performed with substances low in toxins and does not require complex equipment (3,23-27). Martin et al. (2) also affirmed that the technique makes it easier to observe the lateral and accessory canals, and clearly reflects the relation between the sealing material and the apical foramen. However, Malvar et al. (27) stated that some of the samples submitted to clearing may present deficient deminerali-

zation, which would compromise the final transparency of the specimen. Furthermore, the demineralization times differs, as greater the weight of the dentinal part, the greater the mineral content present and the longer it would take to complete the process. According to Tagger et al. (25), the endpoint of this step could be easily assessed by inserting a thin needle in an unimportant area of the crown or by radiography. Another potential problem is that incomplete dehydration will leave opaque areas in the teeth, but this can be corrected by additional dehydration in 100% ethyl alcohol (24). Ahlberg et al. (21) pointed out that immersion in acids such as nitric acid and alcohol for a long period may cause dye dissolution in this technique. Martin et al. (2) showed that the clearing technique was more precise than the transverse section for detecting apical leakage, as it allows the leakage to be visualized in tenths of millimeters, while transverse sectioning only determines whether or not leakage has occurred in each section. The clearing system could not, however, be used to measure the volume of tracer ingress (28).

With regard to dyes, particle molecule size, pH and chemical reactivity are expected to affect the degree of penetration (21). A large number of studies used methylene blue as dye (17,19,29) because it is inexpensive, easy to manipulate, has a high degree of staining and a molecular weight even lower than that of bacterial toxins (17). It has been suggested that methylene blue presents the same leakage as butyric acid (30), a microbial metabolic product that has greater penetration than Indian ink. This dye presents a few disadvantages such as dissolution during the demineralization and clearing process, in addition to being difficult to observe its maximum penetration point in some cases (23). On the other hand, Barthel et al. (9) suggested that the molecular size of the dye may not be a relevant parameter in leakage tests.

Indian ink particles with diameter smaller than or equal to 3  $\mu\text{m}$ , are also widely used, as it is unlikely that bacterial invasion would occur in spaces inside the canal where this dye is unable to penetrate (23). However, it has been reported that the weight and size of Indian ink molecules are smaller than those of the bacterial molecules found in the root canal. Therefore, this substance may also not faithfully represent the molecules of fluids coming from periradicular tissues, giving false-positive results during analysis of the leakage (3).

One of the major considerations with respect to dye penetration studies is that air entrapped in voids along the root canal filling may hinder fluid movement. It has been recommended that dye penetration should be performed under reduced pressure, incorrectly referred to as vacuum (12). However, it is much more difficult to remove the

trapped air by applying reduced pressure to small empty spaces, such as those of 2  $\mu\text{m}$  in diameter which, in principle, are permeable to bacteria (12). Kontakiotis et al. (29) investigated the influence of hydration on voids along root fillings through a fluid transport model and dye penetration, in which transport air was applied to remove water from gaps in one group, and found that methylene blue penetrates more easily in dry gaps than in water-filled gaps. Methylene blue passes along air-filled gaps by capillary action, whereas in water-filled gaps, it passes by diffusion. Wimonchit et al. (31) comparing different coronal dye leakage test techniques, observed that the vacuum method resulted in significantly more dye penetration than fluid filtration and passive dye penetration. The result of this study emphasized the importance of the use of reduced air pressure in dye penetration. Spångberg et al. (32) found that passive dye penetration resulted in incomplete void filling, regardless of void size, whereas vacuum dye delivery resulted in complete void filling. Katz et al. (33) found no significant differences between a horizontally positioned experimental group under reduced pressure and groups in passive immersion, but when the apices were in an upright position, the mean leakage was significantly higher under reduced pressure. Thus, the authors showed that tooth positioning had a significant effect on linear dye penetration under reduced pressure and emphasized the need to standardize factors that may influence penetration when assessing the methodology of leakage studies.

It was noted that teeth with apical leakage generally show leakage at all of their surfaces. Very few cases present dye penetration at only one surface, and when this is the case, there would be very little of it (34).

### Fluid filtration or transportation methodology

The fluid filtration method, in which the sealing capacity is measured by means of air bubble movement inside a capillary tube, was developed by Pashley's group in 1987 and modified by Wu et al. in 1993 for use in root canals. It consists of a filled canal that has its coronal portion connected to a tube filled with water under atmospheric pressure, and its apex to a 20  $\mu\text{l}$  glass capillary tube 170 mm long and of uniform caliber filled with water. Finally, a pressure of 0.1 atm is applied through the coronal part, which forces the water through the empty spaces along the root canal (12). The results are generally expressed in  $\mu\text{l}/\text{min}$  (13).

The above-mentioned method presents many advantages in comparison with dye penetration methods, as the samples are not destroyed, therefore it allows both the apical and coronal sealing to be assessed after a long period.

Furthermore, the results are recorded automatically, thus providing quantitative measurements and avoiding operator errors; the results are precise, as small volumes can be recorded (1,8,18); and it would be more sensitive than dye penetration in detecting empty spaces along the canal (8,12,18). System sensitivity can be adjusted by altering the pressure used or the diameter of the micropipette (8). However, according to Pommel, Camps (13) the materials and methods used in this technique are not standardized, as the pressure used may range from 10 to 20 psi, and the measuring time from 1 min to 3 h. This would alter the results obtained, since lower filtration values have been found associated with longer recording time, and the values recorded were higher when high pressure was used in comparison with low pressure. According to the authors, 20 psi pressure would appear to be far too high because it corresponds to 1406 cm  $\text{H}_2\text{O}$  pressure. Therefore, to be as close as possible to physiological pressures, 15 cm by  $\text{H}_2\text{O}$  would appear to be sufficient when highly sensitive equipment is used. The pressure should be included in the results and should be expressed as  $\mu\text{l}/\text{min}$  cm  $\text{H}_2\text{O}$  instead of  $\mu\text{l}/\text{min}$ .

Thus, various parameters that could change the test results such as diameter of the capillary that contains the bubble, bubble length, measuring time and the pressure applied (13), must be mentioned in the materials and methods section.

According to Miletić et al. (35), it is very important to assess leakage not only after filling, but also after some time, because this assessment is required to ensure that sealers are clinically effective.

Orucoglu et al. (36) developed a new computerized fluid filtration meter based on light refraction at the starting and ending positions of air bubble movement inside micropipette. It has some advantages over the conventional ones with the computer control and digital air pressure arrangement. Additionally, the movement of air bubbles can be observed by laser diodes which are computer controlled rather than visual findings.

Younson et al. (28) did not find any statistically significant correlation between the fluid filtration measurements and dye penetration measured by a scoring system, but fluid filtration was more sensitive.

### Dye Extraction Method

In the dye extraction or dissolution method, the teeth are dissolved in acids that release all the dye from the interface and the optical density of the solution is measured by a spectrophotometer. It is fast and can be carried out with equipment available at most universities (19).

According to Camps, Pashley (19), there was no

correlation between dye penetration and the fluid filtration and dye extraction techniques which determine microleakage. The fluid filtration technique gave similar results to those of dye extraction, because both take into consideration the porosity of the interface between the filling material and the root. Both techniques are based on quantitative measurements of liquids passing through these interfaces. The dye extraction method presents an advantage over the fluid filtration method, because the filtration values tend to diminish over time, as the water penetrates all the irregularities until a plateau is reached.

### Bacteria and toxin infiltration method

According to Timpawat et al. (6), the use of bacteria to assess leakage (mainly coronal) is considered to be of greater clinical and biological relevance than the dye penetration method. Many different strains of bacteria have been used to assess marginal leakage and this has led to contradictory results, because the methods depend on the type of bacteria used. Moreover, if the sealer has antimicrobial activity, it is unfeasible to employ the bacteria method (23,37). The systems generally comprise two chambers and enable the apical and coronal extremities of each specimen to be completely separated. The turbidity of the broth in the apical chamber is the first indication of contamination by microorganisms (4,38).

If the pulp chamber becomes contaminated, it may serve as a reservoir of microorganisms and toxins. This could cause a problem in either of two ways. First, the apical seal may be affected adversely and cause the root canal treatment to fail. Second, movement of microorganisms and toxins through accessory canals in the floor of the pulp chamber may result in periodontal furcation involvement (39).

These bacterial studies have been qualitative rather than quantitative. If only one bacterium passes through the obturated root canal, it may multiply in the enriched broth and cause turbidity (38,39).

It may be observed that in their studies, Barthel et al. (9) used *Staphylococcus epidermidis*; Timpawat et al. (6) *Enterococcus faecalis*; Carratù et al. (4) used *P. mirabilis* and *S. epidermidis*; Miletic et al. (10) assessed the penetration of *Candida albicans* and the bacteria *S. mutans*, *S. mitis*, *Prevotella melaninogenica*, and *Lactobacillus acidophilus*; Michalesco et al. (11) tested *Actinomyces odontolyticus*, *Lactobacillus acidophilus*, and *Pseudomonas fluorescens*; Chailertvanitkul et al. (39,40) studied anaerobic streptococci and *Fusobacterium nucleatum*; and Maltezos et al. (37) *Streptococcus salivarius*. *Enterococcus faecalis* is frequently used, because it is part of the normal mouth flora and is frequently found in infections with

other optional aerobic and anaerobic bacteria; it is also one of the microorganisms most frequently isolated inside root canals (6). The fungus *Candida albicans* has the same capacity as bacteria to penetrate filled canals (10). Polymicrobial infections involving black-pigmented Gram-negative anaerobes are likely to have a greater pathogenic potential than infections with a single species (40).

According to Barthel et al. (9), bacteria or bacterial product penetration may start or reactivate the inflammatory process, and saliva leakage may stimulate the growth of the bacteria that persist inside the root canals. The size of the test agent molecule must be representative of the bacteria and/or components of the bacterial cell wall and/or nutrient fluids.

The differences in behavior between bacteria and endotoxins must be related to their chemical activities. Endotoxins are lipopolysaccharides of the external membrane of Gram-negative bacteria and consist of a lipid portion, Lipid A, and a polysaccharide portion, which is the external part of the membrane. The possibility of the bacteria exerting enzymatic action on the gutta-percha, sealer and dentin and creating a passage through the seal, has not yet been demonstrated (4). It has been reported that endotoxin preceded bacterial penetration of the canal system (41).

Xu et al. (42) introduced a new method for analysis of endodontic microleakage based on the filtration rate of glucose along the root canal filling. The amount of leakage was quantified with spectrophotometry. Glucose was selected as the tracer because of its small molecular size (MW = 180 Da) and as it is a nutrient for bacteria. So, if glucose could enter the canal from the oral cavity, bacteria that survive root canal preparation and obturation could multiply and lead to periapical inflammation.

Michalesco et al. (11) using latex microspheres, showed that they can be used to simulate bacterial leakage and that smaller particles penetrate more deeply than bacteria and the larger ones, less than they do.

The ability of viable microorganisms to change their shape and size and to move actively and multiply may play an important role inside the root canal, as they cannot be represented by any aqueous dye solution (9).

### Conclusions

From a review of the literature, it is noted that various methodologies are available for assessing leakage, some are shown to be simple, such as dye penetration, and others more complex, such as bacterial leakage. It was found that there is a real lack of technique standardization, as even when one and the same methodology is used, small variations may be included, which are able to interfere in

the final outcome of the research.

## References

- Pommel L, Jacquot B, Camps J (2001) Lack of correlation among three methods for evaluation of apical leakage. *J Endod* 27, 347-350
- Lucena-Martín C, Ferrer-Luque CM, González-Rodríguez MP, Robles-Gijón V, Navajas-Rodríguez de Mondelo JM (2002) A comparative study of apical leakage of Endomethasone, Top Seal, and Roeko Seal sealer cements. *J Endod* 28, 423-426
- Valois CRA, de Castro AJR (2002) Comparison of the apical sealing ability of four root canal sealers. *J Bras Endod* 3, 317-322 (in Portuguese)
- Carratù P, Arnato M, Riccitiello F, Rengo S (2002) Evaluation of leakage of bacteria and endotoxins in teeth treated endodontically by two different techniques. *J Endod* 28, 272-275
- Saunders WP, Saunders EM (1994) Coronal leakage as a cause of failure in root-canal therapy: a review. *Endod Dent Traumatol* 10, 105-108
- Timpawat S, Amornchat C, Trisuwan WR (2001) Bacterial coronal leakage after obturation with three root canal sealers. *J Endod* 27, 36-39
- Oliver CM, Abbott PV (1998) An *in vitro* study of apical and coronal microleakage of laterally condensed guttapercha with Ketac-Endo and AH-26. *Aust Dent J* 43, 262-268
- Çobankara FK, Adanir N, Belli S, Pashley DH (2002) A quantitative evaluation of apical leakage of four root-canal sealers. *Int Endod J* 35, 979-984
- Barthel CR, Moshonov J, Shuping G, Ørstavik D (1999) Bacterial leakage versus dye leakage in obturated root canals. *Int Endod J* 32, 370-375
- Miletić I, Prpić-Mehičič G, Maršan T, Tambić-Andrašević A, Pleško S, Karlović Z, Anić I (2002) Bacterial and fungal microleakage of AH26 and AH Plus root canal sealers. *Int Endod J* 35, 428-432
- Michailescu P, Boudeville P (2003) Calibrated latex microspheres percolation: a possible route to model endodontic bacterial leakage. *J Endod* 29, 456-462
- Wu MK, De Gee AJ, Wesselink PR (1994) Fluid transport and dye penetration along root canal fillings. *Int Endod J* 27, 233-238
- Pommel L, Camps J (2001) Effects of pressure and measurement time on the fluid filtration method in endodontics. *J Endod* 27, 256-258
- Pommel L, About I, Pashley D, Camps J (2003) Apical leakage of four endodontic sealers. *J Endod* 29, 208-210
- Kopper PMP, Figueiredo JAP, Della Bona A, Vanni JR, Bier CA, Bopp S (2003) Comparative *in vivo* analysis of the sealing ability of three endodontic sealers in post-prepared root canals. *Int Endod J* 36, 857-863
- Tamse A, Katz A, Kablan F (1998) Comparison of apical leakage shown by four different dyes with two evaluating methods. *Int Endod J* 31, 333-337
- Brandão CG, de Moraes IG, Bramante CM (2001) Apical sealing ability of ionomeric endodontic sealers. *Rev FOB* 9, 29-34 (in Portuguese)
- Miletić I, Anić I, Pezelj-Ribarić S, Jukić S (1999) Leakage of five root canal sealers. *Int Endod J* 32, 415-418
- Camps J, Pashley D (2003) Reliability of the dye penetration studies. *J Endod* 29, 592-594
- Dandakis C, Kaliva M, Lambrianidis T, Kosti E (2005) An *in vitro* comparison of the sealing ability of three endodontic sealers used in canals with iatrogenic enlargement of the apical constriction. *J Endod* 31, 190-193
- Ahlberg KMF, Assavanop P, Tay WM (1995) A comparison of the apical dye penetration patterns shown by methylene blue and India ink in root-filled teeth. *Int Endod J* 28, 30-34
- Zmener O, Pameijer CH, Macri E (2005) Evaluation of apical seal in root canals prepared with a new rotary system and obturated with a methacrylate based endodontic sealer: an *in vitro* study. *J Endod* 31, 392-395
- Schäfer E, Olthoff G (2002) Effect of three different sealers on the sealing ability of both thermafil obturators and cold laterally compacted Gutta-Percha. *J Endod* 28, 638-642
- Robertson D, Leeb IJ, McKee M, Brewer E (1980) A clearing technique for the study of root canal systems. *J Endod* 6, 421-424
- Tagger M, Tamse A, Katz A, Tagger E (1983) An improved method of three-dimensional study of apical leakage. *Quintessence Int* 14, 981-998
- Santa Cecília M, de Castro AJR, de Moraes IG (1997) The use of cleared teeth in Endodontics. *Rev ABO Nac* 4, 27-30 (in Portuguese)
- Malvar MFG, Gomes MR, Pereira MRS (2002) Root canal anatomy study of lower incisors by clearing technique. *J Bras Endod* 3, 202-207 (in Portuguese)
- Youngson CC, Jones JCG, Fox K, Smith IS, Wood DJ, Gale M (1999) A fluid filtration and clearing technique to assess microleakage associated with three dentine bonding systems. *J Dent* 27, 223-233
- Kontakiotis EG, Georgopoulou MK, Morfis AS

- (2001) Dye penetration in dry and water-filled gaps along root fillings. *Int Endod J* 34, 133-136
30. Kersten HW, Moorer WR (1989) Particles and molecules in endodontic leakage. *Int Endod J* 22, 118-124
31. Wimonchit S, Timpawat S, Vongsavan N (2002) A comparison of techniques for assessment of coronal dye leakage. *J Endod* 28, 1-4
32. Spångberg LSW, Acierno TG, Yongbum Cha B (1989) Influence of entrapped air on the accuracy of leakage studies using dye penetration methods. *J Endod* 15, 548-551
33. Katz A, Rosenwasser R, Tamse A (1998) Root positioning and leakage to dye in extracted teeth using reduced pressure. *Int Endod J* 31, 63-66
34. Antonopoulos KG, Attin T, Hellwig E (1998) Evaluation of the apical seal of the root canal fillings with different methods. *J Endod* 24, 655-658
35. Miletić I, Ribarić SP, Karlović Z, Jukić S, Bošnjak A, Anić I (2002) Apical leakage of five root canal sealers after one year of storage. *J Endod* 28, 431-432
36. Orucoglu H, Sengun A, Yilmaz N (2005) Apical leakage of resin based root canal sealers with a new computerized fluid filtration meter. *J Endod* 31, 886-890
37. Maltezos C, Glickman G, Ezzo P, He J (2006) Comparison of the sealing of Resilon, Pro Root MTA, and Super-EBA as root-end filling materials: a bacterial leakage study. *J Endod* 32, 324-327
38. Britto LR, Grimaudo NJ, Vertucci FJ (2003) Coronal microleakage assessed by polymicrobial markers. *J Contemp Dent Pract* 4, 1-10
39. Chailertvanitkul P, Saunders WP, Saunders EM, MacKenzie D (1997) An evaluation of microbial coronal leakage in the restored pulp chamber of root-canal treated multirooted teeth. *Int Endod J* 30, 318-322
40. Chailertvanitkul P, Saunders WP, Saunders EM, MacKenzie D (1998) Polymicrobial coronal leakage of super EBA root-end fillings following two methods of root-end preparation. *Int Endod J* 31, 348-352
41. Williamson AE, Dawson DV, Drake DR, Walton RE, Rivera EM (2005) Effect of root canal filling/sealer systems on apical endotoxin penetration: a coronal leakage evaluation. *J Endod* 31, 599-604
42. Xu Q, Fan MW, Fan B, Cheung GSP, Hu HL (2005) A new quantitative method using glucose for analysis of endodontic leakage. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 99, 107-111

## Comparison of Apical Leakage between Canals Filled with Gutta-Percha/AH-Plus and the Resilon/Epiphany System, When Submitted to Two Filling Techniques

Denusa Moreira Veríssimo,\* Mônica Sampaio do Vale, MS, PhD,<sup>†</sup> and André Jalles Monteiro, PhD<sup>‡</sup>

### Abstract

The purpose of this study was to compare the level of apical leakage between canals filled with gutta-percha/AH-Plus (GP) and the Resilon/Epiphany System (RES), when submitted to two filling techniques. Seventy extracted teeth were instrumented and randomly divided into four experimental groups in accordance with the material and techniques used [lateral condensation and Hybrid technique (HT)] and two control groups. After 7 days in an oven (37°C, 100% humidity), the teeth were immersed in India ink and cleared. Leakage was measured by the NIH imagel program. With respect to the presence of leakage, there was no difference between the filling techniques ( $p > 0.05$ ), but there was a statistically significant difference when RES was compared with GP ( $p < 0.05$ ), which leaked more than RES. With RES, leakage was confined to the apical third and HT could be used to thermoplasticize RES with satisfactory results. (*J Endod* 2007;33:291–294)

### Key Words

Apical leakage, gutta-percha, obturation, Resilon

\*Specialist in Endodontics and Dental Prosthesis at the Federal University of Ceará, Specialist in Implantodontics at the Ceará Dentistry Academy, Fortaleza/Ce, Brazil; <sup>†</sup>Professor of Endodontics Discipline of the dentistry course, Professor of Master's courses in dentistry and specialization courses in endodontics at the Federal University of Ceará and the Continuing Education Center, Fortaleza/Ce, Brazil; <sup>‡</sup>Doctor of Statistics and Agronomy Experimentation, Department of Dental Clinic, Dentistry School, Federal University of Ceará, Fortaleza/Ce, Brazil.

Address requests for reprints to Dr. Denusa Moreira Veríssimo, Av. José Leon 2740, Casa 18, Cidade dos Funcionários, Fortaleza/Ce. Cep: 60822-670, Brazil. E-mail address: denusa.verissimo@terra.com.br; 0099-2399/50 - see front matter

Copyright © 2007 by the American Association of Endodontists.

doi:10.1016/j.joen.2006.10.014

Successful endodontic therapy depends on a complete chemomechanical preparation of the root canal system and a three-dimensional filling that provides complete sealing of the spaces previously occupied by dental pulp (1). Because gutta-percha presents no adhesiveness to the tooth structure (2), ideally it should be replaced by a material that offers better sealing in all root thirds (1, 3).

The introduction of adhesive systems in endodontics represents an advance in the specialty and promising results have been obtained (4, 5, 6). In 2003 Resilon cones and resinous cement were introduced on the market that, in association with a self-conditioning primer, would allow a solid monoblock to be obtained (7, 8). In 2004 this technology was licensed to Pentron (Clinical Technologies, LLC, Wallingford, CT, USA), under the name of Epiphany (7).

Resilon is a thermoplastic synthetic polymer that contains bioactive glass, bis muth oxychloride, and barium sulfate. It is used with the composite sealer Epiphany that is a mixture of dimethacrylate, ethoxylated dimethacrylate, urethane dimethacrylate, and hydrophilic difunctional methacrylates (8). The Resilon/Epiphany System is biocompatible (9), radiopaque, and solubilized by chloroform in cases of retreatment (10, 11); it is capable of reducing coronal leakage (1, 3, 12) and promoting root strengthening (13), although bond strength studies have not confirmed the fracture strength produced by this material (14–16). Studies about apical leakage are necessary to confirm claims that the material is able to eliminate leakage in this region (17, 18).

Lateral condensation (LC) has been the most widely used filling technique and serves as a reference for assessing other techniques (19, 20). In 1980 John T. McSpadden developed the gutta-percha thermomechanical condensation technique and in 1984 Tagger associated it with the LC technique, introducing the Hybrid filling technique (HT), with the aim of enhancing apical sealing and preventing leakage of the filling material (20).

The aim of the present study was to compare the presence of apical leakage between root canals filled with gutta-percha/AH-plus (GP; Dentsply De Trey, Konstanz, Germany) and with the Resilon/Epiphany System (RES; Clinical Technologies), when submitted to filling techniques using LC and HT, by means of a clearing technique. Although the use of RES is recommended with any thermoplasticizing technique (7), there is no study in the literature that associates it with the HT.

### Materials and Methods

The research was approved by the Research Ethics Committee of the Federal University of Ceará Hospital Complex by document Of. No 403/2005 (July 14, 2005).

For this study, 70 recently extracted maxillary and/or mandibular first human molars that presented straight palatal and/or distal roots were selected. The teeth had been immersed in 1% thymol in normal saline solution after extraction and stored under refrigeration until they were used. After cleaning the root surfaces with periodontal curettes, the teeth were sectioned at the cemento-enamel junction with a high-speed diamond burr, with the roots being no shorter than 10 mm. These roots were preselected by assessment under operative microscope (40×) (D.F. Vasconcelos, São Paulo, Brazil), to exclude those with cracks, external structural faults, or immature apical foramen. The radiographic exam was followed by inserting a Kerr (K) 10 type file

## Basic Research—Technology

(Dentsply, Maillefer, Switzerland) inside the canal, to check for absence of calcification, resorption, or previous endodontic treatment.

After pulp removal, a K10 file was introduced up to the apical foramen and then withdrawn to the extent of 1 mm, to establish the working length. Instrumentation was done by the step-back technique with Kerr files up to a caliber of 45. The canals were irrigated with a 1% sodium hypochlorite solution, and the smear layer was removed by applying 1 mL of 17% ethylenediaminetetraacetic acid (Biodinâmica Químicos e Farmacêuticos Ltda, Brasília, Brazil) for 3 minutes. Apical patency was performed by allowing a K20 file to penetrate up to the apical foramen level. After final irrigation with 3 mL of 0.9% saline, the roots were aspirated and dried with caliber 45 absorbent paper cones.

The roots were randomly divided into four experimental groups of 15 sample units each and two control groups (positive and negative) of five sample units, distributed as follows.

### Group I

The root canals were filled with caliber 45 gutta-percha cones (Dentsply, Latin America, Rio de Janeiro, Brazil) by the LC technique with AH-Plus sealer, manipulated in accordance with the manufacturer's instructions. After condensation, the material was removed 1 mm below the canal inlet and vertical condensation was done.

### Group II

The root canals were filled with caliber 45 gutta-percha cones by the HT and, after the master cone and AH-Plus sealer were introduced, LC was performed only in the apical third, in association with thermo-mechanical compaction of the filling material in the middle and cervical root thirds, with compactor 55, activated for 10 seconds at 3 mm from the root apex.

### Group III

The root canals were filled with caliber 45 Resilon cones and Epiphany sealer, also by the LC technique, followed by vertical condensation, used in accordance with the manufacturer's instructions. The material was removed 1 mm below the canal inlet and polymerized for 40 seconds.

### Group IV

The canals were filled with caliber 45 Resilon cones and Epiphany sealer by the HT in a similar manner as in Group II.

Cervical sealing of all the groups was obtained by acid etching with 37% phosphoric acid for 15 seconds, washing, and application of Single Bond dental adhesive and photopolymerizable resin Z-100 (3M ESPE, Dental Products, St. Paul, MN, USA).

The roots in the *positive* control were instrumented, but not filled, and had the cervical accesses sealed in a manner similar to that performed in the other experimental groups. The roots in the *negative* control group were treated in the same way as the previous group, but had the apical foramen sealed with a low-viscosity resin [Natural Flow (DHL), São Paulo, Brazil].

Complete root canal filling by the selected filling material was confirmed by means of periapical radiographs taken in the vestibulo-lingual and mesiodistal planes.

After concluding filling, the roots were stored in an oven (37%, 100% humidity) for 7 days. After this time, the external root surfaces in the experimental and positive control groups were sealed with two coats of nail varnish (Risque, Niasi, Brazil), with the exception of the apical 2 mm. The negative control group was completely sealed.

After the sealing had dried, all the groups were immersed in India ink (Faber Castell, Stein, Germany) and kept in the oven for 7 days. At the end of this period, the roots were washed under running water for

**TABLE 1.** Frequency distribution of leakage in millimeters

Leakage interval	Class			
	GP/CL	GP/TH	RES/CL	RES/TH
No leakage	6	11	—	2
0–1 mm	—	—	—	3
1–2 mm	1	—	10	5
2–3 mm	2	—	3	1
3–4 mm	2	1	1	2
4–5 mm	2	2	—	2
5–6 mm	—	1	1	—
6–7 mm	2	—	—	—

*Notes:* The symbol — denotes the nonexistence of observations in the leakage interval; a–b (in first column) denotes the interval between a (excluded) and b (included).

four hours, had the sealing coats removed with a scalpel blade, and were then submitted to the clearing technique (21).

After this process ended, the roots were again taken to the operating microscope (40x) to determine the surface on which the greatest dye penetration was observed. These surfaces were scanned (scanner HP3570c), and their images transferred to the digital area measuring program NIH imageJ to read the linear dye leakage.

### Statistical Analysis

The exact Fisher test was used to make the comparison between the nonleakage percentages and the nonparametric Mann–Whitney test to measure the leakage when there was any. The value  $p < 0.05$  was considered to be statistically significant.

## Results

When evaluating the linear dye penetration, the negative control samples showed no leakage, whereas all of the positive control group samples showed complete dye leakage into the root canals.

### 1. Comparison of the proportion of absence of leakage

There was no statistically significant difference in absence of leakage between the two filling techniques used with GP ( $p > 0.05$ ) and RES ( $p > 0.05$ ). There was a statistically significant difference between the materials with respect to both the LC ( $p < 0.05$ ) and the HT ( $p < 0.05$ ) techniques, in which absence of leakage was greater in both cases with GP (Table 1, Figure 1).

### 2. Comparison of leakage measurements

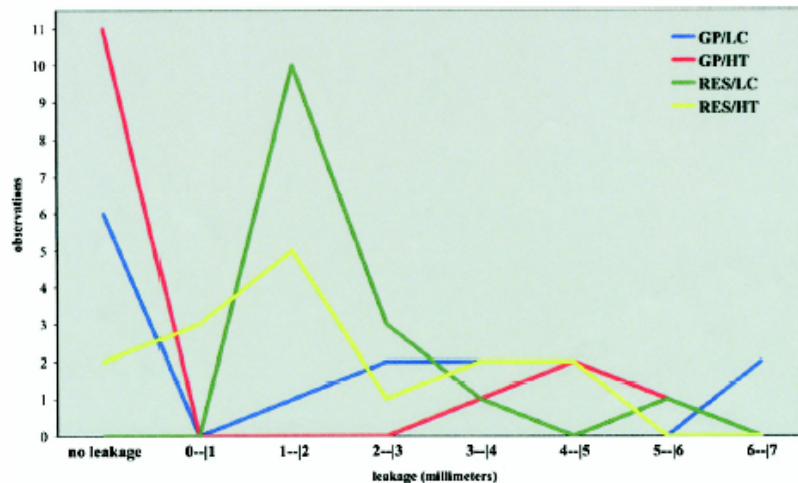
When there was leakage, there was no statistically significant difference between the two techniques used, both in the material GP ( $p > 0.05$ ) and in the RES ( $p > 0.05$ ). There was a statistically significant difference between the materials with respect to both the LC ( $p < 0.05$ ) and the HT ( $p < 0.05$ ) techniques, in which leakage was greater in both cases with GP (Fig. 2A–H).

## Discussion

The Hybrid technique presented a tendency toward absence of leakage when GP was used, suggesting that this could offer better root canal sealing, a finding confirmed by several studies (22–25). With RES the results also showed a slight reduction in leakage with the HT. There was no significant difference in the melting temperature between gutta-percha and Resilon, a mean of 60°C, but a larger amount of heat is required to thermoplasticize the Resilon cones because these absorb more heat during melting (26).

In the presence of leaking, it was noted that the GP group showed very high dye penetration values, almost reaching the coronal thirds of the roots. This probably occurred because of the lack of gutta-percha

## Basic Research—Technology



**Figure 1.** Frequency distribution of leakage in millimeters.

adhesiveness to the dentinal walls, or the properties of the sealer used. Epley et al. (27), when assessing the presence of empty spaces at 1, 3, and 5 mm from the apex in canals filled with gutta-percha/sealer and RES found a statistical difference only in the gutta-percha/sealer group with LC in the 3-mm cut. The other groups showed some spaces, but they were extremely small when compared with this group. With respect to use of the LC technique, Resilon presented greater penetration depth of the nickel–titanium digital spreader than the gutta-percha, providing better sealing (28).

Leakage presented by RES was confined to the apical third with mean leakage values of 2.09 mm for LC and 1.91 mm for HT. Canals filled with RES and GP showed both gap-free regions and regions with gaps, where the leakage in both groups was confined to the apical 4 mm (16). Teeth filled with Resilon presented visible penetration of the filling material into the dentinal tubules, but the number of filled tubules was much greater in the coronal region, and filled tubules were rarely found in the apical regions, thus diminishing the sealing (29). The low number of dentinal tubules, the irregular structure of the secondary dentin, and the presence of cement-like tissue on the root canal wall resulted in

little penetration by the adhesives in the apical dentin, compared with coronal dentin. Possibly the formation of a hybrid layer continues to be fundamental for the success of adhesive systems in the apical region of the root canal (30).

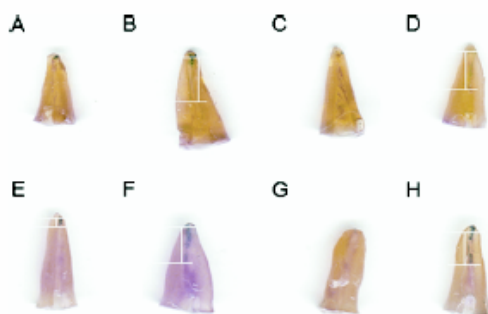
The cavity configuration factors (C factor) and shrinkage stress (S factor) in root canals are other obstacles to a gap-free filling with the adhesive systems. The force of polymerization shrinkage may exceed the bond strength to dentin, allowing disunion of one side of the filling to relieve stress, thus increasing leakage (31).

Polycaprolactone, the raw material of Resilon cones, is susceptible to enzymatic and alkaline hydrolysis, serving as nutrients for bacteria that remain viable after chemomechanical root canal preparation (32, 33). Calcium hydroxide does not have an adverse effect on the system of canals filled with RES, which is a delayed dressing option in cases of infected teeth (34). The Epiphany sealer presents higher solubility (3.41%) and dimensional alteration (expansion 8.1%) values than those considered acceptable by the ADA, but show an extensive release of calcium, raising the pH of the media, and giving it bactericidal power (35). Therefore, clinical studies should be conducted to confirm whether this presence of apical leakage could compromise periapical tissue repair.

Under the conditions of this study, RES was unable to eliminate dye leakage, but it was confined to the apical third, and the HT could be used to thermoplasticize RES with satisfactory results.

## References

1. Shipper G, Orstavik D, Teixeira FB, Trope M. An evaluation of microbial leakage in roots filled with a thermoplastic synthetic polymer-based root canal filling material (Resilon). *J Endod* 2004;30:342–7.
2. Mounce R, Glassman G. Bonded endodontic obturation: another quantum leap forward for Endodontics. *Oral Health* 2004. Communication: <http://www.oralhealth-journal.com> (accessed on July 29, 2005).
3. Shipper G, Teixeira FB, Arnold RA, Trope M. Periapical inflammation after coronal microbial inoculation of dog roots filled with gutta-percha or Resilon. *J Endod* 2005;31:91–5.
4. Mannocci F, Ferrari M. Apical seal of roots obturated with latently condensed gutta-percha, epoxy resin cement, and dentin bonding agent. *J Endod* 1998;24:41–4.
5. Britto LR, Borer RE, Vertucci FJ, Haddix JE, Gordon VV. Comparison of the apical seal obtained by a dual-cure resin based cement or an epoxy resin sealer with or without the use of an acidic primer. *J Endod* 2002;28:721–3.



**Figure 2.** Photographs of cleared roots showing the different groups with low and high leakage, respectively. A and B: group I (GPLC); C and D: group II (GP/HT); E and F: group III (RES/LC); G and H: group IV (RES/HT).

## Basic Research—Technology

6. Gogos C, Stavrianos C, Kolokouris I, Papadopyannis I, Economides N. Shear bond strength of AH-26 root canal sealer to dentine using three dentine bonding agents. *J Dent* 2003;31:321–6.
7. Chiriac N. Resilon—the missing link in sealing the root canal. *Compendium* 2004;25:823–5.
8. Teixeira FB, Teixeira EGN, Thompson J, Leitfeker KF, Trope M. Dentrinal bonding reaches the root canal system. *J Esthet Dent* 2004;16:1–7.
9. Sousa CJA, Montes CRM, Pascon EA, Loyola AM, Versiani MA. Comparison of the intracanal biocompatibility of AH Plus, EndoREZ, and Epiphany root canal sealers. *J Endod* 2006;32:656–62.
10. Ezzie E, Fleury A, Solomon E, Spears R, He J. Efficacy of retreatment techniques for a resin-based root canal obturation material. *J Endod* 2006;32:341–4.
11. Oliveira DP, Barbizam JVB, Trope M, Teixeira FB. Comparison between gutta-percha and Resilon removal using two different techniques in endodontic retreatment. *J Endod* 2006;32:362–4.
12. Stratton RK, Apicella MJ, Mines P. A fluid filtration comparison of gutta-percha versus Resilon, a new soft resin obturation system. *J Endod* 2006;32:642–5.
13. Teixeira FB, Teixeira EGN, Thompson JY, Trope M. Fracture resistance of roots endodontically treated with a new resin filling material. *J Am Dent Assoc* 2004;135:646–52.
14. Gesi A, Raffaelli O, Goracci C, Pashley DH, Tay FR, Ferrari M. Interfacial strength of Resilon and gutta-percha to intraradicular dentin. *J Endod* 2005;31:809–13.
15. Hiraishi N, Papacchini F, Loushine RJ, et al. Shear bond strength of Resilon to a methacrylate-based root canal sealer. *Int Endod J* 2005;38:753–63.
16. Tay FR, Hiraishi N, Pashley DH, et al. Bondability of Resilon to a methacrylate-based root canal sealer. *J Endod* 2006;32:133–7.
17. Gambarini G, Pongione G. Apical leakage of a new obturation technique (Abstract). *J Endod* 2005;31:42.
18. Tay FR, Loushine RJ, Weller RN, et al. Ultrastructural evaluation of the apical seal in roots filled with a polycaprolactone-based root canal filling material. *J Endod* 2005;31:514–9.
19. Gilbert SD, Witherspoon DE, Berry CW. Coronal leakage following three obturation techniques. *Int Endod J* 2001;34:293–9.
20. Bier CAS, Wolke CFB, Carvalho MCP, Perez GP, Limana MD, Alves SS. Thermomechanical obturation of root canal utilizing the McSpadden compactor. *Revista Dentística online* 2005; Communication: <http://www.ufsm.br/dentisticaonline> (accessed on November 28, 2005) (in Portuguese).
21. Barbizam JVB. Estudo “in vitro” da infiltração marginal apical em canais radiculares obturados [Tese de Doutorado]. São Paulo: Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto; 2001 (in Portuguese).
22. Tagger M, Tamse A, Katz A, Korzen BH. Evaluation of the apical seal produced by a hybrid root canal filling method, combining lateral condensation and thermatic compaction. *J Endod* 1984;10:299–303.
23. De Moor RJG, Martens LC. Apical microleakage after lateral condensation, hybrid gutta-percha condensation and soft-core obturation: an in vitro evaluation. *Endod Dent Traumatol* 1999;15:239–43.
24. De Moor RJG, De Boever JG. The sealing ability of an epoxy resin root canal sealer used with five gutta-percha obturation techniques. *Endod Dent Traumatol* 2000;16:291–7.
25. De Moor RJG, Hommez GMG. The long-term sealing ability of an epoxy resin root canal sealer used with five gutta-percha obturation techniques. *Int Endod J* 2002;35:275–82.
26. Mirer MR, Berzins DW, Rakcall JK. A comparison of thermal properties between gutta-percha and a synthetic polymer based root canal filling material (Resilon). *J Endod* 2006;32:683–6.
27. Epley SR, Fleishman J, Hartwell G, Cicalese C. Completeness of root canal obturations: Epiphany techniques versus gutta-percha techniques. *J Endod* 2006;32:541–4.
28. Nielsen BA, Baumgartner JC. Spreader penetration during lateral compaction of Resilon and gutta-percha. *J Endod* 2006;32:52–4.
29. Berzley LP, Liu JC-H, Williamson AE. Characterization of tubule penetration using Resilon: a soft-resin obturation system (Abstract). Proceedings of IADR/AADR/CADR 83rd General Session & Exhibition; 2005.
30. Mjör IA, Smith MR, Ferrari M, Mannocci F. The structure of dentine in the apical region of human teeth. *Int Endod J* 2001;34:346–53.
31. Tay FR, Loushine RJ, Lambrechts P, Weller RN, Pashley DH. Geometric factors affecting dentin bonding in root canals: a theoretical modeling approach. *J Endod* 2005;31:584–8.
32. Tay FR, Pashley DH, Williams MC, et al. Susceptibility of a polycaprolactone-based root canal filling material to degradation. I. Alkaline hydrolysis. *J Endod* 2005;31:593–8.
33. Tay FR, Pashley DH, Yin CKY, et al. Susceptibility of a polycaprolactone-based root canal filling material to degradation. II. Gravimetric evaluation of enzymatic hydrolysis. *J Endod* 2005;31:737–41.
34. Wang CS, Debelian GJ, Teixeira FB. Effect of intracanal medication on the sealing ability of root canals filled with Resilon. *J Endod* 2006;32:532–6.
35. Versiani MA, Carvalho-Junior JR, Padilha MIAF, Lacey S, Pascon EA, Sousa-Neto MD. A comparative study of physicochemical properties of AH Plus and Epiphany root canal sealants. *Int Endod J* 2006;39:464–71.

## ANEXO A

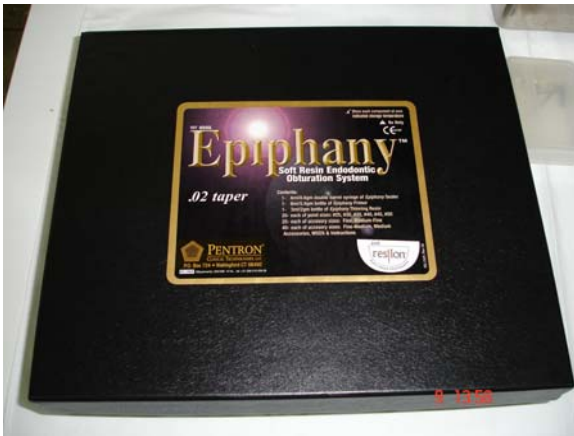


Figura 15: Kit Epiphany



Figura 16: Kit Epiphany



Figura 17: Primer Epiphany/adesevo Epiphany

## ANEXO B

**Título da pesquisa:** Estudo comparativo do grau de infiltração apical entre a gutapercha e o Sistema Resilon/Epiphany quando submetidos a duas técnicas de obturação.

Nesta pesquisa serão utilizados dentes recém extraídos, onde se realizará o preparo e obturação dos canais radiculares pelas diferentes técnicas, e posterior avaliação da ocorrência de infiltração apical utilizando-se a tinta nanquim como corante seguida pelo método de diafanização. A pesquisa será realizada na Faculdade de Odontologia da Universidade Federal do Ceará, no curso de Mestrado em Odontologia, e se você quiser colaborar com a pesquisadora, basta ceder o dente que for extrair para que possa ser utilizado e assinar o termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Porém se não quiser doar seu dente, não haverá nenhum problema. Para maiores esclarecimentos pode entrar em contato com a pesquisadora responsável – Dra. Denusa Moreira Veríssimo – Av. Bezerra de Meneses 100, sala 202 – Farias Brito. Fones: 32231440/ 9983 6718, ou com o Comitê de Ética e Pesquisa pelo fone: 40098338.

### **Termo de Consentimento Livre e Esclarecido**

Eu,.....após ter sido devidamente esclarecido (a) dos objetivos da pesquisa acima mencionada, aceitei voluntariamente doar o dente que extraí para a pesquisadora.

Fortaleza/Ce,.....de.....de 2005

.....

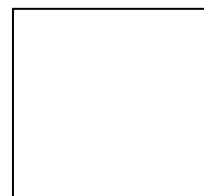
Assinatura do doador

.....

Assinatura da testemunha

.....

Assinatura do responsável pelo projeto



## ANEXO C



Universidade Federal do Ceará  
Comitê de Ética em Pesquisa

Of. N° 403/2005

Fortaleza, 20 de julho de 2005

Protocolo n° 207/05

**Pesquisador responsável:** Denusa Moreira Veríssimo

**Dept°./Serviço:** Departamento de Odontologia/UFC

**Título do Projeto:** “Estudo comparativo do grau de infiltração apical entre as técnicas de obturação empregando-se a guta-percha e o sistema resilon, quando submetidas ou não à termoplastificação”

Levamos ao conhecimento de V.S<sup>a</sup>. que o Comitê de Ética em Pesquisa e do Complexo Hospitalar da Universidade Federal do Ceará – COMEPE, dentro das normas que regulamentam a pesquisa em seres humanos, do Conselho Nacional de Saúde – Ministério da Saúde, Resolução n°196 de 10 de outubro de 1996 e Resolução n° 251 de 07 de agosto de 1997, publicadas no Diário Oficial, em 16 de outubro de 1996 e 23 de setembro de 1997, respectivamente, aprovou o projeto supracitado na reunião do dia 14 de julho de 2005.

Outrossim, informamos, que o pesquisador deverá se comprometer a enviar o relatório parcial e final do referido projeto.

Atenciosamente,

Assinatura manuscrita em tinta preta, apresentando uma grafia cursiva e fluida.

Prof. Dr. Fernando A. Frota Beserra  
Coordenador Adjunto do Comitê  
de Ética em Pesquisa  
COMEPE/HUWG/UFC

**ANEXO D**

amostra infiltração  
Grupo I(guta-percha/CL)

1	2.833
2	0
3	0
4	0
5	0
6	0
7	3.375
8	2.458
9	6.541
10	1.541
11	3.5
12	0
13	4.166
14	4.208
15	6.291

Grupo I  
mínimo: 0  
máximo: 6.541  
média: 2.327533  
desvio  
pa 2.333697

amostra infiltração  
Grupo II(guta/Híbrida)

1	3.041
2	4.458
3	0
4	0
5	0
6	4.375
7	0
8	5.525
9	0
10	0
11	0
12	0
13	0
14	0
15	0

Grupoll  
mínimo: 0  
máximo: 5.525  
média: 1.15993333  
desvio  
pa 2.04600682

amostra infiltração  
Grupo  
III(Resilon/CL)

1	1.375
2	1.333
3	1.375
4	1.791
5	1.625
6	1.375
7	2.541
8	2.083
9	2
10	1.25
11	1.833
12	2.291
13	5.125
14	4
15	1.375

Grupo  
III  
mínimo: 1.25  
máximo: 5.125  
média: 2.091467  
desvio  
pa 1.095656

amostra Infiltração  
GrupoIV  
(Resilon/TH)

1	4.083
2	1.958
3	3.541
4	1.041
5	1
6	3.541
7	1.875
8	2.666
9	1.75
10	1.125
11	0
12	0.625
13	4.625
14	0
15	0.958

Grupo  
IV  
mínimo: 0  
máximo: 4.625  
média: 1.9192  
desvio  
pa 1.465462

**ANEXO E**

Figura 18: Imagens em Microscopia Óptica do grupo I: Guta-percha/AH Plus/condensação Lateral (GP/CL). Aumento de 100 vezes.

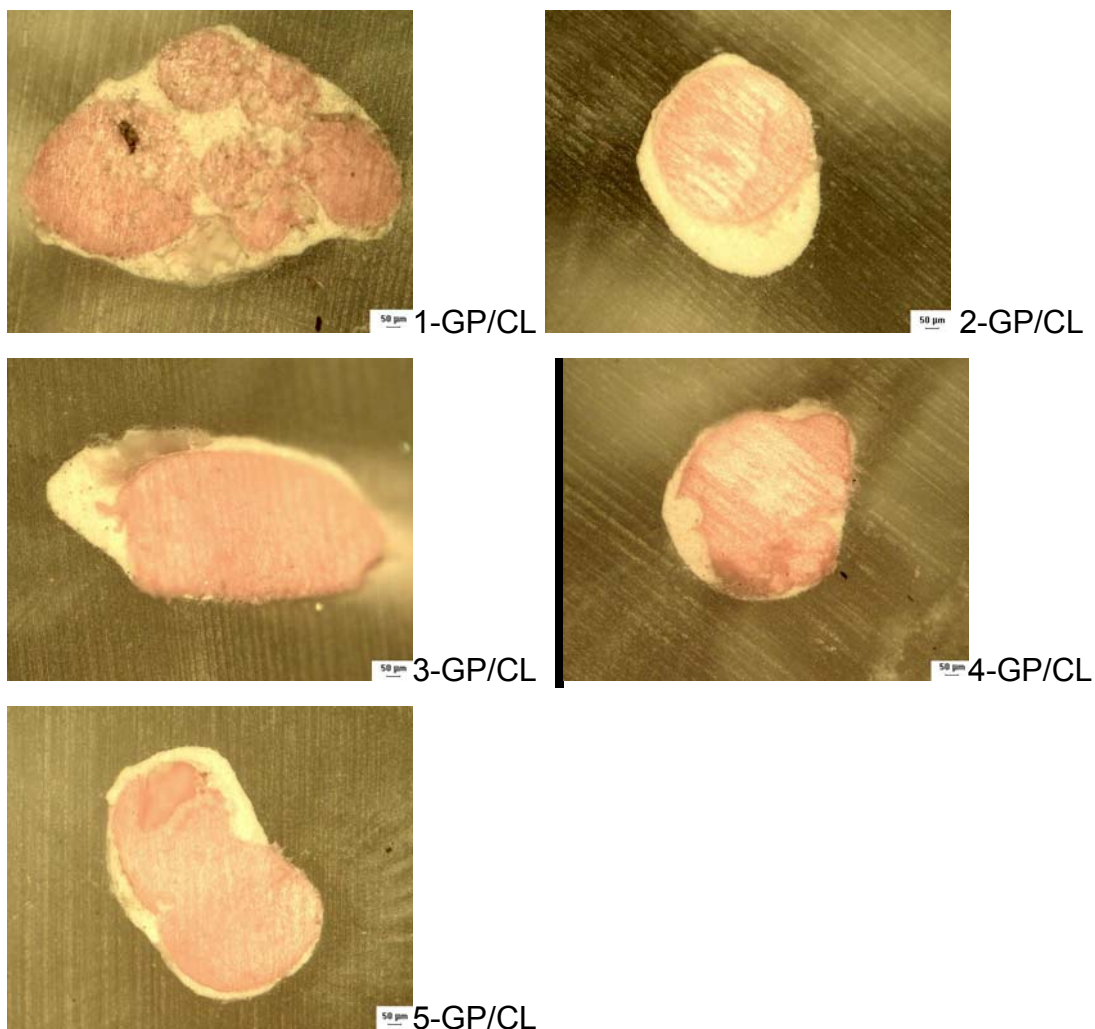
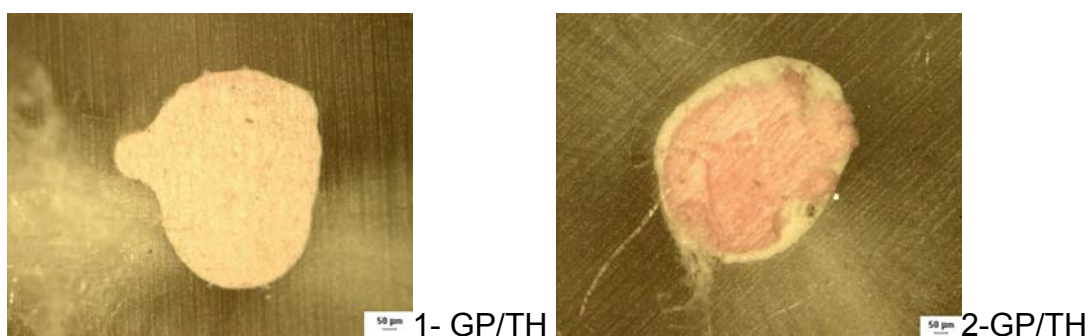


Figura 19: Imagens em Microscopia Óptica do grupo II: Guta-percha/AH Plus/Técnica Híbrida (GP/TH). Aumento de 100 vezes.



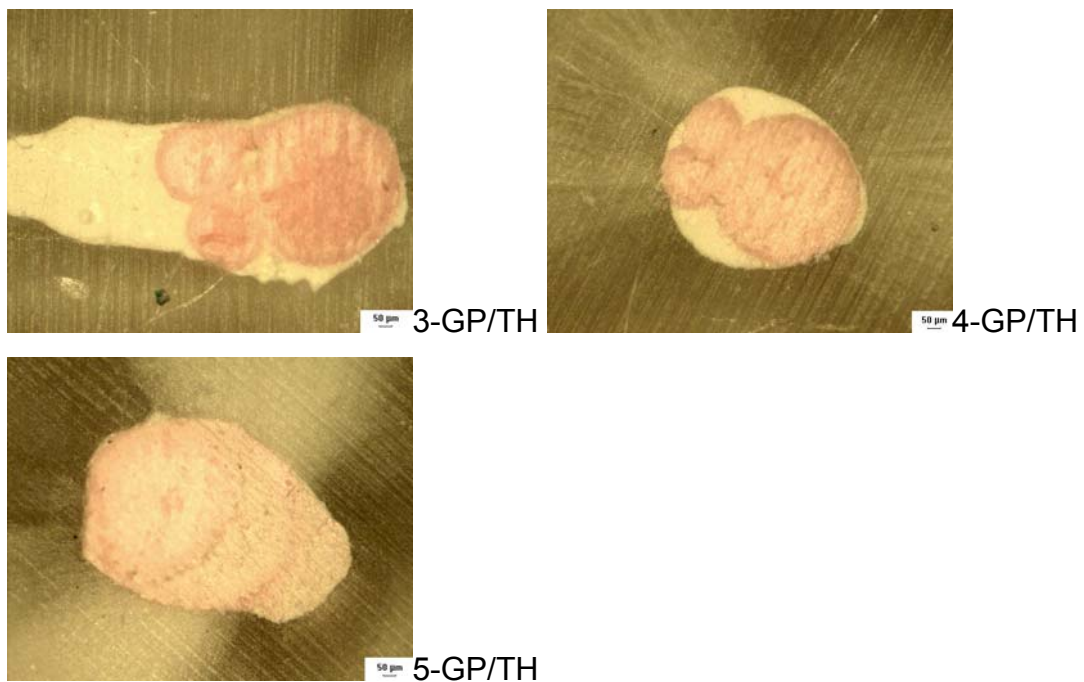
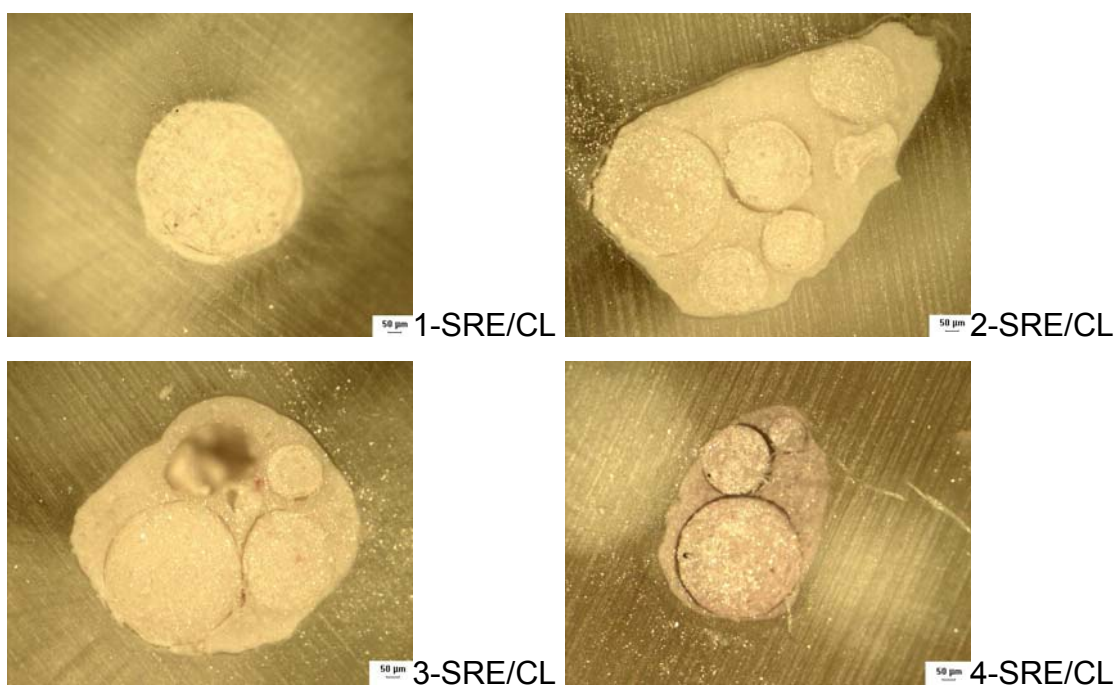


Figura 20: Imagens em Microscopia Óptica do grupo III: Sistema Resilon/Epiphany/condensação Lateral (SRE/CL). Aumento de 100 vezes.



5-SRE/CL Foto Excluída

Figura 21: Imagens em Microscopia Óptica do grupo IV: Sistema Resilon/Epiphany/ Técnica Híbrida (SRE/TH). Aumento de 100 vezes.



50 µm 1-SRE/TH



50 µm 2-SRE/TH



50 µm 3-SRE/TH

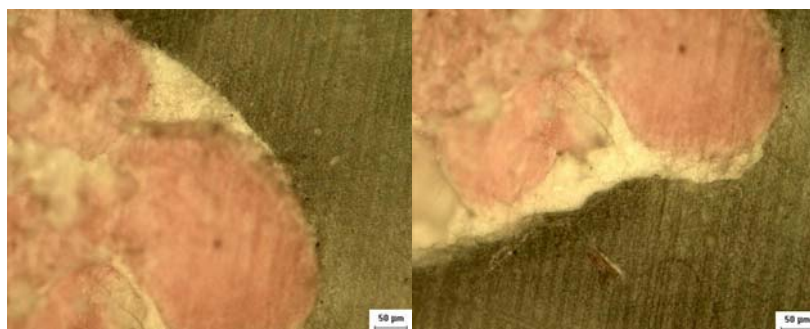


50 µm 4-SRE/TH

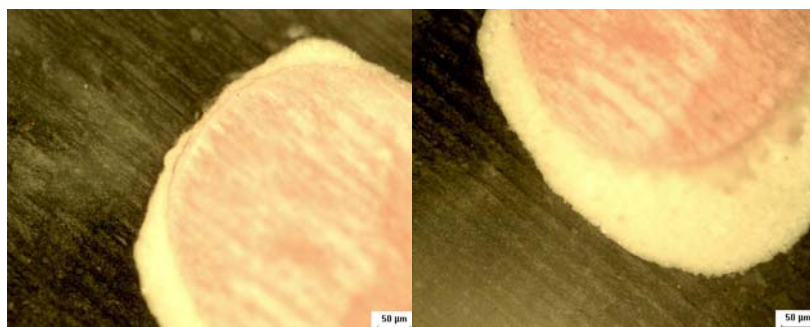


50 µm 5- SRE/TH

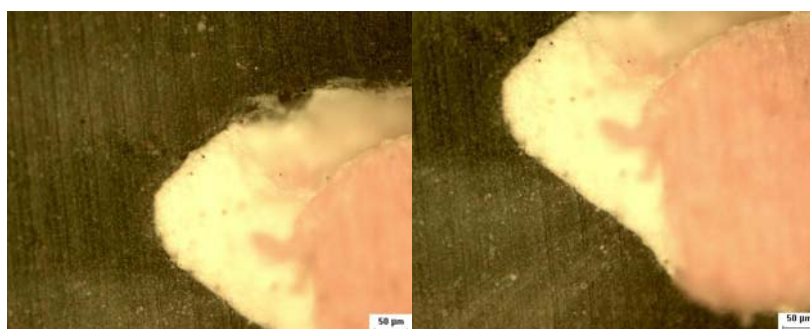
Figura 22: Imagens em Microscopia Óptica do grupo I: Guta-percha/AH Plus/condensação lateral (GP/CL). Aumento de 200 vezes.



Amostra 1 GP/CL



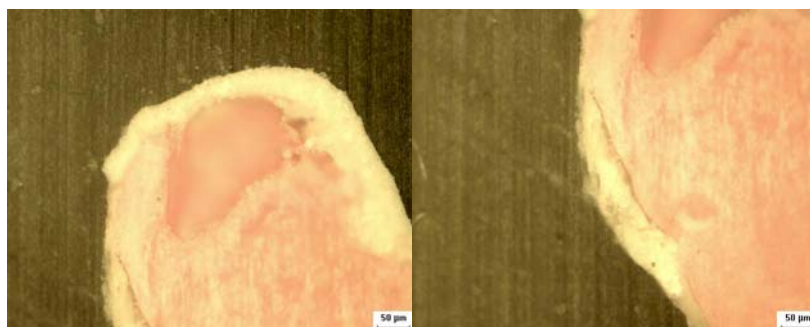
Amostra 2 GP/CL



Amostra 3 GP/CL

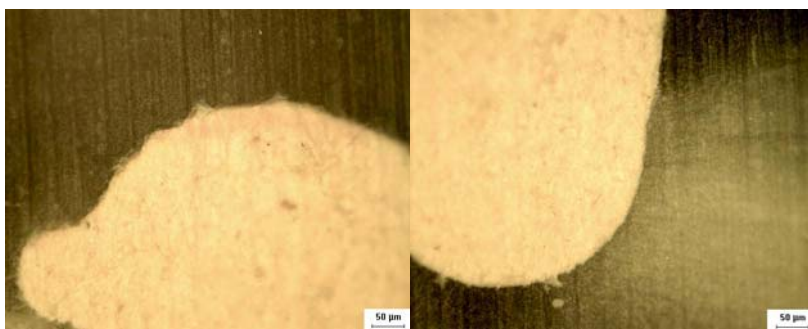


Amostra 4 GP/CL

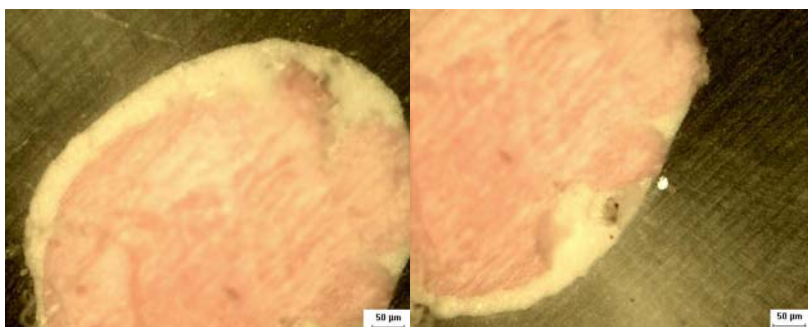


Amostra 5 GP/CL

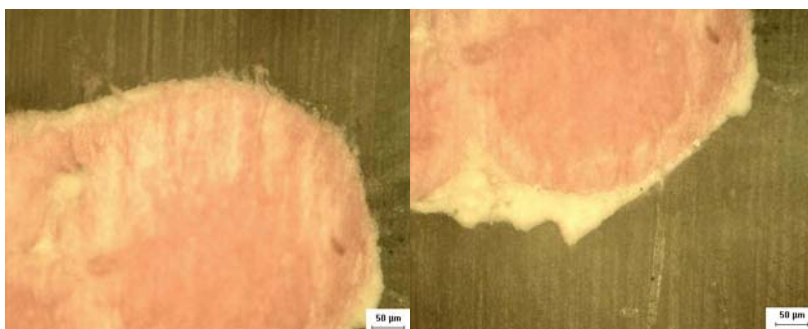
Figura 23: Imagens em Microscopia Óptica do Grupo II: Guta-percha/AH Plus/Técnica Híbrida (GP/TH). Aumento de 200 vezes.



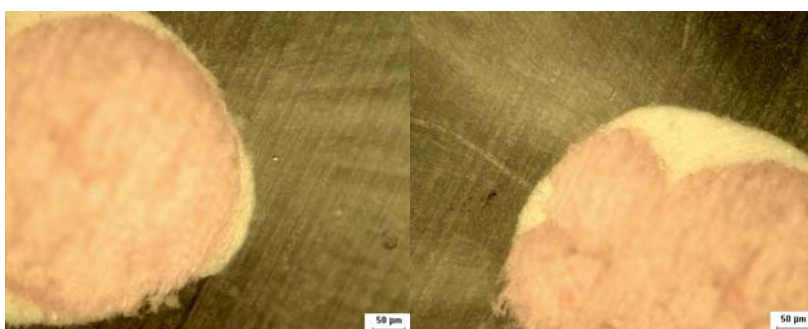
Amostra 1 GP/TH



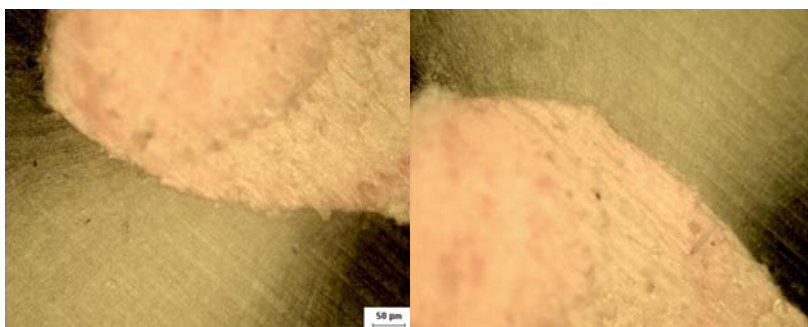
Amostra 2 GP/TH



Amostra 3 GP/TH

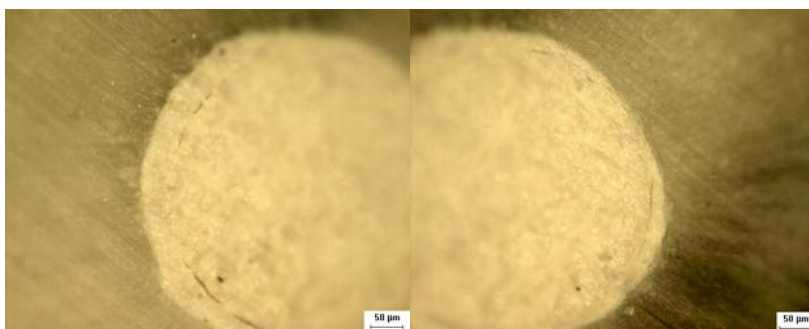


Amostra 4 GP/TH

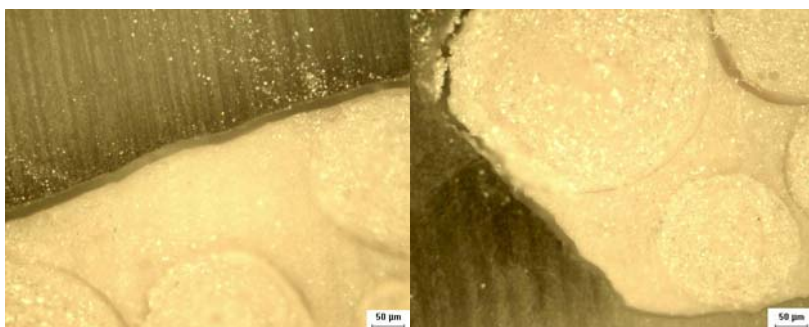


Amostra 5 GP/TH

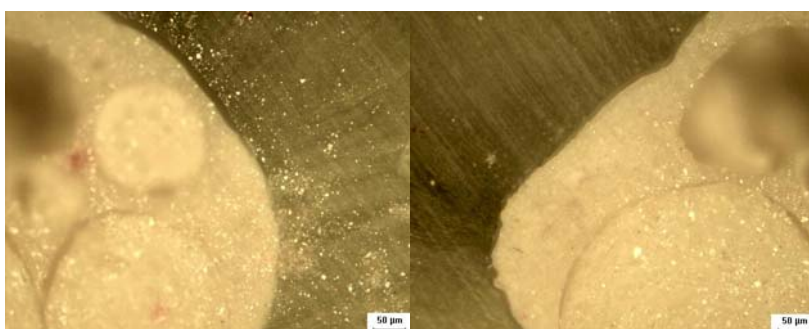
Figura 24: Imagens em Microscopia Óptica do grupo III: Resilon/Epiphany/condensação lateral (SRE/CL). Aumento de 200 vezes.



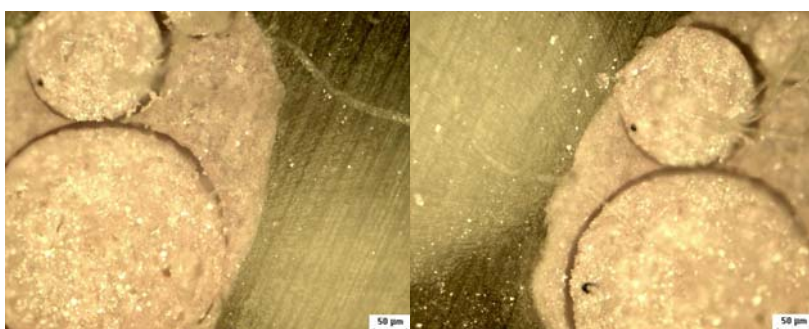
Amostra 1 SRE/CL



Amostra 2 SRE/CL

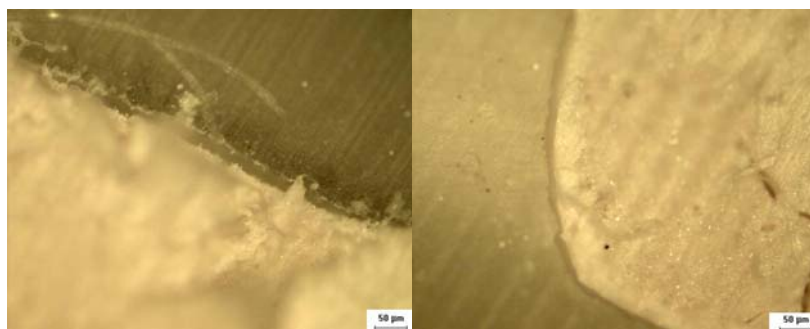


Amostra 3 SRE/CL

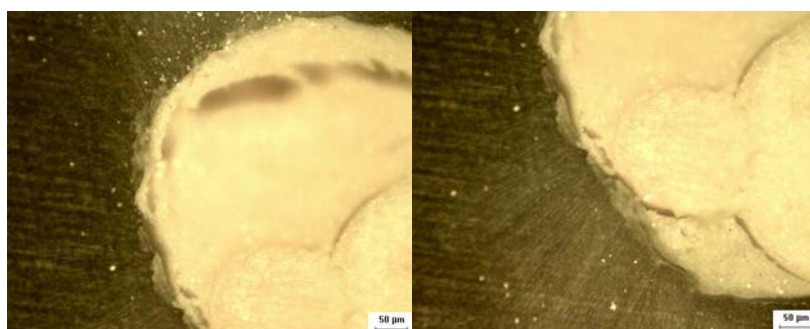


Amostra 4 SRE/CL

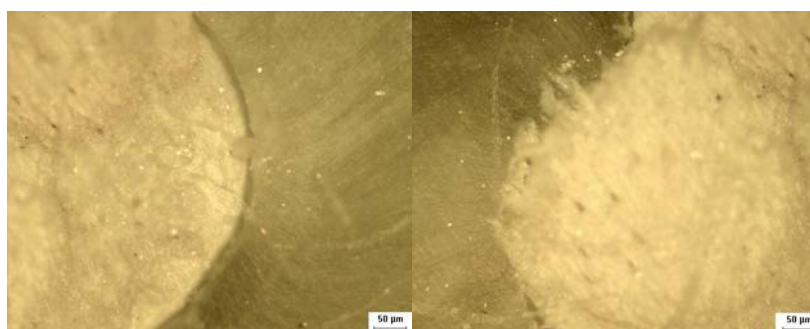
Figura 25: Imagens em Microscopia Óptica do grupo IV: Resilon/Epiphany/Técnica Híbrida (SRE/TH). Aumento de 200 vezes.



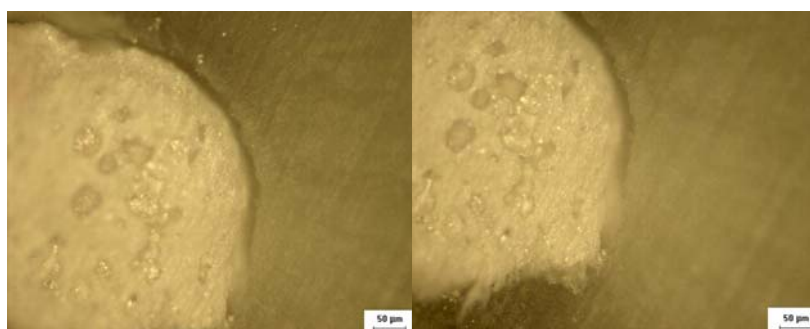
Amostra 1 SRE/TH



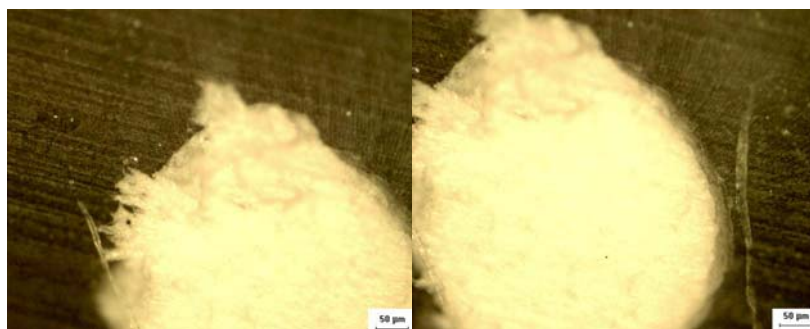
Amostra 2 SRE/TH



Amostra 3 SRE/TH



Amostra 4 SRE/TH



Amostra 5 SRE/TH

