CACIO DE MOURA-NETTO

**ANÁLISE DA QUALIDADE DO SELAMENTO APICAL DE CANAIS
RADICULARES IRRADIADOS COM OS LASERS DE Nd:YAG, DIODO
OU Er:YAG E OBTURADOS COM OS CIMENTOS RESINOSOS AH
PLUS™, ENDOREZ®, EPIPHANY® OU EPIPHANY SE®**

São Paulo

2009

Cacio de Moura-Netto

**Análise da qualidade do selamento apical de canais radiculares
irradiados com os lasers de Nd:YAG, diodo ou Er:YAG e obturados
com os cimentos resinosos AH Plus™, EndoREZ®, Epiphany® ou
Epiphany SE®**

Tese apresentada à Faculdade de
Odontologia da Universidade de São
Paulo, para obter o título de Doutor pelo
Programa de Pós-Graduação em Ciências
Odontológicas.

Área de Concentração: Endodontia

Orientadora: Profa. Dra. Márcia Martins
Marques

São Paulo

2009

Catálogo-na-Publicação
Serviço de Documentação Odontológica
Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo

Moura-Netto, Cacio de

Análise da qualidade do selamento apical de canais radiculares irradiados com os lasers de Nd:YAG, diodo ou Er:YAG e obturados com os cimentos resinosos AH Plus™, EndoREZ®, Epiphany® ou Epiphany SE®. / Cacio de Moura-Netto; orientador Márcia Martins Marques. – São Paulo, 2009.

110p : fig.; tab.; Graf.; 30cm.

Tese (Doutorado – Programa de Pós-Graduação em Ciências Odontológicas. Área de Concentração: Endodontia) -- Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo.

1. Cimentos endodônticos – Capacidade seladora 2. Canais radiculares – Selamento 3. Endodontia

CDD 617.342
BLACK D24

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE E COMUNICADO AO AUTOR A REFERÊNCIA DA CITAÇÃO.

São Paulo, ____/____/____

Assinatura:

E-mail: caciomn@usp.br

FOLHA DE APROVAÇÃO

Moura-Netto C. Análise da qualidade do selamento apical de canais radiculares irradiados com os lasers de Nd:YAG, diodo ou Er:YAG e obturados com os cimentos resinosos AH Plus™, EndoREZ®, Epiphany® ou Epiphany SE® [Tese de Doutorado]. São Paulo: Faculdade de Odontologia da USP; 2009.

São Paulo, 11/03/2009

Banca Examinadora

1) Prof(a). Dr(a). _____

Titulação: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

2) Prof(a). Dr(a). _____

Titulação: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

3) Prof(a). Dr(a). _____

Titulação: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

4) Prof(a). Dr(a). _____

Titulação: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

5) Prof(a). Dr(a). _____

Titulação: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

agradecimientos

DEDICATÓRIA

Aos meus pais Abilio e Eliane,

grandes exemplos na minha vida, indispensáveis na minha formação, responsáveis por trilhar-me por caminhos retos.

*"Valeu a pena? Tudo vale a pena
Se a alma não é pequena."
Fernando Pessoa*

Ao meu irmão Bruno,

único, do seu modo, sempre ao meu lado, criticando quando preciso, defendendo quando necessário. Sua presença é fundamental.

À minha irmã Giullia,

tão novinha e pequena, mas seu sorriso e alegria imensos contagiam todos ao seu redor.

À minha esposa Anna Carolina,

Seu carinho, apoio, respeito e compreensão foram e são vitais para minha existência. Em cada conquista da minha vida, olhei ao redor e você estava ao meu lado, me incentivando e ajudando a superar mais um obstáculo. Inimaginável seguir adiante sem você.

*"Amo como ama o amor. Não conheço nenhuma outra razão para amar senão amar. Que queres que te diga, além de que te amo, se o que quero dizer-te é que te amo?"
Fernando Pessoa*

AGRADECIMENTOS

Ao meu primeiro orientador do curso, Prof. Dr. Carlos Eduardo Aun...

Agradeço aos ensinamentos e confiança a mim prestados, permitindo a cessão de sua orientação para que eu pudesse almejar o doutorado sandwich.

À minha orientadora, Profa. Dra. Márcia Martins Marques...

Obrigado pela sua nobreza em assumir esse trabalho em andamento e dele fazer seu compromisso! Seus ensinamentos e conselhos foram essenciais para o bom norteamento dessa tese.

*"Se eu vi mais longe, foi por estar
de pé sobre ombros de gigantes..."*

Isaac Newton

Aos meu queridos familiares, Piba, Tia Gê, Tios Lú e Dú, Kakalo, Priscilla, D. Silvia, Vô Zulmiro ( ) , Vó Euphemia, Tio Galvão, Rodrigo, tios, tias, primos e primas...

Aos meus grandes "irmãos", Michels, Luiz, Xupeta e Renato,

Agradeço a todos pela amizade, suporte e afeto dedicados a mim ao longo da minha vida.

"A amizade é uma alma com dois corpos."

Aristóteles

Às minhas sócias da Clínica Mello e Moura, Anna Carolina e Priscilla, a nossa “CEO” que administra perfeitamente a clínica, nos permitindo conciliar a vida acadêmica à clínica. A nossa secretária Luciana, por dar o suporte necessário durante minhas ausências.

Ao Prof. Dr. Abilio A. M. de Moura e à Profa. Dra. Eliane Cecílio...

Não bastava vocês serem apenas meus orientadores na vida. Me ensinaram também o valor da busca incansável pelo conhecimento, onde cada descoberta gera novas dúvidas e metas a serem alcançadas. Assim laureados os tenho no mais alto patamar de minha admiração. Estou certo de que “Não há nada que cative mais o ser humano do que o bom exemplo” e eu me torno hoje doutor porque tive esse exemplo.

“A melhor coisa que você pode fazer por uma pessoa é inspirá-la”

Bob Dylan

A Profa. Anna Carolina Volpi Mello de Moura...

Além de grande companheira, tenho ao meu lado uma profissional de extrema competência, apaixonada pelo que faz e sempre disposta a ajudar. Todo o seu suporte facilita e torna mais agradável nossa vida acadêmica.

Aos **amigos** do curso de Doutorado em Endodontia: Luciano Natividade, Leonardo Gonçalves, Ângela Araki, André Michelotto e Eduardo Akisue... chamá-los de colegas é, no mínimo, uma injustiça. Obrigado por tudo, queridos **amigos**.

Também fiz grandes amigos no depto. ao lado, graças às constantes visitas a minha esposa doutoranda. A amizade e ajuda de vocês fizeram de um curso exaustivo, uma prazerosa convivência para nós... Mari (irmãzinha postíça), Grigia, Gabi, Dani Xexa, Fausto, Profa. Dani, Fê Nahás, Adri, Jana, Lu, Márcia, Imparato e Prof. Guedes... muito obrigado!

Ao Prof. Dr. Abilio A. M. de Moura e equipe de Endodontia da UNIP, Harry, Leni, Camilla, Sergio, Fabio e Márcia pelo apoio, ensinamentos, suporte nas minhas ausências e, principalmente, por sempre manterem viva essa família endodôntica.

Ao Prof. Dr. Igor Prokopowitsch e equipe de Endodontia da APCD SCS, Bira, Andrea, Cabrales, Brígida, Regiane, Cintia e Patrícia pela ajuda na etapa inicial do preparo da amostra e pela compreensão e suporte durante meus dias de ausência. Obrigado também, Prof. Igor, pelas oportunidades e portas que me abriu, além dos conselhos e ensinamentos sempre pertinentes.

Ao Prof. Dr. Antonio Carlos Bombana, coordenador do curso de pós-graduação, por estar sempre disponível, dando conselhos, mostrando direções e suportando nossas pesquisas.

Aos demais Professores da Disciplina de Endodontia da FOU SP, pelos ensinamentos, convivência e experiências que me fizeram amadurecer profissional e cientificamente.

Ao Prof. Dr. Paschoal Armonia e Prof. Flávio pela confiança ao me receber como professor na UNIP e ao incentivo constante para alcançar novos triunfos. E aos grandes colegas Luiz Felipe e Caê... Ser professor é mais prazeroso quando suportado por pessoas como vocês.

Aos grandes casais de amigos...

Michels e Fê Alê... além da enorme amizade, vocês foram fundamentais no desenvolvimento do ImageRanker e nas correções e considerações dessa tese.

Marcela Grigia e Bruno Grigio... mesmo ai longe nos pampas, o apoio e carinho de vocês são estatisticamente significantes para nós!! Grigia, muito obrigado por todo o seu apoio nesse trabalho!!!

Dé e Rê, Carol e Anderson... obrigado pela amizade incondicional, desde a graduação.

Ao grande amigo Renato Miotto Palo... colegas de graduação na UNIP, a Endodontia fez com que nos reencontrássemos, para criarmos uma grande parceria e amizade.... obrigado pelo apoio!

Ao Prof. Osvaldo Zmener (Universidad El Salvador, Argentina), Prof. Dr. Cornelis Pameijer (University of Connecticut, EUA) e ao Dr. Dan Fischer e Sr. Luiz Abreu (Ultradent Products Inc.) pelo grande auxílio na discussão da metodologia, análise dos resultados e fornecimento de materiais para execução do trabalho.

Aos meus alunos de iniciação científica (Fernanda, Viviane, Tiago, Adriana e Danila) e de Especialização (Ma. Fernanda e Stela) pelo empenho com que abraçam minha linha de pesquisa, tornando-a suas...

Aos funcionários do Depto. de Dentística da FOUSP, especialmente à querida secretária Ana Maria... seu suporte e zelo foram fundamentais para meu melhor aproveitamento do curso.

Aos laboratórios que foram palco para realização desse estudo, sobretudo às pessoas que por eles zelam: à Profa. Dra. Ana Cecília C. Aranha do LELO; à Sonia do laboratório do Depto. de Dentística da FOUSP; à querida Geol. Ms. Liz D'Agostino, do Laboratório de Caracterização Tecnológica da Escola Politécnica da USP.

Ao Conselho Nacional para o Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsa durante o curso de Doutorado.

...e a todos aqueles que de uma forma direta ou indireta contribuíram para a execução deste trabalho,

meus sinceros agradecimentos.

*"De nada valem nossas vitórias se elas não forem alcançadas
entregando todo o nosso coração."*

Michael Jeffrey Jordan

Moura-Netto C. Análise da qualidade do selamento apical de canais radiculares irradiados com os lasers de Nd:YAG, diodo ou Er:YAG e obturados com os cimentos resinosos AH Plus™, EndoREZ®, Epiphany® ou Epiphany SE® [Tese de Doutorado]. São Paulo: Faculdade de Odontologia da USP; 2009.

RESUMO

O objetivo deste estudo foi analisar a influência da irradiação com lasers de alta intensidade antes da obturação de canais radiculares com cimentos endodônticos resinosos no selamento apical. Raízes permanentes humanas (n=168) foram endodonticamente tratadas e, então, divididas aleatoriamente em quatro grupos experimentais (n=42), de acordo com o tratamento dentinário subsequente. Os grupos foram: GØ (controle) – sem tratamento adicional; GN – irradiado com o laser de Nd:YAG (1,5 W, 100 mJ, 15 Hz); GD – irradiado com o laser de diodo (2,5 W em modo contínuo); GE – irradiado com o laser de Er:YAG (1 W, 100 mJ, 10 Hz). Dois espécimes de cada grupo foram preparados para avaliação em microscopia eletrônica de varredura (MEV) convencional para observação morfológica da superfície dentinária apical. Os espécimes remanescentes de cada grupo foram aleatoriamente divididos em quatro subgrupos (n=10), de acordo com o cimento obturador utilizado (AH Plus™, EndoREZ®, Epiphany® ou Epiphany SE®). Para a análise de infiltração, os espécimes foram imersos em solução amoniacal de nitrato de prata a 50 % (pH=9,5) por 24 horas. Os valores de infiltração apical, em mm, foram comparados pela ANOVA, seguido pelo teste de Tukey (p<0,05). Cinco secções de cada subgrupo foram aleatoriamente selecionadas e analisadas em MEV em modo ambiental para avaliar a adaptação e penetração do material obturador nas paredes dentinárias. As imagens em MEV ambiental foram classificadas em escores por três avaliadores calibrados. A concordância inter-examinadores foi confirmada pelo teste Kappa e os escores foram comparados pelo teste de Kruskal-Wallis (p<0.05). No grupo controle, o cimento EndoREZ® apresentou infiltração de nitrato de prata significativamente menor que todos os outros cimentos (p<0,05), com exceção do Epiphany®. A irradiação com os lasers de Nd:YAG e de diodo diminuiu a infiltração média dos subgrupos obturados com o cimento AH Plus™ (p<0,05). A irradiação com o laser de Nd:YAG levou a um aumento do nível de infiltração nos subgrupos obturados com EndoREZ® e Epiphany SE®. A adaptação, bem como a penetração dos cimentos, não foram prejudicadas

pela prévia irradiação com laser dos canais radiculares, independentemente do laser utilizado.

Palavras-Chave: Selamento apical – Cimentos resinosos – Lasers em alta intensidade – Endodontia

Moura-Netto C. Quality analysis of the apical seal of root canals irradiated with Nd: YAG, diode or Er: YAG lasers and filled with AH Plus™, EndoREZ®, Epiphany® or Epiphany SE® resin based sealers [Tese de Doutorado]. São Paulo: Faculdade de Odontologia da USP; 2009.

ABSTRACT

The aim of this study was to analyze the influence of intracanal high intensity laser irradiation prior to root canal filling with resin based endodontic sealers on the apical sealing. Human dental roots (n=168) were endodontically treated and then randomly divided into four experimental groups (n=42), according to the further dentin surface treatment. The groups were: control (GØ) – received no further treatment; GN – irradiated with Nd:YAG laser (1.5 W, 100 mJ, 15 Hz); GD – irradiated with diode laser (2.5 W in continuous way) and GE – irradiated with Er:YAG laser (1 W, 100 mJ, 10 Hz). Two specimens of each group were prepared for conventional scanning electron microscopy (SEM) for morphological observation of the apical dentin surface. The remaining specimens of each group were randomly divided into four subgroups (n=10), according to the sealer used for dental root filling as follows: AH Plus™, EndoREZ®, Epiphany® or Epiphany SE®. For leakage analysis, the specimens were immersed into 50 % silver nitrate ammoniacal solution (pH = 9.5) for 24 hours. The values of apical leakage, in mm, were compared by ANOVA followed by Tukey's test (p<0,05). Five sections of each subgroup were randomly selected and analyzed using environmental SEM in order to evaluate the adaptation and penetration of the filling material into the dentin walls. The environmental SEM images were scored by three calibrated examiners. The inter-examiners agreement was confirmed by Kappa test and the scores were compared by Kruskal-Wallis test (p<0.05). At the control group, the EndoREZ® sealer led to significantly smaller silver nitrate leakage in comparison to the others sealers (p<0,05), except by Epiphany®. The irradiation with Nd:YAG and diode lasers reduced the mean leakage of the subgroups filled with AH Plus™ sealer (p<0,05). Nd:YAG laser irradiation led to a leakage level increase of the subgroups filled with EndoREZ® and Epiphany SE®. The adaptation as well as sealer penetration were not impaired by the root canal prior laser irradiation, independently of the laser used.

Keywords: Apical Seal– Resin sealers – High intensity lasers – Endodontics

SUMÁRIO

p.

1 INTRODUÇÃO.....	14
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	17
3 PROPOSIÇÃO.....	35
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	37
5 RESULTADOS	57
6 DISCUSSÃO.....	76
7 CONCLUSÕES.....	90
REFERÊNCIAS	92
ANEXO	109

01_introdução

1 INTRODUÇÃO

O tratamento endodôntico busca restabelecer as condições de normalidade dos dentes por meio da sanificação, modelagem e obturação do sistema de canais radiculares. Sabe-se que a descontaminação radicular só é mantida quando ocorre o completo selamento do sistema endodôntico. No entanto, tal objetivo nem sempre é conseguido com sucesso (DE MOOR et al., 2000; SJOGREN et al., 1990). Por essa razão, a pesquisa e desenvolvimento de novos materiais obturadores e técnicas de preparo endodôntico têm sido intensificadas.

Os sistemas obturadores, usualmente, associam um material sólido a um cimento, que é responsável pelo selamento e adaptação do material sólido à parede dentinária. Diversos materiais já foram propostos para o preenchimento do espaço endodôntico. Enquanto a guta-percha ainda é considerada o material sólido mais indicado, não há um consenso na literatura quanto ao tipo de cimento ideal (KARDON et al., 2003; SCHILDER, 1967).

Acompanhando as tendências da Odontologia adesiva, foram desenvolvidos cimentos resinosos à base de metacrilatos, que visam melhorar o selamento endodôntico baseados na maior penetração no interior dos túbulos dentinários, o que aumenta a superfície de contato e adesão (AHLBERG; TAY, 1998; SHIPPER et al., 2004; ZMENER; PAMEIJER; MACRI, 2005).

Paralelamente à busca de novas formulações de materiais obturadores, novas técnicas de preparo do substrato dentinário intrarradicular também têm sido propostas. Entre elas, destaca-se a utilização da irradiação intrarradicular com lasers de alta intensidade, como o de Nd:YAG (*neodymium-doped yttrium aluminium*

garnet; Nd:Y₃Al₅O₁₂), de diodo e de Er:YAG (*erbium-doped yttrium aluminium garnet*; Er:Y₃Al₅O₁₂). Essas irradiações promovem redução bacteriana e produzem alterações na morfologia das paredes dentinárias que poderiam ser relevantes na determinação do vedamento dos canais após sua obturação.

O desempenho dos cimentos resinosos, bem como da irradiação intracanal no selamento apical após o tratamento endodôntico têm sido avaliados, porém isoladamente. No entanto, a literatura atual ainda é escassa na análise do desempenho da interação entre o preparo da superfície dentinária intrarradicular com irradiação com lasers de alta intensidade seguida da obturação do sistema de canais radiculares com os diferentes cimentos resinosos atualmente existentes no mercado, mais especificamente os à base de metacrilatos. Sabendo-se que a irradiação com lasers de alta intensidade pode modificar substratos biológicos como a dentina e que a adesão dos cimentos resinosos é dependente das condições do substrato dentinário, o estudo da interação desses dois fatores se justifica. Por essa razão, o objetivo deste trabalho é analisar a qualidade da obturação do sistema de canais radiculares em função da interação entre irradiação laser intrarradicular e a utilização de cimentos endodônticos resinosos na obturação de canais radiculares.

02_revisão_literatura

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Materiais utilizados para obturação endodôntica

O completo selamento, tridimensional, do sistema de canais radiculares é de extrema importância para o resultado final da terapia endodôntica, inviabilizando qualquer comunicação entre o meio interno e externo do dente, evitando a penetração de microrganismos e suas toxinas, via coronária ou apical (DE MOOR et al., 2000; JIMENEZ-PINZON et al., 2004; MADARATI et al., 2008; SEGURA-EGEA et al., 2004; SJOGREN et al., 1990).

Basicamente, a grande maioria dos sistemas de obturação consiste na associação de um material sólido em forma de cone, que confere a estabilidade dimensional da obturação, envolto por um cimento, que preenche as irregularidades anatômicas e promove o selamento e a adaptação com a parede dentinária. Historicamente, diversos materiais obturadores já foram propostos e avaliados na literatura com a premissa de promover o preenchimento ideal do espaço endodôntico.

Durante o último século, a guta-percha tem sido considerada o material sólido mais indicado na terapia endodôntica, graças a sua estabilidade dimensional, boa tolerância tecidual, maleabilidade e fácil remoção em casos de insucesso (KARDON et al., 2003; SCHILDER, 1967). Em contrapartida, não há um consenso na literatura quanto ao cimento endodôntico que possua as melhores propriedades físicas, químicas e biológicas, tornando-se difícil a eleição do material ideal. Inúmeros

cimentos já foram e continuam sendo desenvolvidos e comercializados, em uma constante busca por um produto que alcance e mantenha o perfeito selamento endodôntico aliado a uma boa tolerância tecidual (ADANIR; COBANKARA; BELL, 2006; XU et al., 2005).

Esta busca iniciou-se com os cimentos à base de óxido de zinco, ainda hoje em maior número no mercado, devido às suas boas propriedades físicas e sua popularidade na Odontologia (CAMPS et al., 2004; MARKOWITZ et al., 1992).

Alicerçadas em suas propriedades biológicas e reparativas, como a indução de um selamento biológico pela deposição de tecido calcificado na região apical, formulações de cimentos endodônticos à base de hidróxido de cálcio foram também propostas. Entretanto, sabe-se que qualquer efeito terapêutico desse cimento depende da dissociação iônica do cimento, implicando na solubilização do mesmo e consequente perda no selamento (LEE et al., 2002; MCMICHEN et al., 2003).

Na constante evolução da Odontologia, analisou-se também o desempenho de cimentos de ionômero de vidro como selador endodôntico, devido à capacidade de se aderir à estrutura dentária, alcançando bons resultados como material restaurador (LEE et al., 2002; MCMICHEN et al., 2003; YOSHIDA et al., 2000). Tal adesão baseia-se na interdifusão de compostos ionoméricos entre as fibras colágenas expostas pelo ácido poliacrílico e na interação iônica entre os grupos carboxílicos do ácido poliacrílico com os íons cálcio da hidroxiapatita, que permanece ligada às fibras colágenas (VAN MEERBEEK et al., 2003; VAN MEERBEEK et al., 1992; YOSHIDA et al., 2000).

Sob a mesma óptica, na qual adesão à estrutura dentária e selamento são diretamente proporcionais, desenvolveu-se também cimentos à base de resina, primeiramente, epóxica. Estes cimentos obtiveram resultados promissores em relação aos demais já existentes, desde a fórmula do AH26™ e agora consagrados

mundialmente com o sucessor AH Plus™ (LEE et al., 2002; LIMKANGWALMONGKOL; ABBOTT; SANDLER, 1992; ZMENER et al., 1997). Os cimentos à base de resina epóxica têm característica hidrofóbica, compostos por bisfenol A e F. Apesar da sua boa capacidade de vedamento e escoamento, estudos de biocompatibilidade não são concordantes, mostrando índices de citotoxicidade variando de leve a severo (BOUILLAGUET et al., 2006; ELDENIZ et al., 2007; ERSEV et al., 1999; LODIENE et al., 2008; SCARPARO; GRECCA; FACHIN, 2009; SHIPPER et al., 2005; SOUSA et al., 2006). Mais preocupante ainda é o conhecimento da liberação de formaldeído e paraformaldeído por este cimento, substâncias classificadas como pró-carcinogênicas pela IARC (International Agency for Research on Cancer) (COGLIANO et al., 2004; LEONARDO et al., 1999; SPANGBERG; BARBOSA; LAVIGNE, 1993).

Na última década, o aperfeiçoamento das resinas restauradoras e os estudos sobre adesão e formação da camada híbrida, encorajaram novos trabalhos, agora com cimentos resinosos à base de metacrilatos, nas suas mais diversas formas (AHLBERG; TAY, 1998; SHIPPER et al., 2004; ZMENER; PAMEIJER; MACRI, 2005). Teoricamente, a maior penetração no interior dos túbulos dentinários aumentaria a área de contato entre material obturador e parede dentinária, potencializando a retenção micromecânica, capacidade seladora e resistência dos mesmos. Alguns destes cimentos demandam uma alteração no protocolo convencional de obturação, como a neutralização das soluções irrigadoras como o hipoclorito de sódio e EDTA com uso de água destilada e condicionamento prévio das paredes dentinárias, que devem permanecer hidratadas (ZMENER et al., 2008).

Entre os cimentos à base de metacrilatos mais comercializados mundialmente, a empresa Ultradent Products Inc. foi a precursora com o lançamento

do EndoREZ[®], cimento à base de uretano de dimetacrilato (UDMA), com característica hidrofílica e autopolimerizante. Sua primeira composição mostrou resultados inferiores ao AH Plus[™] no quesito selamento, provavelmente relacionados à falta de polimerização e penetração em túbulos dentinários (KARDON et al., 2003; MOURA-NETTO et al., 2007; SEVIMAY; KALAYCI, 2005). Dessa maneira, foi lançada uma segunda versão do EndoREZ[®], com a adição de fotoiniciadores, conferindo ao cimento uma cura dual. Também foi recomendado o uso de cones de guta-percha específicos, recobertos com uma fina camada de resina, na tentativa de solucionar a falta de adesão entre cimento e cone. Recentemente, foi lançada a terceira versão do EndoREZ[®], com melhorias no agente fotoiniciador e com uma base de diuretano de dimetacrilato (DUDMA).

Logo após o lançamento do EndoREZ[®], as empresas Pentron Clinical Technologies e SybronEndo colocaram no mercado um mesmo sistema de obturação, apenas com nomes comerciais diferentes: Epiphany[®] e RealSeal[®], respectivamente. Este sistema é composto por um cimento hidrofílico de cura dual à base de uma mistura de metacrilatos (BisGMA, UDMA, PEGDMA, EBPADMA); um *primer* autocondicionante e cones sintéticos, à base de polímero de poliéster, vidro bioativo e dimetacrilato (Resilon[®]). A premissa desse sistema é a criação de um monobloco obturador, no qual cimento e cone formam um material único após a polimerização do cimento, conferindo mais estabilidade, resistência e longevidade à obturação (SHIPPER et al., 2004). Apesar de ser um produto inovador, a necessidade de mudança no protocolo de obturação, principalmente com a adição de uma etapa por causa da aplicação do *primer*, gerou uma certa resistência quanto à aceitação desse sistema pelos profissionais. Com base nisso, há pouco mais de um ano as empresas lançaram a fórmula autocondicionante (*self-etch*) dos cimentos,

colocando no mercado o Epiphany SE[®] e RealSeal SE[®], que dispensam o uso do *primer*.

Por serem ainda recentes, os cimentos de metacrilato possuem poucos trabalhos clínicos de longo prazo, impossibilitando afirmar o sucesso clínico das obturações à base de metacrilato (PAMEIJER; ZMENER, 2006; ZMENER; PAMEIJER, 2007). Todavia, diversos estudos vêm sendo executados, comparando as propriedades químicas, físicas e biológicas dos cimentos à base de metacrilato com os outros, principalmente com o AH Plus[™], muito utilizado atualmente como padrão ouro nas pesquisas. Da mesma forma, a guta-percha perde sua hegemonia como material sólido e se torna alvo de comparações com o Resilon[®].

A especificação número 57 da ANSI/ADA (AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE/AMERICAN DENTAL ASSOCIATION, 2000) estipula os métodos de teste e os requisitos mínimos dos cimentos endodônticos quanto ao escoamento, radiopacidade, tempo de trabalho e de presa e espessura do cimento. Além destas propriedades, a solubilidade, a adesão, o selamento e as características biológicas do cimento endodôntico são de extrema importância na definição de um bom material obturador.

Na premissa de comparar os cimentos estudados nessa pesquisa, foi realizado um levantamento bibliográfico na base Pubmed (www.pubmed.org – realizado até 20/01/2009), buscando artigos científicos publicados entre os anos de 2000 e 2009 que avaliassem ao menos um dos cimentos do presente estudo nos requisitos acima relacionados. Por possuírem fórmulas idênticas ao Epiphany[®] e Epyphany SE[®], os artigos que avaliaram o RealSeal[®] e o RealSeal SE[®] também foram incluídos.

Constatou-se que existe uma escassez de trabalhos relacionados às propriedades físicas dos cimentos, sendo encontrados apenas oito artigos. O cimento Epiphany SE[®] não foi avaliado em nenhum deles. O cimento AH Plus[™] obteve resultados iguais ou melhores em comparação com cimentos não resinosos em relação à radiopacidade (CARVALHO-JUNIOR et al., 2007a), escoamento (ALMEIDA et al., 2007; MCMICHEN et al., 2003; VERSIANI et al., 2006), solubilidade (CARVALHO-JUNIOR et al., 2007b; DONNELLY et al., 2007; MCMICHEN et al., 2003; SCHAFER; ZANDBIGLARI, 2003) e tempo de trabalho e presa (MCMICHEN et al., 2003; VERSIANI et al., 2006). O Epiphany[®] (ou RealSeal[®]) também obteve bons resultados nos testes de escoamento e radiopacidade, mas apresentou maior índice de solubilidade, deficiência também apresentada pelo EndoREZ[®] (DONNELLY et al., 2007; VERSIANI et al., 2006).

A adesão e força de união com a dentina é uma das principais características dos cimentos resinosos. Somente nove trabalhos comparando ao menos dois cimentos deste estudo foram encontrados e mostraram a superioridade do AH Plus[™] nos testes de *push-out* frente ao Epiphany[®] ou ao EndoREZ[®] (ALFREDO et al., 2008; ELDENIZ; ERDEMIR; BELLİ, 2005; GESI et al., 2005; JAINAEN; PALAMARA; MESSER, 2007; NUNES et al., 2008; RAHIMI et al., 2009; SLY et al., 2007; UNGOR; ONAY; ORUCOGLU, 2006; UREYEN KAYA et al., 2008). Com relação à penetração em túbulos dentinários, os cimentos resinosos são superiores aos outros cimentos (MAMOOTIL; MESSER, 2007; PATEL et al., 2007), aumentando, em teoria, a capacidade adesiva dos mesmos (SKIDMORE; BERZINS; BAHCALL, 2006).

Apesar das ótimas propriedades físico-químicas que um cimento possa ter, sua utilização clínica torna-se inviável se o mesmo não possuir boas características

biológicas. Sob este pretexto, inúmeros estudos têm sido conduzidos para avaliar a toxicidade celular e a biocompatibilidade tecidual dos materiais obturadores. Foram levantados treze estudos a partir de 2000 que avaliaram ao menos um dos cimentos desta pesquisa quanto à citotoxicidade, utilizando-se células animais e/ou humanas. As análises de citotoxicidade mostraram resultados controversos para todos os cimentos resinosos. A toxicidade do cimento AH Plus™ foi considerada de severa (LODIENE et al., 2008; MERDAD et al., 2007; MILETIC et al., 2005; WILLERSHAUSEN et al., 2000) a leve ou inexistente (CAMPS; ABOUT, 2003; ELDENIZ et al., 2007; OZTAN et al., 2003; SCHWARZE et al., 2002; SCHWARZE; LEYHAUSEN; GEURTSSEN, 2002), quando comparada a outros tipos de cimento. Da mesma forma, os cimentos Epiphany® e EndoREZ® foram considerados de muito a pouco citotóxicos na literatura (BOUILLAGUET et al., 2004; BOUILLAGUET et al., 2006; DA SILVA et al., 2008; ELDENIZ et al., 2007; KEY; RAHEMTULLA; ELEAZER, 2006; LODIENE et al., 2008; MERDAD et al., 2007). Apenas cinco trabalhos de biocompatibilidade tecidual foram encontrados na literatura, sendo quatro destes, testes em subcutâneo de ratos. De maneira geral, os cimentos AH Plus™, EndoREZ® e Epiphany® apresentaram reação inflamatória inicial, que decrescia com o passar do tempo (ONAY; UNGOR; OZDEMIR, 2007; SOUSA et al., 2006; ZAFALON et al., 2007; ZMENER, 2004; ZMENER; BANEGAS; PAMEIJER, 2005). Apenas Souza et al. (2006) compararam os três cimentos citados, encontrando melhores resultados de biocompatibilidade com o cimento Epiphany®, frente ao AH Plus™ e EndoREZ®.

Entre as propriedades de um cimento endodôntico, a capacidade seladora é, notoriamente, a mais avaliada. Utilizando os mesmos parâmetros de busca, foram encontrados trinta e quatro trabalhos que analisaram o vedamento apical promovido

por pelo menos um dos cimentos resinosos do presente estudo. Tais estudos revelam a superioridade do selamento promovido por cimentos resinosos frente aos não resinosos (ADANIR; COBANKARA; BELLI, 2006; DE ALMEIDA et al., 2000; DE-DEUS et al., 2006; MELLO; ROBAZZA; ANTONIAZZI, 2004; MONTICELLI et al., 2007a; MONTICELLI et al., 2007b; ROGGENDORF et al., 2007; SILVEIRA et al., 2007; SIQUEIRA Jr.; ROCAS; VALOIS, 2001; XU et al., 2005; ZMENER; PAMEIJER; MACRI, 2005). Poucas são as pesquisas que na última década afirmam a paridade ou inferioridade dos cimentos resinosos (BOUILLAGUET et al., 2004; CAMPS; PASHLEY, 2003; COBANKARA et al., 2002; COBANKARA et al., 2006). Entre os resinosos, os cimentos à base de metacrilatos são constantemente confrontados ao AH Plus™, normalmente utilizado como padrão ouro em pesquisas. Utilizando-se de diferentes metodologias para análise da infiltração apical, a literatura recente não consagra nenhuma das bases resinosas, estando dividida em resultados a favor do AH Plus™ (DE-DEUS; NAMEN; GALAN Jr., 2008; GERNHARDT et al., 2007; KARDON et al., 2003; ORUCOGLU; SENGUN; YILMAZ, 2005; PAQUE; SIRTES, 2007; SEVIMAY; KALAYCI, 2005), outros a favor dos cimentos à base de metacrilatos (BODRUMLU; TUNGA, 2006; ODDONI et al., 2008; RAINA et al., 2007; SAGSEN et al., 2006) e ainda aqueles que ditam não haver diferenças significantes entre os cimentos resinosos (BODRUMLU; TUNGA, 2007; BOUILLAGUET et al., 2008; DE-DEUS et al., 2006; FRANSEN et al., 2008; KAYA; KECECI; BELLI, 2007; MOURA-NETTO et al., 2007; ONAY; UNGOR; ORUCOGLU, 2006; TAY et al., 2005; VERISSIMO; DO VALE; MONTEIRO, 2007).

2.2 Uso da irradiação a laser em Endodontia

Paralelamente, no intuito de aumentar o índice de sucesso da terapia endodôntica, outros recursos têm sido estudados, mostrando resultados de grande valia em Endodontia. Entre eles, pode-se destacar a utilização dos lasers de alta intensidade, como o de Nd:YAG, de diodo e de Er:YAG, que promovem redução bacteriana no momento da irradiação e produzem alterações na morfologia das paredes dentinárias que podem ser relevantes para auxiliar o vedamento dos canais após sua obturação (KHAN et al., 1997; KIMURA; WILDER-SMITH; MATSUMOTO, 2000; MATSUMOTO, 2000; SCHOOP et al., 2002).

Sua ação ocorre quando a energia do laser incide sobre os tecidos vivos, e esta é absorvida. A profundidade de penetração do laser varia de acordo com o coeficiente de absorção do tecido irradiado e do comprimento de onda utilizado. Entretanto, a absorção também é responsável pelos efeitos térmicos no interior do tecido resultante da conversão de energia luminosa em energia térmica. Dessa maneira, antes de se iniciar um tratamento devem-se decidir os parâmetros de exposição a serem empregados: comprimento de onda; potência; intensidade ou densidade de energia do feixe de laser; tempo de exposição; regime de operação (emissão contínua ou pulsada); taxa de repetição; e avaliar as propriedades ópticas do tecido biológico alvo, por serem esses fatores determinantes da natureza e extensão da interação laser- tecido (ANA; VELLOSO Jr.; ZECELL, 2008; DA COSTA RIBEIRO et al., 2007; DEDERICH, 1993; STEINER-OLIVEIRA et al., 2006; THEODORO et al., 2003).

O laser de Neodímio: Ítrio-Alumínio-Granada (Nd:YAG) é um laser de estado sólido e seu meio ativo é o cristal de ítrio-alumínio-granada “dopado” com íons de neodímio. Seu principal comprimento de onda é de 1064 nm. A absorção pelos tecidos biológicos é principalmente viabilizada pela melanina e hemoglobina (tecidos pigmentados), com pobre absorção pela água. Desse modo, uma dentina não esclerótica, opaca, absorve energia do laser de Nd:YAG, enquanto a dentina esclerótica, translúcida não a absorve, transmitindo-a para a estrutura subjacente (DEDERICH, 1993).

O laser de diodo tem um meio ativo sólido, um semicondutor de estado sólido que usa tipicamente algumas camadas de Gálio, Arseneto e outros elementos como Alumínio e Índio para troca de energia elétrica em energia luminosa (KREISLER et al., 2002). Com o comprimento de onda em torno de 810 nm, o laser de diodo tem características e aplicabilidade similares ao laser de Nd:YAG, tornando-se uma opção mais compacta e financeiramente acessível (GUTKNECHT et al., 1996; KIMURA; WILDER-SMITH; MATSUMOTO, 2000; KLINKE; KLIMM; GUTKNECHT, 1997; MARCHESAN et al., 2008; MORITZ et al., 1997a).

Os lasers de Nd:YAG e de diodo promovem fusão e ressolidificação da matriz dentinária, criando uma nova estrutura, menos permeável e com oclusão parcial de túbulos dentinários. Simultaneamente, ocorre a vaporização e remoção parcial ou total de *smear layer* e debris dentinários (CAMARGO et al., 2005; DEPRAET; DE BRUYNE; DE MOOR, 2005; GONÇALVES; MOURA-NETTO; GAVINI, 2006; GOYA et al., 2000; KREISLER et al., 2002; MATSUMOTO, 2000; MOURA-NETTO et al., 2008a; SANTOS et al., 2005).

Tais alterações na topografia dentinária influem na qualidade final da obturação endodôntica. A interação entre o tratamento dentinário pela irradiação

com os lasers de Nd:YAG ou de diodo e diferentes cimentos endodônticos tem sido constantemente avaliada, buscando associações que resultem em menores índices de infiltração. Quando associados a cimentos de óxido de zinco, estes lasers influem positivamente no selamento, diminuindo significativamente a infiltração apical (CARVALHO et al., 2002; GEKELMAN; PROKOPOWITSCH; EDUARDO, 2002; GOYA et al., 2000; PARK et al., 2001; WANG et al., 2005). Contudo, resultados diversos foram encontrados com cimentos resinosos. O tratamento da superfície dentinária com o laser de Nd:YAG ou de diodo foi benéfico em dentes obturados com AH 26™ e AH Plus™, seladores à base de resina epóxica, diminuindo a infiltração apical. Já os cimentos resinosos à base de metacrilato EndoREZ® e Epiphany® tiveram sua capacidade vedante prejudicada pela irradiação com estes lasers, resultando em índices de infiltração maiores em comparação aos espécimes não irradiados (DEPRAET; DE BRUYNE; DE MOOR, 2005; MOURA-NETTO et al., 2007; MOURA-NETTO et al., 2009a; MOURA-NETTO et al., 2008b; MOURA-NETTO et al., 2009b; PINTO et al., 2006).

O aumento da temperatura intracanal causado pela irradiação com estes lasers tem também um efeito antibacteriano. Diversos parâmetros de irradiação foram propostos na literatura no intuito de alcançar a esterilização da dentina radicular e túbulos dentinários. Sabe-se que nenhum equipamento a laser consegue isto, mas vários estudos constataram a redução bacteriana quando da utilização dos lasers (GUTKNECHT et al., 2004; GUTKNECHT et al., 2000; KIMURA; WILDER-SMITH; MATSUMOTO, 2000; KLINKE; KLIMM; GUTKNECHT, 1997; MORITZ et al., 1997b; MORITZ et al., 1997c).

O laser de Érbio: Ítrio-Alumínio-Granada (Er:YAG) é um laser de estado sólido e seu meio ativo é o cristal de ítrio-alumínio-granada “dopado” com íons de érbio.

Seu principal comprimento de onda é de 2940 nm. Ao contrário dos lasers acima citados, este laser é absorvido pela água e hidroxiapatita. Sua irradiação causa a ablação da dentina peritubular e intertubular, expondo os túbulos dentinários (COLUCCI et al., 2008; EBIHARA et al., 2002; SCHOOP et al., 2002; TAKEDA et al., 1998a).

Assim como os outros lasers, as indicações do laser de Er:YAG estão relacionadas às alterações morfológicas e térmicas por ele promovidas. A irradiação intracanal é capaz de vaporizar a *smear layer* e debrís resultantes do preparo químico cirúrgico, viabilizando a limpeza dentinária (TAKEDA et al., 1998c, 1999). A ablação dentinária e a consequente exposição dos túbulos dentinários podem resultar em um aumento da permeabilidade dentinária, fato esse que favoreceria tanto a maior penetração de substâncias químicas auxiliares quanto medicações intracanal e, conseqüentemente, potencializaria a sanificação do sistema de canais radiculares. Todavia, a literatura é escassa e controversa, apresentando estudos que apontam o aumento da permeabilidade (BELLO-SILVA et al., 2008; BRUGNERA Jr. et al., 2003; PECORA et al., 2000) e outros que mostram a diminuição da mesma após a irradiação com laser de Er:YAG (ARANHA et al., 2005; RALD; LAGE-MARQUES, 2003).

As alterações estruturais causadas pela irradiação com o laser de Er:YAG podem influir na adaptação do cimento endodôntico e, portanto, no selamento apical. Medina et al. (2006) não constataram diferenças na infiltração apical de dentes obturados com cimentos à base de hidróxido de cálcio ou óxido de zinco quando previamente irradiados com o laser de Er:YAG. Porém, outros autores concluem que esse laser compromete o selamento apical promovido por diferentes tipos de

cimentos endodônticos (CARVALHO et al., 2002; MELLO; ROBAZZA; ANTONIAZZI, 2004).

Os efeitos térmicos do laser de Er:YAG são também efetivos na diminuição da microbiota endodôntica, viabilizando seu uso como coadjuvante à desinfecção intracanal (JELINKOVA et al., 1999; NOIRI et al., 2008; SCHOOP et al., 2004; SCHOOP et al., 2002).

Em contrapartida, a alteração térmica excessiva pode causar danos aos tecidos adjacentes ao dente, como necrose dos ligamentos periodontais e osso alveolar. Por conseguinte, o uso da irradiação laser intracanal deve estar amparada em protocolos seguros, previamente testados *in vitro*. Gutknecht et al. (1996) recomendam o protocolo de 1,5 W, 100 mJ e 15 Hz para a irradiação intracanal com o laser de Nd:YAG. Estudos mostram que o laser de diodo pode ser utilizado em modo contínuo para irradiação intracanal com potência de até 3 W por até 10 segundos sem causar elevações de temperatura acima de 7°C (DA COSTA RIBEIRO et al., 2007; GUTKNECHT et al., 2005). Moritz et al. (2001) estipularam 2,5 W em modo contínuo como parâmetro padrão para o uso do laser de diodo em Endodontia. Da mesma forma, diversos protocolos já foram testados com o laser de Er:YAG, com o consenso do seu uso sempre em modo pulsado. Alguns estudos mostraram bons resultados utilizando-se 1 W, 100 mJ e 10 Hz, sem ocorrer efeitos térmicos indesejáveis durante a irradiação (ARAKI et al., 2006; TAKEDA et al., 1998a, 1998b, 1998c, 1999).

2.3 Métodos de análise da capacidade seladora dos cimentos endodônticos

Dentre todas as propriedades de um cimento endodôntico, a capacidade seladora é, sem dúvida, a mais estudada. Nas últimas décadas, um crescente número de pesquisas é encontrado na literatura endodôntica estudando o selamento coronário e apical, por meio da análise *in vitro* da infiltração.

Ao longo dos anos, diferentes metodologias foram propostas para esta análise na premissa de comparar materiais e técnicas obturadoras. No entanto, sabe-se que nenhum estudo *in vitro* pode ser diretamente extrapolado para a realidade clínica. Porém, pode-se pressupor que, dentro de condições laboratoriais idênticas, o material e/ou técnica que obtiver resultados significativamente melhores, provavelmente, terá melhor performance clinicamente.

Historicamente, o uso de infiltração de corantes é o método mais difundido e utilizado na literatura para se avaliar a capacidade seladora dos cimentos endodônticos, devido a sua facilidade de execução e análise, principalmente em estudos com grande número de espécimes. Esse método baseia-se na mensuração da extensão da penetração do corante ao longo da interface dentina/obturação, relacionando-a à presença de falhas e espaços não preenchidos por um material ou técnica deficiente. Os corantes mais utilizados são a tintura de nanquim, soluções de azul de metileno, fucsina e rodamina-B. Para a escolha do corante a ser utilizado, deve-se levar em conta o tamanho da molécula do corante, seu pH e alterações iônicas ou reatividade química quando entram em contato com os materiais avaliados (VERISSIMO; DO VALE, 2006; WU; WESSELINK, 1993).

Além do uso de corantes, traçadores químicos como a solução de nitrato de prata amoniacal a 50 %, podem ser utilizados na investigação da infiltração radicular, com a vantagem de serem passíveis de análise tanto por microscopia de luz quanto por microscopia eletrônica. Os íons de prata penetram pelas falhas e espaços na interface dentina/material obturador e sua precipitação em finas partículas são facilmente discerníveis em microscopia eletrônica de varredura, viabilizando testes de nanoinfiltração. Seu pH básico (9,5) não descalcifica a estrutura dentinária, não alterando assim o nível de penetração do traçador (TAY; PASHLEY; YOSHIYAMA, 2002). Frente a essas características, diversos autores em estudos de Dentística restauradora adotam o uso do traçador para avaliação da nanoinfiltração e falhas na camada híbrida nas interfaces entre parede dentinária e restaurações com resinas compostas (CARVALHO et al., 2004; TAY; PASHLEY, 2003; TAY; PASHLEY; YOSHIYAMA, 2002).

Como métodos de leitura da infiltração por corante, pode-se optar pela secção longitudinal da raiz em duas metades, mensurando-se assim o maior valor de infiltração linear em uma das faces ou a média destas (MOURA-NETTO et al., 2008b; ODDONI et al., 2008; SEVIMAY; KALAYCI, 2005; VERISSIMO; DO VALE, 2006; ZMENER et al., 1997). Alguns autores sugerem cortes transversais, milímetro a milímetro, para visualizar todo o perímetro do canal e definir com mais precisão o ponto mais longínquo de penetração (ROGGENDORF et al., 2007; ZMENER; PAMEIJER; MACRI, 2005; ZMENER et al., 2008). Sob essa mesma óptica, diversos estudos optam pela diafanização do dente e, por transparência, avaliar o nível de penetração (SILVEIRA et al., 2007; SIQUEIRA Jr.; ROCAS; VALOIS, 2001; VERISSIMO; DO VALE; MONTEIRO, 2007). Ainda utilizando-se corantes, alguns autores indicam a extração do mesmo, por meio da descalcificação do dente em

solução ácida. O volume de corante infiltrado é avaliado pela absorvância da solução, utilizando a espectrofotometria (CAMPS; PASHLEY, 2003; SUSINI et al., 2006).

Outras metodologias também têm sido propostas para avaliação do selamento radicular. O método eletroquímico é baseado na passagem de corrente elétrica pela obturação, detectada por meio de eletrodos ligados a um multímetro que mede a resistência do circuito (INAN; AYDEMIR; TASDEMIR, 2007; KARAGENC et al., 2006; POMMEL; JACQUOT; CAMPS, 2001). Bactérias e seus subprodutos são constantemente utilizados, no intuito de avaliar o tempo necessário para a completa passagem destas pela obturação, normalmente da porção coronária para a apical. Além de complexo, é um método que requer um longo período de avaliação e total controle para evitar contaminações externas (DE-DEUS et al., 2006; FRANSEN et al., 2008; MONTICELLI et al., 2007a; SHIPPER et al., 2004). Com metodologia semelhante, diversos estudos utilizaram solução de glucose ao invés de bactérias para avaliação da infiltração endodôntica. Também baseada na passagem corono-apical, a concentração da solução infiltrada é medida em espectrofotometria (KAYA; KECECI; BELL, 2007; XU et al., 2005).

Dentre as metodologias para a avaliação *in vitro* da capacidade seladora dos cimentos endodônticos, o método de filtração de fluido vem sendo crescentemente utilizado nos últimos anos. Este se baseia na análise do volume de fluido que penetra pelo dente, via apical ou coronária. Para tal, cada dente avaliado é acoplado a um sistema hidráulico fechado e pressurizado, no qual a movimentação de uma bolha de ar dentro do sistema é analisada e convertida no volume infiltrado, em microlitros por minuto. É um teste bastante preciso e automático, diminuindo a possibilidade de erro humano. Entretanto, os materiais e métodos de montagem e

uso desse sistema não são padronizados, o que pode levar a diferentes resultados. Além disso, só é possível avaliar um espécime por vez, tornando um método inviável para avaliação de grandes amostras (BOUILLAGUET et al., 2008; DE-DEUS; NAMEN; GALAN Jr., 2008; POMMEL; CAMPS, 2001; VERISSIMO; DO VALE, 2006; WU; DE GEE; WESSELINK, 1994).

Sabe-se que, apesar de numerosos, nenhum dos métodos *in vitro* é capaz de reproduzir o complexo mecanismo que leva a uma perda do selamento endodôntico e recontaminação radicular, culminando nas infecções periapicais. Também é conhecido que variáveis dentro de cada metodologia e/ou estudo podem refletir nos resultados encontrados (POMMEL; JACQUOT; CAMPS, 2001; VERISSIMO; DO VALE, 2006; WU; WESSELINK, 1993). Entende-se assim que, independente do método utilizado, se este for corretamente padronizado e conduzido, seus resultados têm relevância científica no estudo do selamento apical.

A literatura mostra os benefícios da irradiação a laser da superfície dentinária radicular e da utilização dos cimentos resinosos na busca de maiores índices de sucesso do tratamento endodôntico. Entretanto, ainda é pouco conhecido os resultados da interação entre lasers e cimentos resinosos no selamento do sistema de canais radiculares. Julga-se, assim, de grande importância analisar os efeitos da irradiação com lasers de Nd:YAG, de diodo e de Er:YAG na qualidade da obturação de canais radiculares com os cimentos resinosos AH Plus™, EndoREZ®, Epiphany® e Epiphany SE®.

03_proposição

3 PROPOSIÇÃO

Propôs-se neste estudo, analisar a qualidade da obturação de canais radiculares de dentes humanos após irradiação com lasers de Nd:YAG, de diodo ou de Er:YAG e obturados com os cimentos resinosos AH PlusTM, EndoREZ[®], Epiphany[®] ou Epiphany SE[®].

A hipótese nula testada foi: as alterações morfológicas na superfície dentinária causada pelos lasers supracitados não influenciam na capacidade seladora dos cimentos resinosos estudados.

02_material_métodos

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Aspecto ético, delineamento do estudo e seleção da amostra

O protocolo deste estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo sob nº92/2008 (Anexo A). Para execução deste estudo experimental *in vitro*, foram utilizados 168 dentes unirradiculares permanentes obtidos no Banco de Dentes Humanos da FOUSP. Como critérios de inclusão na amostra, os dentes deveriam apresentar raízes íntegras, completamente formadas e preferencialmente retas, circulares e com comprimentos similares. Radiograficamente, dever-se-ia constatar canal único, sem ramificações ou alterações anatômicas e ausência de qualquer tipo de intervenção endodôntica.

4.2 Fluxograma

4.3 Preparo das amostras

Depois de selecionados, os dentes foram lavados em água corrente e as possíveis estruturas aderidas à superfície radicular removidas com auxílio de curetas periodontais e pontas ultrassônicas. A amostra foi mantida hidratada em solução fisiológica estéril de cloreto de sódio a 0,9 % (Aster Produtos Médicos Ltda., Sorocaba, SP, Brasil) por, aproximadamente, 72 horas antes do início do estudo. Entre as etapas do experimento, os dentes permaneceram em solução fisiológica estéril (renovada entre cada etapa) e acondicionados em geladeira a 4°C.

As coroas dentais foram seccionadas na junção amelo-cementária, utilizando discos flexíveis diamantados n.7015 (KG Sorensen, São Paulo, SP, Brasil) montados em peça reta e micromotor odontológico (KaVo do Brasil Ind. Com. Ltda., Joinville, SC, Brasil) com irrigação a água. O comprimento das raízes da amostra foi padronizado entre 13 e 15 mm.

O esvaziamento dos canais radiculares foi feito até o limite do vértice anatômico do dente com o auxílio de uma lima tipo K #10 (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça) e irrigação com 10 mL de solução de hipoclorito de sódio a 2,5 % (Farmácia Fórmula & Ação, São Paulo, SP, Brasil).

A odontometria foi realizada visualmente, inserindo um instrumento tipo K até que a sua ponta coincidisse com o forame apical. O limitador de borracha foi posicionado na superfície coronária e o comprimento do canal mensurado por meio de régua milimetrada (Dentsply Maillefer). O comprimento de trabalho estabelecido foi de 1 mm aquém do forame apical.

As raízes foram preparadas no sentido coroa-ápice, utilizando-se progressivamente brocas de Gates-Glidden 1, 2 e 3 (Dentsply Maillefer) nos 4 mm

coronários, seguido de instrumentação rotatória com o sistema ProTaper Universal (Dentsply Maillefer), segundo instruções do fabricante. Como substância química auxiliar, utilizou-se solução de hipoclorito de sódio (NaOCl) a 2,5 % associado ao Endo-PTC leve (Farmácia Fórmula & Ação). A inserção de Endo-PTC leve foi feita apenas no início do preparo, em conjunto com solução de NaOCl a 2,5 %, que foi renovada a cada troca de instrumento. Terminada a instrumentação com a lima F3, realizou-se o preparo apical com lima manual tipo K #35 (Dentsply Maillefer). Uma lima K #10 foi inserida no canal, ultrapassando 3 mm o forame apical para verificar a desobstrução do mesmo.

Após a modelagem do canal, fez-se a irrigação final com ativação ultrassônica de 10 mL de solução de NaOCl a 2,5 %, seguido de 10 mL de EDTA-T 17 % (Farmácia Fórmula & Ação) e 10 mL de água destilada (Asfer Ind. Quim., São Paulo, SP, Brasil). Para a ativação ultrassônica, feita por 60 segundos com cada irrigante, utilizou-se a ponta IrriSafe acoplada ao aparelho de ultrassom P5 Newtron (Satelec Acteon, Merignac, França) no nível 7, conforme recomendações do fabricante. Após a aspiração final com pontas Capillary tips 0,014 (Ultradent Products Inc., Utah, EUA), os dentes foram mantidos em solução fisiológica para manter a hidratação.

4.4 Grupos Experimentais

Findado o preparo dos canais radiculares, os dentes foram aleatoriamente distribuídos em quatro grupos experimentais (n=42 por grupo), de acordo com o tratamento da superfície dentinária instituído, como se segue:

GØ: dentes não irradiados. Os dentes deste grupo não sofreram nenhum tratamento adicional na superfície dentinária após o preparo da amostra (controle).

GN: dentes irradiados com laser de Nd:YAG

GD: dentes irradiados com laser de diodo

GE: dentes irradiados com laser de Er:YAG

4.5 Tratamento da superfície dentinária

Para o grupo controle não houve nenhum tratamento adicional das paredes dentinárias intrarradiculares antes da obturação do sistema de canais radiculares. Para os demais grupos experimentais os dentes foram submetidos à irradiação com diferentes lasers. Com canais preenchidos com água destilada, foram feitas quatro irradiações com tempo de duração entre 6 a 7 segundos, dependendo do comprimento de trabalho do dente. O cálculo do tempo de irradiação baseou-se na velocidade de irradiação fixa de 2 mm/s. A irradiação foi feita inserindo-se a fibra óptica até o comprimento de trabalho. O laser era então acionado e com movimentos helicoidais no interior do canal, no sentidoápico-cervical, a superfície dentinária era irradiada. Entre cada irradiação houve um intervalo de relaxamento térmico de 20 segundos. Os parâmetros de potência foram previamente aferidos com auxílio de um monitor de potência (modelo 841P, Newport Corp., Irvine, CA, EUA).

4.5.1 Irradiação com laser de Nd:YAG (grupo GN)

Para o grupo GN foi utilizado o equipamento de laser de Nd:YAG de alta potência, modelo Pulse Master 1000 (American Dental Technologies, Califórnia, EUA – Figura 4.1a), de 1064 nm de comprimento de onda, potência de 0,3 a 10 W, com luz guia do laser de baixa intensidade de hélio-neônio (632,8 nm). Apresenta sistema de entrega do feixe laser por meio de fibra óptica de 320 μm de diâmetro, utilizada em modo de contato. Os parâmetros utilizados para a irradiação do laser de Nd:YAG, no *display* foram 1,5 W de potência média, 100 mJ de energia e taxa de repetição 15 Hz, fluência do pulso de 124,34 J/cm², no modo pulsado, seguindo o protocolo de Gutknecht et al. (1996).

4.5.2 Irradiação com laser de diodo (grupo GD)

O equipamento usado no grupo GD foi o laser de diodo de alta potência com meio de AsGaAl (arseneto de Gálio e Alumínio), modelo Zap Softlase (Zap Lasers Ltd, Pleasant Hill, Califórnia, EUA – Figura 4.1b), de 808 nm $\pm$ 5 nm de comprimento de onda, potência de 0,25 a 3,5 W, com luz guia do laser de baixa intensidade de AsGaAl (630 a 670 nm). Apresenta sistema de entrega do feixe laser por meio de fibra óptica de 200 μm de diâmetro, utilizada em modo de contato. Os parâmetros utilizados para a irradiação no *display* foram 2,5 W de potência, no modo contínuo, seguindo o protocolo de Moritz et al. (2001).

4.5.3 Irradiação com laser de Er:YAG (grupo GE)

No grupo GE, utilizou-se o aparelho de laser de Er:YAG de alta potência, modelo KavoKey laser 2 (KaVo Co., Biberach, Alemanha – Figura 4.1c), de 2940 nm de comprimento de onda, energia de 10 a 600 mJ, com luz guia do laser de baixa intensidade de diodo (655nm). Apresentando sistema de entrega do feixe laser através de fibra óptica de 300 μm de diâmetro, utilizada em modo de contato. Os parâmetros utilizados para a irradiação no *display* foram 1 W de potência média, 100 mJ de energia, modo pulsado com taxa de repetição 10 Hz, fluência do pulso de 38,03 J/cm^2 , seguindo o protocolo de Takeda et al. (1998b).

Figura 4.1 – Lasers utilizados no estudo: Nd:YAG (a), diodo (b) e Er:YAG (c)

4.6 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

Antes da obturação dos canais radiculares, dois dentes de cada grupo, escolhidos ao acaso, foram preparados para análise da morfologia da superfície dentinária do terço apical. Para expor a superfície dentinária intrarradicular, os dentes foram clivados longitudinalmente no sentido mesio-distal, obtendo-se duas metades. As superfícies dentinárias foram irrigadas com 20 mL de água destilada e em seguida preparadas para análise em MEV.

Para a microscopia eletrônica de varredura, os espécimes foram imersos em solução de glutaraldeído a 2,5 % (SPI – CHEN – Spi supplies, PA, EUA), tamponada com solução de fosfato de sódio 0,1 M, pH 7,4 (Sigma, St. Louis, MO, EUA), por 2 horas a 4°C para fixação. Em seguida, os espécimes receberam três lavagens de 10 minutos com água destilada. Após isso, os espécimes foram desidratados em etanol em série crescente de concentração: 30 % por 10 minutos, 50 % por 10 minutos, 70 % por 10 minutos, 90 % por 10 minutos, 96 % por 10 minutos e 100 % por 20 minutos. Findada a desidratação, foi realizada a secagem química dos espécimes por meio da imersão dos mesmos em solução de HMDS - hexadimetil disilazona (Sigma) por 20 minutos, em capela, à temperatura ambiente.

Dentro da capela, as amostras foram secas no ar sobre um papel filtro dentro de um recipiente de vidro, para que ocorresse a evaporação da substância química. Esta secagem foi realizada com o objetivo de minimizar as alterações da superfície a ser examinada, favorecendo a deposição da platina.

Em seguida, os espécimes foram fixados nos *stubs* de alumínio (Electron Microscopy Sciences, EUA) com massa de carbono e, por último, foi realizada a

cobertura com platina em aparelho de metalização *Sputter Coater*, modelo MED 020 (Bal-Tec AG, Liechtenstein), em atmosfera de argônio puro, em vácuo de $5 \cdot 10^{-2}$ A, distância de trabalho de 50 mm, tempo de cobertura de 1 minuto e espessura média de deposição de 15 nm.

A microscopia eletrônica de varredura foi realizada no equipamento Quanta 600 FEG (FEI Company, Eindhoven, Holanda). As eletromicrografias são imagens de elétrons secundários obtidas em alto vácuo com aceleração de feixe de 10 kV.

Visando a padronização da superfície analisada, optou-se por obter eletromicrografias do terço apical a uma distância de 4 mm da borda apical e equidistante das paredes laterais, em magnificação de 2500X (Figura 4.2).

Figura 4.2 – Representação da área selecionada para aquisição das eletromicrografias

4.7 Obturação dos canais radiculares

Os demais dentes (40 por grupo) foram aleatoriamente divididos em 4 subgrupos, de acordo com sistema obturador empregado (Tabela 4.1).

Tabela 4.1 – Subgrupos, materiais, composição principal e fabricantes

Subgrupo		Material	Composição principal	Fabricante
1	cimento	AH Plus™	base de resina epóxica bisfenol A e F	Dentsply DeTrey, Konstanz, Alemanha
	cone	guta-percha	matriz de gutta-percha	Dentsply Ind. e Com., Rio de Janeiro, Brasil
2	cimento	EndoREZ® III	DUDMA + TEGDMA	Ultradent Products Inc., Utah, EUA
	cone	EndoREZ® points	matriz de gutta-percha coberta por camada de resina	
3	cimento	Epiphany®	BisGMA,UDMA, PEGDMA, EBPADMA	Pentron Clinical Technologies LLC, Connectcut, EUA
	primer	Epiphany® primer	solução de monômero ácido em água	
	cone	Resilon®	polímero de poliéster, vidro bioativo, dimetacrilatos bifuncionais	
4	cimento	Epiphany SE®	BisGMA,UDMA, PEGDMA, EBPADMA + HEMA	Pentron Clinical Technologies LLC, Connectcut, EUA
	cone	Resilon®	polímero de poliéster, vidro bioativo, dimetacrilatos bifuncionais	Resilon Research LLC, Connectcut, EUA

Previamente à obturação, as superfícies radiculares externas de todos os dentes foram secas com folhas de papel filtro e impermeabilizadas. Para tal, um espaçador digital fino foi introduzido no canal até que ultrapassasse o forame apical, vedando-o. Toda a superfície externa foi coberta com duas camadas de esmalte de unha de secagem rápida, com exceção do último meio milímetro apical.

Todos os dentes foram obturados pelo mesmo operador, utilizando a técnica do cone único, complementada pela técnica da condensação vertical a frio. Para isso, foram utilizados cones #35, de conicidade 0,04. O procedimento da prova do cone consistiu na introdução de um cone até o comprimento de trabalho e travamento do mesmo. Caso o travamento não fosse alcançado, a ponta do cone era cortada com lâmina de barbear nova até conseguir o travamento.

Todos os canais foram novamente irrigados com 5 mL de água destilada, sequencialmente aspirada utilizando a ponta Capillary Tip 0,014.

Os cimentos estudados (Figura 4.3) foram preparados conforme as instruções dos fabricantes. Na premissa de padronizar a inserção do cimento, foi utilizada a agulha NaviTip (Ultradent Products Inc.) acoplada a seringa Skini (Ultradent Products Inc.) para todos os cimentos. A ponta da agulha era posicionada no comprimento de trabalho e o cimento injetado no canal no sentido ápico-coronário. Tendo em vista a inibição da polimerização dos cimentos à base de metacrilato na presença de oxigênio, os ápices de todos os dentes foram cobertos por filme de PVC antes de iniciar os procedimentos obturadores.

Nos dentes obturados com o cimento AH Plus™, os canais foram completamente secos com cones de papel absorvente (Dentsply Ind. e Com.). Foram utilizados quantos cones fossem necessários até que o último fosse removido seco de dentro do canal. O cimento foi espatulado no bloco de papel que acompanha o produto na proporção 1:1 e introduzido na seringa Skini com auxílio de uma espátula #24. O cimento foi inserido no canal como explicado anteriormente e o cone de guta-percha posicionado no comprimento de trabalho.

Os cimentos EndoREZ®, Epiphany® e Epiphany SE® possuem seringas com pontas descartáveis auto-misturadoras, não necessitando de espatulação do cimento. Segundo recomendação dos fabricantes, os cimentos foram misturados somente pela ponta automix e inseridos diretamente no conduto radicular (por meio de seringas ou pontas específicas). Esses procedimentos são recomendáveis para que não haja contato com oxigênio, que inibe o processo de polimerização.

No subgrupo 2, obturado com EndoREZ®, os canais permaneceram levemente hidratados, sendo utilizados apenas um cone de papel para secagem (ZMENER et al., 2008). Após a inserção do cimento, o cone de guta-percha envolto

por resina (EndoREZ[®] point, Ultradent Products Inc.) foi posicionado no comprimento de trabalho.

Os espécimes do subgrupo 3 (Epiphany[®]) também permaneceram levemente hidratados. O Epiphany[®] primer foi inserido no canal com auxílio de cones de papel absorvente e pincelado nas paredes dentinárias. Um novo cone de papel foi introduzido para remover o excesso de *primer*. Em seguida o cimento Epiphany[®] foi inserido e o cone de Resilon[®] travado no comprimento de trabalho.

No último subgrupo, obturado com o cimento Epiphany SE[®], os canais também permaneceram hidratados. Ao contrário do subgrupo anterior, o cimento utilizado é autocondicionante, não havendo necessidade do uso do *primer*. Logo após a aspiração, o cimento foi introduzido e o cone de Resilon[®] posicionado.

Em todos os grupos, o excesso de material obturador foi cortado 2 mm abaixo da entrada do canal com o uso de condensador tipo Paiva aquecido. O remanescente foi levemente condensado com um condensador frio. Nos subgrupos 2, 3 e 4, o material obturador na porção coronária foi fotopolimerizado com uso de LED de 600 mW (Olsen Ind. Com., Santa Catarina, Brasil) por 60 segundos, conforme recomendação dos fabricantes para polimerização imediata dos 3 mm coronários da obturação. A entrada do canal de toda a amostra foi vedada com cimento de ionômero de vidro (Meron[®], Voco, Alemanha). Os dentes foram acondicionados em embalagens plásticas e mantidos em estufa a 37°C e 100 % de umidade por aproximadamente 72 horas, para a completa polimerização dos cimentos.

Figura 4.3 – Cimentos endodônticos utilizados no estudo

4.8 Teste de infiltração apical do traçador químico

Terminado o intervalo para polimerização dos cimentos, os dentes foram imersos em solução de nitrato de prata amoniacal pura por 24 horas. Essa solução foi utilizada para prevenir a possibilidade de dissolução dos sais de fosfato de cálcio ao longo da interface pelo uso de soluções de nitrato de prata ácidas. O traçador estoque foi preparado pela dissolução de 25 g de cristais de nitrato de prata em 25 mL de água destilada. Hidróxido de amônio concentrado (28 %) foi utilizado para titular a solução estoque até que se tornasse clara e os íons de amônio convertessem a prata em íons de diamino de prata. Essa solução foi diluída em 50 mL de água destilada para atingir uma concentração de 50 % (pH=9,5) (TAY; PASHLEY; YOSHIYAMA, 2002).

Os espécimes impregnados com prata foram lavados em água destilada e inclusos, um a um, em blocos de resina ortoftálica cristal (Avipol Com. Ltda., São Paulo, Brasil). Depois da polimerização dos blocos (aproximadamente 8 horas), os

dentes foram seccionados longitudinalmente, no sentido mésio-distal, utilizando-se disco de metal diamantado de 0,3 mm de espessura (modelo 15HC) acoplado a máquina para corte de tecido duro Isomet 1000 Precision Saw (Buehler Ltd., Illinois, EUA), com velocidade de 200 rpm e carga de 400 g, sob refrigeração a água. A secção foi feita de tal maneira que a superfície do material obturador fosse exposta, aproveitando-se apenas uma secção por dente. Entre cada grupo, a água do equipamento era trocada e o disco limpo e afiado com pedra de afiação fornecida pelo fabricante. As superfícies radiculares foram então polidas com lixas de granulação 600 e 1200 (Microcut, silicon carbide, Buehler) em politriz (Ecomet 3, Buehler) e lavadas com água destilada e banho ultrassônico por 5 minutos para remoção de possíveis restos de abrasivo. Por fim, os espécimes foram imersos em solução reveladora pura (Kodak Bras. Ind. Com., São Paulo, Brasil) por 8 horas sob luz fluorescente, para redução dos íons de prata ou diamino de prata em grãos de prata metálicos.

Para análise da infiltração apical linear do nitrato de prata, as superfícies foram digitalizadas em alta resolução óptica (2400 dpi, 10000XL, Epson do Brasil, São Paulo, Brasil) e analisadas pelo software ImageJ 1.41 (Wayne Rasband, National Institutes of Health, EUA) para se mensurar a infiltração linear do nitrato de prata na interface parede dentinária/obturação a partir da borda apical do cone. Os valores foram obtidos em polegadas e convertidos em milímetros com quatro casas decimais de precisão (Figura 4.4).

Figura 4.4 – Mensuração da infiltração de nitrato de prata no *software* ImageJ 1.41

4.9 Análise da adaptação do material obturador à parede dentinária e penetração em túbulos dentinários (formação de *tags*)

Para a verificação qualitativa da adaptação do material obturador às paredes do canal e as possíveis penetrações dos cimentos testados nos túbulos dentinários (formação de *tags*), cinco secções de raízes de cada grupo foram aleatoriamente escolhidas e preparadas para observação. As superfícies radiculares foram condicionadas por 30 segundos utilizando solução de ácido fosfórico a 37 %, seguido de irrigação com água destilada, imersão em solução de hipoclorito de sódio a 2,5 % por 10 minutos e irrigação final com água destilada (TAY et al., 2005). Os espécimes ainda úmidos e sem qualquer cobertura foram fixados à plataforma específica com fita dupla face e inseridos no MEV. A microscopia eletrônica de varredura foi realizada no equipamento Quanta 600 FEG (FEI Company). As eletromicrografias adquiridas representam imagens de elétrons retroespalhados obtidas em modo ambiental com aceleração de feixe de 20 kV.

Visando a padronização da superfície analisada, optou-se por obter eletromicrografias do terço apical a uma distância de 4 mm da borda do cone, nas interfaces mesial e distal entre material obturador e parede dentinária, em magnificação de 1500X (Figura 4.5). Para cada grupo, foram obtidas 10 imagens.

Findada esta etapa, 3 avaliadores foram previamente calibrados utilizando-se a tabela e o gabarito dos escores de cada avaliação. Então, as eletromicrografias foram apresentadas por meio do *software* ImageRanker (MOURA-NETTO et al., em fase de elaboração – Figura 4.6)¹ e os avaliadores, de maneira cega, atribuíram escores às imagens em 4 níveis de qualidade quanto a adaptação do material obturador à parede dentinária (Tabela 4.2 e Figura 4.7) e penetração nos túbulos dentinários (Tabela 4.3 e Figura 4.8). Os critérios de avaliação utilizados para atribuir os escores quanto à adaptação e penetração em túbulos dentinários foram baseados nos trabalhos de Ferrari et al. (2002) e da Silveira-Teixeira et al. (2008), com modificações para se adequarem ao presente estudo.

Figura 4.5 – Representação da área selecionada para aquisição das eletromicrografias

¹ Moura-Netto C, Michels G, Araki AT, Skelton-Macedo MC, Moura AAM. Software ImageRanker, 2008.

Figura 4.6 – Avaliação das eletromicrografias com o *software* ImageRanker

Tabela 4.2 – Critérios de avaliação de adaptação do material obturador à parede dentinária

Escore	Critério de avaliação
1	< 25 % de superfície adaptada
2	25 % a 50 % de superfície adaptada
3	51 % a 75 % de superfície adaptada
4	> 75 % de superfície adaptada

Figura 4.7 – Gabarito dos escores para adaptação do material obturador à parede dentinária

Tabela 4.3 – Critérios de avaliação da penetração de cimento em túbulos dentinários (formação de *tags*)

Escore	Critério de avaliação
1	< 25% de áreas de penetração / <i>tags</i> curtos e escassos ou ausentes
2	25% a 50% de áreas de penetração / <i>tags</i> uniformes, curtos
3	51% a 75% de áreas de penetração / <i>tags</i> longos, esparsos
4	> 75% de superfície adaptada / <i>tags</i> longos, formação densa

Figura 4.8 – Gabarito dos escores para penetração de cimento em túbulos dentinários (formação de *tags*)

4.10 Análise estatística

Os valores de infiltração de prata, em milímetros, foram tabulados em planilhas e analisados por meio de estatística descritiva no programa SPSS (Statistical Package for Social Sciences, versão 13.0). A normalidade de distribuição foi verificada com o teste de aderência à curva Normal de Kolmogorov-Smirnov e a homocedacidade pela Prova de Levene. Para verificar o efeito dos dois fatores em estudo (tratamento dentinário e cimento) e suas possíveis interações, os dados foram comparados por meio de Análise de Variância (ANOVA) de dois fatores com ajuste de Brown-Forsythe, comparando-se grupos de mesmo tratamento dentinário e mesmo material. De forma a elucidar o efeito do tratamento dentinário, os dados foram comparados por meio de ANOVA e teste de comparações múltiplas de Tukey, mantendo um mesmo tipo de cimento. Os cimentos também foram comparados, mantendo-se o mesmo tratamento dentinário.

Os escores obtidos na análise qualitativa de cada avaliador em relação à adaptação e formação de *tags* foram tabulados e analisados estatisticamente. Primeiramente foi utilizado o teste Kappa para confirmar a concordância inter-examinadores. Na sequência os grupos foram comparados em relação aos escores de adaptação e formação de *tags* por meio do teste não paramétrico de Kruskal-Wallis, com nível de significância de 95 % ($p < 0,05$).

05_resultados

5 RESULTADOS

5.1 Análise microscópica da superfície dentinária e alterações morfológicas causadas pela irradiação a laser

As eletromicrografias apresentadas nas figuras 5.1 a 5.8 representam as superfícies dentinárias da região apical após os tratamentos propostos.

Os espécimes do grupo não irradiado (GØ) apresentaram morfologia característica de dentina radicular com túbulos abertos, de diâmetros variados e que se interconectavam. Essa superfície apresentou-se limpa, ou seja, livre de magma dentinário ou debrís (Figuras 5.1 e 5.2).

A dentina intrarradicular irradiada com o laser de Nd:YAG (GN) apresentou morfologia compatível com fusão e ressolidificação da parede dentinária, resultando em uma superfície irregular, amorfa com poucos túbulos dentinários abertos (Figura 5.3), alguns parcialmente obliterados (Figura 5.4).

Os dentes irradiados com o laser de diodo (GD) apresentaram superfície dentinária de aspecto amorfo com áreas que se assemelhavam àquelas de fusão e ressolidificação do grupo GN (Figura 5.5). No entanto, estas superfícies apresentavam maior quantidade de túbulos dentinários abertos, muitos total ou parcialmente obliterados (Figura 5.6).

A irradiação com o laser de Er:YAG originou uma superfície dentinária limpa, com túbulos dentinários abertos e evidentes (Figura 5.7). A dentina peritubular aparecia em formas circulares proeminentes para a superfície, enquanto a dentina

intertubular, de aspecto homogêneo, aparecia mais aprofundada que a peritubular (Figura 5.8).

Figura 5.1– Eletromicrografia de varredura da superfície intrarradicular não irradiada (GØ) (Aumento original: 2500X)

Figura 5.2– Eletromicrografia de varredura da superfície intrarradicular não irradiada (GØ) (Aumento original: 5000X)

Figura 5.3– Eletromicrografia de varredura da superfície intrarradicular irradiada com o laser de Nd:YAG (GN) (Aumento original: 2500X)

Figura 5.4– Eletromicrografia de varredura da superfície intrarradicular irradiada com o laser de Nd:YAG (GN) (Aumento original: 15000X)

Figura 5.5– Eletromicrografia de varredura da superfície intrarradicular irradiada com o laser de diodo (GD) (Aumento original: 2500X)

Figura 5.6– Eletromicrografia de varredura da superfície intrarradicular irradiada com o laser de diodo (GD) (Aumento original: 5000X)

Figura 5.7– Eletromicrografia de varredura da superfície intrarradicular irradiada com o laser de Er:YAG (GE) (Aumento original: 2500X)

Figura 5.8– Eletromicrografia de varredura da superfície intrarradicular irradiada com o laser de Er:YAG (GE) (Aumento original: 10000X)

5.2 Avaliação da infiltração apical do traçador químico

A infiltração do traçador foi observada em todos os grupos experimentais. As médias e desvios padrão da infiltração apical do nitrato de prata dos grupos estudados estão apresentados na Tabela 5.1 e ilustradas graficamente nas Figuras 5.9 e 5.10.

De acordo com a análise de variância, os fatores tratamento ($p=0,003$), cimento ($p<0,001$) e a interação entre ambos ($p<0,001$) significativamente afetaram a infiltração apical.

Tabela 5.1 – Médias e desvios padrão da infiltração apical (em mm) da solução amoniacal de nitrato de prata a 50 %

Grupos Experimentais	Subgrupos experimentais			
	AH Plus™	EndoREZ®	Epiphany®	Epiphany SE®
GØ – não irradiado	$1.28 \pm 0.24^{A,a}$	$0.91 \pm 0.17^{B,a}$	$1.15 \pm 0.37^{A,B,a}$	$1.36 \pm 0.21^{A,a}$
GN – Nd:YAG	$0.83 \pm 0.13^{A,b,c}$	$1.22 \pm 0.32^{B,b}$	$1.31 \pm 0.24^{B,a}$	$1.84 \pm 0.34^{C,b}$
GD – diodo	$0.78 \pm 0.26^{A,b}$	$1.05 \pm 0.22^{A,B,a,b}$	$1.19 \pm 0.31^{B,a}$	$1.33 \pm 0.24^{B,a}$
GE – Er:YAG	$1.09 \pm 0.32^{A,a,c}$	$0.99 \pm 0.12^{A,a,b}$	$1.19 \pm 0.13^{A,a}$	$1.49 \pm 0.22^{B,a}$

Em cada linha, os valores com letras maiúsculas diferentes indicam diferença significativa entre os cimentos ($p<0,05$) no mesmo grupo experimental.

Em cada coluna, os valores com letras minúsculas diferentes indicam diferença significativa entre os grupos experimentais para o mesmo cimento ($p<0,05$).

Somente o cimento Epiphany® apresentou valores de infiltração similares independentemente do tratamento dentinário realizado. A infiltração nos espécimes obturados com os demais cimentos foi influenciada pelo tratamento dentinário.

Os tratamentos do substrato dentinário com a irradiação com laser de Nd:YAG (GN) ou com o laser de diodo (GD) influenciaram positivamente no selamento apical em dentes obturados com o cimento AH Plus™, diminuindo

significativamente a infiltração apical, quando comparado com os respectivos grupos controle (GØ) não irradiados. Os dentes obturados com os cimentos EndoREZ® ou Epiphany SE®, previamente irradiados com o laser de Nd:YAG apresentaram médias de infiltração significativamente maiores em relação aos respectivos grupos controle (GØ) não irradiados.

O laser de Er:YAG não alterou a infiltração apical de espécimes obturados com todos os cimentos quando comparados a seus respectivos controles.

O gráfico 5.1 mostra as médias de infiltração (mm) de nitrato de prata, em função dos tratamentos dentinários.

Gráfico 5.1 – Médias de infiltração (mm) de nitrato de prata dos cimento estudados em função dos tratamentos dentinários. Letras diferentes indicam diferença significativa.

Comparando as médias de infiltração do traçador químico dos dentes obturados pelos cimentos resinosos em função dos tratamentos dentinários, puderam ser notadas diferenças estatisticamente significantes.

No grupo controle, não irradiado, o cimento EndoREZ® obteve média de infiltração significativamente menor quando comparado ao cimento AH Plus™ e

Epiphany SE[®]. O cimento Epiphany[®] não apresentou diferenças em relação aos demais cimentos.

No grupo irradiado com o laser de Nd:YAG, os espécimes obturados com o cimento AH Plus[™] apresentaram infiltrações significativamente menores que as observadas nos dentes obturados com os outros cimentos. Já a infiltração nos dentes obturados com o cimento Epiphany SE[®] foi significativamente maior que os outros cimentos.

A irradiação com o laser de diodo proporcionou ao AH Plus[™] a menor média de infiltração que aos demais cimentos exceto o EndoREZ[®].

O grupo irradiado com o laser de Er:YAG e obturado com o cimento Epiphany SE[®] apresentou o maior valor médio de infiltração quando comparado com os demais cimentos.

O gráfico 5.2 ilustra as médias de infiltração apical (mm) em função dos cimentos endodônticos.

Gráfico 5.2 – Médias de infiltração (mm) de nitrato de prata em função dos cimento estudados. Letras diferentes indicam diferença significativa.

Nos subgrupos de dentes obturados com o cimento AH Plus™ os valores médios de infiltração apical observados nos dentes previamente irradiados com os lasers de Nd:YAG ou de diodo foram significativamente menores que os valores observados no grupo controle não irradiado.

Nos subgrupos de dentes obturados com o cimento EndoREZ® a média de infiltração apical dos dentes previamente irradiados com o laser de Nd:YAG foi significativamente maior que àquela do grupo controle não irradiado.

As médias de infiltração no subgrupos do cimento Epiphany® foram similares em todos os grupos experimentais.

Com relação aos subgrupos do cimento Epiphany SE® somente os dentes previamente irradiados com o laser de Nd:YAG apresentaram infiltração apical significativamente maior que aquelas dos demais grupos.

5.3 Análise da adaptação do material obturador à parede dentinária e penetração em túbulos dentinários

5.3.1 Análise da adaptação do material obturador à parede dentinária

As figuras 5.9 a 5.12 mostram eletromicrografias de varredura representativas da adaptação de cada cimento em função do tratamento dentinário. Independente do tratamento dentinário, os cimentos adaptaram-se de forma satisfatória à parede dentinária.

Figura 5.9 – Comparação da adaptação do cimento AH Plus™ em função dos tratamentos dentinários. Nota-se boa adaptação entre cimento (c) e dentina (d) em todos os grupos

Figura 5.10 – Comparação da adaptação do cimento EndoREZ® em função dos tratamentos dentinários. Nota-se boa adaptação entre cimento (c) e dentina (d) em todos os grupos

Figura 5.11– Comparação da adaptação do cimento Epiphany[®] em função dos tratamentos dentinários. Nota-se boa adaptação entre cimento (c) e dentina (d) em todos os grupos

Figura 5.12– Comparação da adaptação do cimento Epiphany SE[®] em função dos tratamentos dentinários. Nota-se boa adaptação entre cimento (c) e dentina (d) em todos os grupos

O teste Kappa revelou a existência de concordância substancial entre avaliadores ($Kappa > 0,6$).

A distribuição das modas dos escores da adaptação do material obturador à parede dentinária está apresentadas na Tabela 5.2.

Tabela 5.2 – Distribuição das modas dos escores da avaliação da adaptação do material obturador à parede dentinária.

Grupos	Subgrupos	Escore			
		1	2	3	4
GØ (não irradiado)	AH Plus™	0	1	5	4
	EndoREZ®	1	0	5	4
	Epiphany®	2	1	1	6
	Epiphany SE®	1	1	1	7
GN (Nd:YAG)	AH Plus™	0	1	2	7
	EndoREZ®	1	0	2	7
	Epiphany®	1	0	2	7
	Epiphany SE®	1	2	1	6
GD (diodo)	AH Plus™	1	2	4	3
	EndoREZ®	0	1	4	5
	Epiphany®	0	1	0	9
	Epiphany SE®	0	1	2	7
GE (Er:YAG)	AH Plus™	2	2	3	3
	EndoREZ®	0	0	1	9
	Epiphany®	0	4	1	5
	Epiphany SE®	0	0	2	8

Em todos os grupos experimentais houve uma concentração de escores 3 ou 4 de adaptação em todos os subgrupos estudados, indicando que de forma geral todos os subgrupos apresentaram adaptação igual ou superior a 50 %.

O teste não paramétrico de Kruskal-Wallis não revelou diferença estatisticamente significativa entre os dados de adaptação, nem entre os grupos (tratamentos), nem entre os subgrupos (cimentos).

5.3.2 Análise da penetração de cimento no interior dos túbulos dentinários

As figuras 5.13 a 5.16 mostram eletromicrografias de varredura representativas da formação de *tags* de cada cimento em função do tratamento dentinário. Apesar dos tratamentos dentinários promoverem diferentes alterações na superfície dentinária, todos os cimentos conseguiram penetrar pelos túbulos dentinários.

Figura 5.13 – Eletromicrografias de varredura exibindo a formação de *tags* do cimento AH Plus™ em função do tratamento dentinário. As setas apontam os *tags* de cimento (c) penetrando pela dentina (d)

Figura 5.14 – Eletromicrografias de varredura exibindo a formação de *tags* do cimento EndoREZ® em função do tratamento dentinário. As setas apontam os *tags* de cimento (c) penetrando pela dentina (d)

Figura 5.15 – Eletromicrografias de varredura exibindo a formação de *tags* do cimento Epiphany® em função do tratamento dentinário. As setas apontam os *tags* de cimento (c) penetrando pela dentina (d)

Figura 5.16 – Eletromicrografias de varredura exibindo a formação de *tags* do cimento Epiphany SE[®] em função do tratamento dentinário. As setas apontam os *tags* de cimento (c) penetrando pela dentina (d)

O teste Kappa revelou concordância substancial entre avaliadores (Kappa > 0,75). A distribuição das modas dos escores da penetração em túbulos dentinários (formação de *tags*) está apresentada na Tabela 5.3.

Tabela 5.3 – Distribuição das modas dos escores da avaliação da penetração de cimento nos túbulos dentinários (formação de *tags*)

Grupos	Subgrupos	Escore			
		1	2	3	4
GØ (não irradiado)	AH Plus TM	8	2	0	0
	EndoREZ [®]	2	0	4	4
	Epiphany [®]	5	0	3	2
	Epiphany SE [®]	8	0	2	0
GN (Nd:YAG)	AH Plus TM	2	4	2	2
	EndoREZ [®]	0	0	3	7
	Epiphany [®]	8	0	2	0
	Epiphany SE [®]	9	0	1	0
GD (diodo)	AH Plus TM	1	2	6	1
	EndoREZ [®]	0	0	2	8
	Epiphany [®]	1	0	2	7
	Epiphany SE [®]	8	1	1	0
GE (Er:YAG)	AH Plus TM	3	2	5	0
	EndoREZ [®]	1	5	4	0
	Epiphany [®]	5	2	2	1
	Epiphany SE [®]	2	8	0	0

O teste de Kruskal-Wallis revelou que houve diferença significativa quanto à penetração nos túbulos dentinários entre os grupos ($p<0,05$). O teste *post-hoc* de Dunn revelou diferenças estatisticamente significantes em função do cimento e do tratamento dentinário. A tabela 5.4 apresenta a comparação entre os cimentos dentro do mesmo grupo e entre o mesmo cimento nos diferentes grupos de tratamento dentinário.

Tabela 5.4 – Comparação estatística pelo teste Kruskal-Wallis das modas dos escores de cada cimentos dentro dos grupos e entre grupos ($p<0,05$)

Grupos	Subgrupos	Dentro do grupo	Entre grupos			
			vs. GØ	vs. GN	vs. GD	vs. GE
GØ (não irradiado)	AH Plus™	b,c	-	n.s.	$p<0,05$	n.s.
	EndoREZ®	a	-	n.s.	n.s.	n.s.
	Epiphany®	a,b,c	-	n.s.	n.s.	n.s.
	Epiphany SE®	b,c	-	n.s.	n.s.	n.s.
GN (Nd:YAG)	AH Plus™	a,b	n.s.	-	n.s.	n.s.
	EndoREZ®	a	n.s.	-	n.s.	$p<0,05$
	Epiphany®	b	n.s.	-	$p<0,05$	n.s.
	Epiphany SE®	b	n.s.	-	n.s.	n.s.
GD (diodo)	AH Plus™	a,c	$p<0,05$	n.s.	-	n.s.
	EndoREZ®	a	n.s.	n.s.	-	$p<0,05$
	Epiphany®	a	n.s.	$p<0,05$	-	n.s.
	Epiphany SE®	b,c	n.s.	n.s.	-	n.s.
GE (Er:YAG)	AH Plus™	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	-
	EndoREZ®		n.s.	$p<0,05$	$p<0,05$	-
	Epiphany®		n.s.	n.s.	n.s.	-
	Epiphany SE®		n.s.	n.s.	n.s.	-

Comparando os cimentos no grupo não irradiado, bem como o irradiado com o laser de Nd:YAG (GN), o EndoREZ® obteve os maiores escores de formação de *tags*, significativamente maiores que os do cimento AH Plus™ e Epiphany SE®.

A irradiação com o laser de diodo, seguida pela obturação com o cimento Epiphany SE® levou à escores de penetração significativamente menores que aqueles dos subgrupos EndoREZ® e Epiphany®.

O laser de Er:YAG não influenciou a penetração dos cimentos no interior dos túbulos dentinários.

Com relação à influência dos tratamentos dentinários na penetração dos cimentos nos túbulos dentinários, algumas diferenças significativas puderam ser notadas.

Comparando a penetração dos cimentos no grupo não irradiado com os grupos irradiados, observou-se que a irradiação com o laser de diodo aumentou os escores do subgrupo do cimento AH Plus™.

Ilustrações adicionais de adaptação e penetração dos cimento às paredes dentinárias estão apresentas nas figuras 5.17 a 5.22.

Figura 5.17 – Eletromicrografias ilustrando a formação de *tags* do cimento AH Plus™ no grupo irradiado com laser de diodo (GD1). (a) Nota-se formação densa de *tags*, com profundidade acima de 300 µm. (b) Em aumento de 3000X, visualiza-se em detalhe a penetração do cimento nos túbulos dentinários (setas)

Figura 5.18 – Eletromicrografias ilustrando a formação de *tags* do cimento Epiphany® no grupo irradiado com laser de diodo (GD3). (a) Nota-se formação densa de *tags*, com profundidade de até de 100 µm. (b) Em aumento de 4500x, visualiza-se em detalhe as ramificações dos *tags* do cimento (setas)

Figura 5.19 – Eletromicrografias ilustrando a formação de *tags* do cimento EndoREZ[®] no grupo irradiado com laser de diodo (GØ2). (a) Nota-se formação densa de *tags* ao longo da superfície dentinária (setas brancas). (b) Em aumento de 6000x, visualiza-se em detalhe as ramificações dos *tags* do cimento e sua espessura em μm (setas vazias)

Figura 5.20 – Eletromicrografias ilustrando a formação de *tags* do cimento Epiphany SE[®] no grupo irradiado com laser de diodo (GE4). (a): Nota-se formação uniforme de *tags*, mas com pouca profundidade (setas brancas). (b) Em aumento de 1000x, visualiza-se a penetração de prata pelos túbulos dentinários, caracterizando falha no selamento apical (setas vazias)

Figura 5.22 – Eletromicrografia em maior aumento (2500x) da região circulada na figura 5.21. A seta mostra a presença de alguns *tags*

Figuras 5.21 – Montagem de eletromicrografias ilustrando a extensão da formação de *tags* do cimento EndoREZ® no grupo irradiado com o laser de diodo (GØ2), chegando a aproximadamente 1200 μm. As setas mostram túbulos com a presença de *tags*. A região circulada está representada em maior aumento na figura 5.22

06_discussão

6 DISCUSSÃO

O selamento apical é de extrema importância para prevenir o intercâmbio de toxinas, nutrientes ou bactérias entre o endodonto e o periápice, o que comprometeria o sucesso do tratamento realizado. A não existência de material ou técnica que promova o completo selamento demanda o constante desenvolvimento e pesquisa de novas alternativas. Atualmente, os cimentos resinosos de obturação e a irradiação intracanal com lasers de alta intensidade são opções promissoras para promover o vedamento apical. Justifica-se, então, avaliar se a interação entre estes recursos poderia influenciar no vedamento apical. Portanto, a realização deste estudo baseou-se na hipótese experimental que o tratamento do substrato dentinário pela irradiação com laser de alta intensidade influenciaria na capacidade seladora dos cimentos resinosos estudados. Avaliando-se infiltração pós-obturaço, bem como adaptao e penetrao dos cimentos s paredes dentinrias, verificamos que embora a infiltrao ps-obturao tenha variado em funo das interaes entre os cimentos e as irradiaes realizadas, a adaptao e penetrao dos cimentos no foram prejudicadas pela irradiao prvia da dentina intrarradicular, independentemente dos equipamentos laser utilizados (Nd:YAG, diodo e Er:YAG).

Diversos mtodos de avaliao da infiltrao apical j foram propostos na literatura, cada qual com sua aceitao periodicamente questionada. Atualmente, a metodologia de filtrao de fluido apontada como a mais confivel para avaliao da infiltrao. Entretanto, o equipamento de medio complexo e caro quanto sua concepo e utilizao. Deve-se ressaltar tambm que no h uma padronizao quanto aos materiais utilizados na sua manufatura, nem no protocolo

utilizado durante o experimento, dificultando as comparações entre os resultados encontrados na literatura. Além disso, essa metodologia possibilita a análise de apenas um espécime por vez, inviabilizando seu uso em estudos com grandes amostras. Também aceitas ultimamente, a penetração de bactérias ou de solução de glucose são métodos que verificam a passagem completa destes pela interface obturação/parede dentinária. Contudo, sua análise baseia-se na passagem no sentido cérvico-apical, ao contrário da proposta deste estudo que avaliou a penetração pela região apical. Assim, optamos por analisar a infiltração apical pós-obturação com cimentos endodônticos resinosos avaliando a penetração de traçador químico.

O uso de corantes e traçadores químicos foi frequentemente adotado durante décadas para avaliar a infiltração apical ou coronária, devido à sua metodologia simples de preparo e análise da amostra. Porém, essa metodologia vem sendo constantemente questionada quanto à sua confiabilidade e principalmente sua reprodutibilidade, devido às diversas variáveis e possibilidades durante sua execução. Apesar disso, é um método que permite facilmente a visualização do padrão de infiltração e viável de ser executado em estudos com muitos espécimes. Entende-se também que parte da descrença desta metodologia está mais associada à sua possível não correlação com testes de filtração de fluido e penetração bacteriana do que ao método propriamente dito (CAMPS; PASHLEY, 2003; WU; WESSELINK, 1993). Por fim, é consenso literário que estudos *in vitro* não podem ser diretamente extrapolados para a realidade clínica, mas quando executados com criteriosa padronização metodológica, independente do método adotado, seus resultados comparativos têm relevância na escolha do melhor material e/ou técnica testados (POMMEL; JACQUOT; CAMPS, 2001; SUSINI et al., 2006).

Na avaliação da penetração de corantes ou traçadores químicos existem variáveis, entre elas, o tipo de corante, seu pH e tamanho de molécula podem resultar em maiores ou menores índices de infiltração. Optou-se neste estudo por utilizar a solução amoniacal de nitrato de prata a 50 % como traçador químico na avaliação da infiltração apical. Ao contrário de soluções de azul de metileno e de nitrato de prata convencional, seu pH básico (9,5) não causa descalcificação da estrutura dentinária, fato este que influenciaria no índice de infiltração. Seu uso vem crescentemente sendo adotado em pesquisas na odontologia restauradora para estudos de micro e nanoinfiltração de restaurações com resinas compostas. Os íons de prata precipitados são facilmente visualizados em microscopia eletrônica, permitindo a análise da nanoinfiltração marginal de restaurações e possíveis falhas na formação da camada híbrida. A similaridade entre os adesivos dentinários utilizados nas restaurações de resina composta e os cimentos endodônticos à base de metacrilato quanto à composição química e penetração em túbulos dentinários contribuiu para a escolha deste traçador químico.

O processamento do espécime também é outro fator que influi na medição da infiltração. Alguns autores optam pela diafanização do dente, tornando-o translúcido o suficiente para visualizar o ponto ou região de maior infiltração (SILVEIRA et al., 2007; SIQUEIRA Jr.; ROCAS; VALOIS, 2001; VERISSIMO; DO VALE; MONTEIRO, 2007). Especula-se, entretanto, que o processo de desmineralização do dente pode dissolver o corante, influenciando na leitura dos resultados (VERISSIMO; DO VALE, 2006). Outros estudos preferem o corte transversal seriado, em secções milimétricas, até se atingir a região de maior penetração de corante (ROGGENDORF et al., 2007; ZMENER; PAMEIJER; MACRI, 2005; ZMENER et al., 2008). Devido à perda de estrutura dental em cada secção de pelo menos 0,3 mm em razão da

espessura do disco de corte, a medição por essa técnica se torna imprecisa. A extração de corante, por meio da dissolução da estrutura dental e análise da absorbância da solução resultante por espectrofotometria foi também proposta para o estudo de infiltração de corante (CAMPS; PASHLEY, 2003; SUSINI et al., 2006). As opções de diafanização e extração de corante foram descartadas porque além da medição da infiltração apical, o presente estudo propôs-se a avaliar a interface entre cimento e parede dentinária nos mesmos espécimes. Além disso, em estudo piloto, o método de cortes transversais seriados foi utilizado, porém a espessura de 1 mm de cada secção aliada ao processo de corte ocasionou constantes deslocamentos do material obturador, impossibilitando a escolha desta metodologia.

Destarte, a secção longitudinal dos dentes foi a técnica escolhida. Tem-se ciência que diferentes eixos de corte podem influir na leitura da infiltração (WU; WESSELINK, 1993). Por isso, padronizou-se o eixo de corte da amostra no sentido méso-distal e perpendicular à superfície radicular.

Após a análise da infiltração de nitrato de prata, foram selecionadas aleatoriamente cinco secções de cada grupo experimental para análise em microscopia eletrônica de varredura (MEV). Para isso, normalmente utiliza-se o MEV convencional, em alto vácuo, devendo os espécimes serem previamente desidratados e metalizados. O ressecamento da amostra pode resultar na contração dos cimentos resinosos e criação de espaços e falhas inerentes ao processo. Tay et al. (2005) alertaram que dentes obturados com cimentos resinosos devem ser avaliados totalmente hidratados, a fim de evitar o aparecimento de falhas decorridas do processamento para MEV em alto vácuo. Indicam assim, a utilização de MEV em modo ambiental, na qual a amostra não requer metalização e é mantida hidratada durante toda a análise. Dessa maneira, foi utilizado neste estudo o MEV de emissão

de campo em modo ambiental para análise da adaptação do cimento à parede dentinária e formação de *tags* de resina.

A morfologia superficial da dentina após os tratamentos propostos foi observada em eletromicrografias de varredura obtidas no modo convencional com o intuito de tentar entender as possíveis diferenças na infiltração nos diferentes grupos experimentais. Assim, dois dentes de cada grupo foram aleatoriamente selecionados antes da fase de obturação. Os mesmos foram clivados longitudinalmente, lavados e preparados para microscopia eletrônica de varredura em alto vácuo.

Como esperado, a superfície dentinária observada nas eletromicrografias de varredura mostraram diferentes padrões em função dos tratamentos realizados. O grupo não irradiado apresentou superfície dentinária característica e limpa, apresentando, portanto, túbulos dentinários abertos e evidentes. As eletromicrografias de espécimes irradiados tanto com o laser de Nd:YAG quanto de diodo mostraram imagens compatíveis com fusão da dentina, apresentando número diminuto de túbulos abertos e evidentes. Tais alterações foram mais intensas quando da irradiação com Nd:YAG. Esses resultados são corroborados por estudos já publicados, que mostraram efeitos similares de alteração morfológica quando da utilização destes lasers (CAMARGO et al., 2005; DEPRAET; DE BRUYNE; DE MOOR, 2005; MARCHESAN et al., 2008; MOURA-NETTO et al., 2008a; SANTOS et al., 2005; WANG et al., 2005). Em contrapartida, a irradiação com o laser de Er:YAG causou ablação da dentina peritubular e intertubular, expondo os túbulos dentinários, concordando com resultados prévios de outros autores (TAKEDA et al., 1999). Vale ressaltar, que independentemente do tipo de irradiação, as alterações superficiais não eram homogêneas por toda a superfície radicular. Como já descrito por outros autores, até em função da irradiação ser feita de forma manual, não é possível se

irradiar de forma similar todas as paredes radiculares em toda a extensão do canal radicular.

O alto nível de limpeza observado em todos os grupos, nos quais as superfícies radiculares apresentaram-se praticamente livres de debris e magma dentinário, provavelmente foi resultante, entre outros, da irrigação final com ativação ultrassônica. Seu uso potencializa a capacidade de limpeza dos irrigantes utilizados, melhorando o resultado final da irrigação quando comparado ao uso exclusivo de seringas (LEE; WU; WESSELINK, 2004; VAN DER SLUIS et al., 2007b). O aumento da limpeza também favorece a capacidade de adaptação e selamento das obturações, diminuindo a infiltração (VAN DER SLUIS et al., 2007a). A escolha pelo uso da irrigação ultrassônica também foi baseada nas recomendações dos fabricantes dos cimentos à base de metacrilato, que alertam que a manutenção de substâncias químicas como hipoclorito de sódio, EDTA ou peróxidos no interior do canal interferem na polimerização destes cimentos.

A análise das médias de infiltração da solução de nitrato de prata mostraram que os fatores tratamento dentinário, cimento e a interação entre estes influenciaram no selamento apical. A escassez de trabalhos similares na literatura dificulta a comparação dos resultados obtidos neste estudo. Salienta-se que não foi encontrado nenhum trabalho que avaliou a infiltração apical utilizando o cimento Epiphany SE®.

Na análise da capacidade seladora dos cimentos no grupo não irradiado (GØ), tomando como base o teste de infiltração após a obturação dos canais radiculares, observamos que o cimento EndoREZ® foi o que melhor selou os túbulos dentinários. Os espécimes obturados com este cimento foram significativamente menos infiltrados que aqueles dos outros cimentos, exceto pelo Epiphany®. Poucos

trabalhos comparam esses dois cimentos quanto ao selamento apical. A exemplo dos resultados do presente estudo, em nenhum deles houve diferença significativa entre estes cimentos. Cabe salientar que todos os estudos encontrados utilizaram infiltração de corante como método de avaliação (MOURA-NETTO et al., 2009b). Segundo a análise estatística, o cimento EndoREZ[®] promoveu melhor selamento apical em comparação ao AH Plus[™] e ao Epiphany SE[®]. Este resultado confronta outros estudos que não encontraram diferenças entre os cimentos EndoREZ[®] e AH Plus[™] (DE-DEUS et al., 2006; MOURA-NETTO et al., 2007; MOURA-NETTO et al., 2008b; PINTO et al., 2006) ou ainda concluíram que o AH Plus[™] promoveu melhor selamento apical (GERNHARDT et al., 2007; KARDON et al., 2003; ORUCOGLU; SENGUN; YILMAZ, 2005; SEVIMAY; KALAYCI, 2005). Analisando cada trabalho, algumas divergências nas metodologias podem ter ocasionado a diferença nos resultados. De-Deus et al. (2006), em estudo de infiltração bacteriana, utilizaram solução de NaOCl a 5,25% como irrigante final e não utilizaram o cone EndoREZ[®] points em conjunto com o cimento EndoREZ[®], que foi levado ao canal com uma lima #80. Kardon et al. (2003) e Moura-Netto et al. (2007) utilizaram a primeira fórmula do EndoREZ[®] em seu estudo, não fizeram irrigação final com água destilada ou solução fisiológica e secaram completamente o canal. Sevimay e Kalayci (2005) e Gernhardt et al. (2007) secaram completamente o canal antes da obturação. Baseado na época das publicações, dificilmente algum dos trabalhos mencionados utilizaram a mesma fórmula do EndoREZ[®] utilizada neste estudo. Portanto, acreditamos que parte das divergências encontradas poderia estar relacionada com a forma de utilização dos materiais estudados, que não respeitaram integralmente as recomendações dos fabricantes.

Desde 2005, a capacidade seladora dos cimentos AH Plus™ e Epiphany® tem sido testada pelo método de infiltração. Utilizando este método em nosso estudo, não foi observada diferença significativa entre estes dois cimentos. De fato, este resultado concorda com outros encontrados na literatura, inclusive utilizando diferentes métodos de avaliação (BODRUMLU; TUNGA, 2007; BOUILLAGUET et al., 2008; FRANSEN et al., 2008; KAYA; KECECI; BELLI, 2007; ONAY; UNGOR; ORUCOGLU, 2006; PAQUE; SIRTES, 2007; TAY et al., 2005; VERISSIMO; DO VALE; MONTEIRO, 2007). Embora existam diversos trabalhos que negam a correlação entre os diversos métodos de avaliação de infiltração apical (CAMPS; PASHLEY, 2003; POMMEL; JACQUOT; CAMPS, 2001; WU; DE GEE; WESSELINK, 1994; WU; WESSELINK, 1993), a concordância aqui observada sugere que pode existir correlação entre as diferentes metodologias de análise da infiltração apical.

A análise da influência do tratamento prévio da superfície dentinária com a irradiação de diferentes tipos de lasers de alta intensidade no resultado final da obturação com os cimentos resinosos foi o objetivo principal deste trabalho. Portanto, após observarmos como cada cimento se comportou em relação à infiltração apical passamos a comparar como os mesmos se comportaram quando utilizados sobre dentina previamente irradiada.

O AH Plus™ é um cimento à base de resina epóxica, com característica hidrofóbica. Por este motivo, os canais radiculares foram totalmente secos antes da obturação final com esse cimento. As irradiações com os lasers não comprometeram a capacidade seladora do AH Plus™. De fato, os lasers de Nd:YAG e de diodo inclusive melhoraram esta capacidade, uma vez que levaram à diminuição dos níveis de infiltração em relação ao grupo não irradiado. Esses lasers causam fusão e solidificação da superfície dentinária (MOURA-NETTO et al., 2008a), que *per se* já

favorecem a impermeabilização desta dentina. Além disso, esta superfície fusionada provavelmente se apresente menos hidratada que a dentina normal, o que poderia auxiliar na melhor adaptação deste cimento ao substrato dentinário.

Na literatura, são poucos os trabalhos que avaliaram a associação destes lasers com o cimento AH Plus™ (MOURA-NETTO et al., 2007; MOURA-NETTO et al., 2009a; MOURA-NETTO et al., 2008b; MOURA-NETTO et al., 2009b; PINTO et al., 2006). Estes trabalhos realizados pelo nosso grupo de pesquisa têm apresentado resultados concordantes com o observado neste estudo.

A irradiação com o laser de Er:YAG não influenciou significativamente a capacidade seladora do cimento AH Plus™. Este resultado concorda com o estudo de Mello, Robazza e Antoniazzi (2004) que, utilizando o laser de Er:YAG com diferentes parâmetros de irradiação, não encontrou diferença estatística em comparação ao grupo não irradiado.

Os cimentos endodônticos à base de metacrilatos têm sido desenvolvidos com o propósito de alcançar maiores níveis de selamento, baseado na sua capacidade adesiva e de penetração nos túbulos dentinários. Por esse motivo, esperava-se que a diminuição de túbulos expostos e alteração da superfície dentinária causada pela irradiação com os lasers de Nd:YAG e de diodo prejudicassem a capacidade seladora desses cimentos. Corroborando com esta idéia, a irradiação com o laser de Nd:YAG piorou significativamente o selamento dos dentes obturados com o cimento EndoREZ® e com o Epiphany SE® em comparação aos respectivos grupos não irradiados. Tal fato pode estar relacionado às alterações marcantes da dentina superficial compatíveis com fusão dentinária provocada por esse laser ou ainda à desidratação dessa superfície pela elevação de temperatura.

O único laser que não ocasionou alterações na capacidade seladora de todos os cimentos estudados quando comparados com dentes não irradiados foi o laser de Er:YAG. Sabe-se que esse laser causa ablação dentinária, exposição dos túbulos e limpeza superficial da dentina. Essa topografia superficial da dentina favoreceria, teoricamente, a adesão de materiais restauradores resinosos, proporcionando um melhor embricamento material/dentina, o que dificultaria a infiltração de corantes através dessa interface. No entanto, diversos trabalhos em Dentística têm demonstrado que isto não acontece e a adesão de adesivos ao substrato dentinário irradiado com o laser de Er:YAG ocorre de forma similar ou inferior quando comparado com a adesão à dentina não irradiada (DUNN; DAVIS; BUSH, 2005; SOUZA-ZARONI et al., 2008). Segundo Ceballos et al. (2002), a irradiação com laser de Er:YAG além de causar vaporização da camada dentinária superficial, também causa desidratação e desnaturação das fibras colágenas no interior dos túbulos devido a elevação de temperatura. Esse cenário inviabiliza a difusão da resina pelo interior dos túbulos, ocasionando falhas de hibridização e portanto perda na capacidade adesiva.

Para melhor entender os resultados da análise de selamento apical com o uso do teste de infiltração, decidiu-se utilizar a MEV em modo ambiental para observar a adaptação dos cimentos às paredes dentinárias e a penetração dos mesmos nos túbulos. Utilizando esta técnica e classificando a adaptação em escores de acordo com a porcentagem de contato dos cimentos com as paredes dentinárias de forma linear foi possível verificar que nenhum dos lasers foi capaz de alterar significativamente a qualidade da adaptação dos cimentos às paredes dentinárias. Adicionalmente, a adaptação de todos os cimentos aos dentes não irradiados também foram similares entre si. Isto indica que além da adaptação, outros fatores

devem interferir na determinação da capacidade seladora de cimentos endodônticos. Este achado tornou relevante a análise da penetração de *tags* de cimento nos túbulos dentinários, que poderia então ser o fator diferencial que ajudaria, junto com a topografia superficial da dentina, a justificar os resultados de infiltração observados. Nesta análise, também feita em escores, levou-se em consideração a extensão da interface dentina/cimento exibindo *tags*, bem como a morfologia e profundidade dos mesmos.

Confrontando os cimentos no grupo não irradiado, a penetração do cimento EndoREZ® foi estatisticamente superior ao AH Plus™ e Epiphany SE®. Poucos trabalhos na literatura avaliaram a penetração de cimento em túbulos dentinários. Mamootil e Messer (2007) avaliaram os cimentos AH26™, EndoREZ® e Pulp Canal Sealer EWT® quanto à penetração em túbulos dentinários. Encontraram *tags* de até 1337 µm para o AH26™, 863 µm para o EndoREZ® e apenas 71 µm para o Pulp Canal Sealer EWT®, cimento à base de óxido de zinco, mostrando assim a superioridade dos cimentos resinosos nesse quesito. Patel et al. (2007) também apresentaram altos valores de penetração do RealSeal® em túbulos dentinários, com média superior a 900 µm.

A irradiação de forma geral não foi capaz de alterar as características dos *tags*. De fato, somente para o cimento AH Plus™ foram observados escores mais altos indicando a existência de maior quantidade de *tags* na interface dentina-cimento, *tags* mais longos e densos nos espécimes irradiados com o laser de diodo quando comparado com dentes não irradiados. Esse achado foi inesperado já que a superfície dentinária irradiada com este laser apresenta poucos túbulos abertos. No entanto, ele também foi interessante, uma vez que a infiltração nos dentes irradiados com este laser e obturados com o cimento AH Plus™ foi a menor observada para

este cimento. Portanto, ao menos para este cimento a relação da qualidade da penetração dos *tags* nos túbulos com o índice de infiltração fez sentido, ou seja, maior penetração de *tags*, menor infiltração pós-obturação. Sendo assim, este fator, a penetração, parece ser mais relevante na determinação do selamento apical pós-obturação. No entanto, esta interpretação não pode ser estendida para os demais cimentos, uma vez que as irradiações da dentina, independente dos lasers utilizado, não modificaram a penetração dos *tags* nos túbulos para os outros cimentos, apesar de terem influenciado na infiltração. Por outro lado, temos que ter em mente que a análise de somente um corte e uma determinada área da interface dentina-cimento por espécime utilizando a MEV ambiental na busca de se observar adaptação e penetração pode ter sido insuficiente para a real observação da relação dentina/cimento. De fato, durante o procedimento de irradiação, dificilmente todas as paredes são irradiadas, deixando áreas sem alteração morfológica. Deve-se também levar em conta que a anatomia dos túbulos dentinários é complexa, apresentando inúmeras ramificações e conexões entre os túbulos, impossibilitando o vedamento destes com a irradiação laser.

Com base nos resultados, entende-se que a irradiação laser é capaz de modificar o selamento apical dos dentes obturados com os cimentos endodônticos resinosos, dependendo do tipo de laser e de cimento. Apesar de preliminares, os dados deste estudo indicam que a penetração nos túbulos pode ser um fator de grande relevância na capacidade seladora destes cimentos. Por outro lado, deve-se ter em mente que a irradiação intracanal com os lasers de alta intensidade é benéfica para a redução bacteriana, limpeza e selamento, dependendo de parâmetros de uso adequados para sua utilização.

Portanto, a associação na prática clínica da irradiação intracanal e uso dos cimentos resinosos à base de metacrilato deve ser cuidadosamente avaliada para que os benefícios individuais destes recursos não sejam diminuídos quando utilizados conjuntamente.

07_conclusões

7 CONCLUSÕES

Baseando-se nos resultados obtidos no presente estudo, julga-se lícito concluir que:

A hipótese nula testada, que as alterações morfológicas na superfície dentinária causada pelos lasers utilizados não influem na capacidade seladora dos cimentos resinosos estudados foi rejeitada.

Em dentes não irradiados, a qualidade da obturação do cimento EndoREZ® foi superior aos outros cimentos, com exceção ao Epiphany®.

A irradiação da superfície dentinária, independente do laser utilizado, não prejudicou a adaptação e penetração dos cimentos resinosos estudados.

A irradiação laser foi capaz de influir no selamento final das obturações com cimentos resinosos. Os lasers de Nd:YAG e de diodo melhoram a qualidade do selamento dos espécimes obturados com o cimento AH Plus™. Em contrapartida, a irradiação da superfície dentinária com o laser de Nd:YAG influenciou negativamente o selamento dos grupos obturados com EndoREZ® e Epiphany SE®.

referências

REFERÊNCIAS¹

Adanir N, Cobankara FK, Belli S. Sealing properties of different resin-based root canal sealers. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 2006;77(1):1-4.

Ahlberg KM, Tay WM. A methacrylate-based cement used as a root canal sealer. *Int Endod J* 1998;31(1):15-21.

Alfredo E, Silva SR, Ozorio JE, Sousa-Neto MD, Brugnera-Junior A, Silva-Sousa YT. Bond strength of AH Plus and Epiphany sealers on root dentine irradiated with 980 nm diode laser. *Int Endod J* 2008;41(9):733-40.

Almeida JF, Gomes BP, Ferraz CC, Souza-Filho FJ, Zaia AA. Filling of artificial lateral canals and microleakage and flow of five endodontic sealers. *Int Endod J* 2007;40(9):692-9.

American National Standards Institute/American Dental Association (ANSI/ADA). Specification No. 57: endodontic sealing materials. 2nd draft (revision). Chicago: American Dental Association; 2000.

Ana PA, Velloso WF, Jr., Zezell DM. Three-dimensional finite element thermal analysis of dental tissues irradiated with Er,Cr:YSGG laser. *Rev Sci Instrum* 2008;79(9). Disponível em: <<http://link.aip.org/link/?RSINAK/79/093910/1>> [Acesso em: 23 dez. 2008]

Araki AT, Ibraki Y, Kawakami T, Lage-Marques JL. Er:Yag laser irradiation of the microbiological apical biofilm. *Braz Dent J* 2006;17(4):296-9.

Aranha AC, Domingues FB, Franco VO, Gutknecht N, Eduardo C de P. Effects of Er:YAG and Nd:YAG lasers on dentin permeability in root surfaces: a preliminary in vitro study. *Photomed Laser Surg* 2005;23(5):504-8.

Bello-Silva MS, Lage-Marques JL, Marotti J, de Paula Eduardo C, Apel C, Gutknecht N. Calcitonin, sodium alendronate and high intensity laser in the treatment of traumatized teeth: a preliminary study. *Lasers Med Sci* 2008, Nov 15 [Epub ahead of print].

¹ De acordo com Estilo Vancouver. Abreviatura de periódicos segundo base de dados MEDLINE.

Bodrumlu E, Tunga U. Apical leakage of Resilon obturation material. *J Contemp Dent Pract* 2006;7(4):45-52.

Bodrumlu E, Tunga U. The apical sealing ability of a new root canal filling material. *Am J Dent* 2007;20(5):295-8.

Bouillaguet S, Shaw L, Barthelemy J, Krejci I, Wataha JC. Long-term sealing ability of Pulp Canal Sealer, AH-Plus, GuttaFlow and Epiphany. *Int Endod J* 2008;41(3):219-26.

Bouillaguet S, Wataha JC, Lockwood PE, Galgano C, Golay A, Krejci I. Cytotoxicity and sealing properties of four classes of endodontic sealers evaluated by succinic dehydrogenase activity and confocal laser scanning microscopy. *Eur J Oral Sci* 2004;112(2):182-7.

Bouillaguet S, Wataha JC, Tay FR, Brackett MG, Lockwood PE. Initial in vitro biological response to contemporary endodontic sealers. *J Endod* 2006;32(10):989-92.

Brugnera A, Jr., Zanin F, Barbin EL, Spano JC, Santana R, Pecora JD. Effects of Er:YAG and Nd:YAG laser irradiation on radicular dentine permeability using different irrigating solutions. *Lasers Surg Med* 2003;33(4):256-9.

Camargo SE, Valera MC, Camargo CH, Fonseca MB, Menezes MM. Effects of Nd:YAG laser irradiation on root canal dentin wall: a scanning electron microscopic study. *Photomed Laser Surg* 2005;23(4):399-404.

Camps J, About I. Cytotoxicity testing of endodontic sealers: a new method. *J Endod* 2003;29(9):583-6.

Camps J, Pashley D. Reliability of the dye penetration studies. *J Endod* 2003;29(9):592-4.

Camps J, Pommel L, Bukiet F, About I. Influence of the powder/liquid ratio on the properties of zinc oxide-eugenol-based root canal sealers. *Dent Mater* 2004;20(10):915-23.

Carvalho CA, Valera MC, Gown-Soares S, de Paula Eduardo C. Effects of Nd:YAG and Er:YAG lasers on the sealing of root canal fillings. *J Clin Laser Med Surg* 2002;20(4):215-9.

Carvalho RM, Tay FR, Giannini M, Pashley DH. Effects of pre- and post-bonding hydration on bond strength to dentin. *J Adhes Dent* 2004;6(1):13-7.

Carvalho-Junior JR, Correr-Sobrinho L, Correr AB, Sinhoreti MA, Consani S, Sousa-Neto MD. Radiopacity of root filling materials using digital radiography. *Int Endod J* 2007a;40(7):514-20.

Carvalho-Junior JR, Correr-Sobrinho L, Correr AB, Sinhoreti MA, Consani S, Sousa-Neto MD. Solubility and dimensional change after setting of root canal sealers: a proposal for smaller dimensions of test samples. *J Endod* 2007b;33(9):1110-6.

Ceballos L, Toledano M, Osorio R, Tay FR, Marshall GW. Bonding to Er-YAG-laser-treated dentin. *J Dent Res* 2002;81(2):119-22.

Cobankara FK, Adanir N, Belli S, Pashley DH. A quantitative evaluation of apical leakage of four root-canal sealers. *Int Endod J* 2002;35(12):979-84.

Cobankara FK, Orucoglu H, Sengun A, Belli S. The quantitative evaluation of apical sealing of four endodontic sealers. *J Endod* 2006;32(1):66-8.

Cogliano V, Grosse Y, Baan R, Straif K, Secretan B, El Ghissassi F. Advice on formaldehyde and glycol ethers. *Lancet Oncol* 2004;5(9):528.

Cohen S, Hargreaves KM. *Pathways of the Pulp*. 9th ed. Elsevier Inc.; 2006.

Colucci V, Lucisano Botelho do Amaral F, Pecora JD, Palma-Dibb RG, Milori Corona SA. Water flow on erbium:yttrium-aluminum-garnet laser irradiation: effects on dental tissues. *Lasers Med Sci* 2008, Apr 19 [Epub ahead of print].

da Costa Ribeiro A, Nogueira GE, Antoniazzi JH, Moritz A, Zezell DM. Effects of diode laser (810 nm) irradiation on root canal walls: thermographic and morphological studies. *J Endod* 2007;33(3):252-5.

da Silva PT, Pappen FG, Souza EM, Dias JE, Bonetti Filho I, Carlos IZ, et al. Cytotoxicity evaluation of four endodontic sealers. *Braz Dent J* 2008;19(3):228-31.

da Silveira Teixeira C, Santos Felipe MC, Silva-Sousa YT, de Sousa-Neto MD. Interfacial evaluation of experimentally weakened roots restored with adhesive materials and fibre posts: an SEM analysis. *J Dent* 2008;36(9):672-82.

De Almeida WA, Leonardo MR, Tanomaru Filho M, Silva LA. Evaluation of apical sealing of three endodontic sealers. *Int Endod J* 2000;33(1):25-7.

De Moor RJ, Hommez GM, De Boever JG, Delme KI, Martens GE. Periapical health related to the quality of root canal treatment in a Belgian population. *Int Endod J* 2000;33(2):113-20.

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* 2006;32(10):998-1001.

De-Deus G, Namen F, Galan J, Jr. Reduced long-term sealing ability of adhesive root fillings after water-storage stress. *J Endod* 2008;34(3):322-5.

Dederich DN. Laser/tissue interaction: what happens to laser light when it strikes tissue? *J Am Dent Assoc* 1993;124(2):57-61.

Depraet FJ, De Bruyne MA, De Moor RJ. The sealing ability of an epoxy resin root canal sealer after Nd:YAG laser irradiation of the root canal. *Int Endod J* 2005;38(5):302-9.

Donnelly A, Sword J, Nishitani Y, Yoshiyama M, Agee K, Tay FR, et al. Water sorption and solubility of methacrylate resin-based root canal sealers. *J Endod* 2007;33(8):990-4.

Dunn WJ, Davis JT, Bush AC. Shear bond strength and SEM evaluation of composite bonded to Er:YAG laser-prepared dentin and enamel. *Dent Mater* 2005;21(7):616-24.

Ebihara A, Majaron B, Liaw LH, Krasieva TB, Wilder-Smith P. Er:YAG laser modification of root canal dentine: influence of pulse duration, repetitive irradiation and water spray. *Lasers Med Sci* 2002;17(3):198-207.

Eldeniz AU, Erdemir A, Belli S. Shear bond strength of three resin based sealers to dentin with and without the smear layer. *J Endod* 2005;31(4):293-6.

Eldeniz AU, Mustafa K, Orstavik D, Dahl JE. Cytotoxicity of new resin-, calcium hydroxide- and silicone-based root canal sealers on fibroblasts derived from human gingiva and L929 cell lines. *Int Endod J* 2007;40(5):329-37.

Ersev H, Schmalz G, Bayirli G, Schweikl H. Cytotoxic and mutagenic potencies of various root canal filling materials in eukaryotic and prokaryotic cells in vitro. *J Endod* 1999;25(5):359-63.

Ferrari M, Grandini S, Simonetti M, Monticelli F, Goracci C. Influence of a microbrush on bonding fiber post into root canals under clinical conditions. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2002;94(5):627-31.

Fransen JN, He J, Glickman GN, Rios A, Shulman JD, Honeyman A. Comparative assessment of ActiV GP/glass ionomer sealer, Resilon/Epiphany, and gutta-percha/AH plus obturation: a bacterial leakage study. *J Endod* 2008;34(6):725-7.

Gekelman D, Prokopowitsch I, Eduardo CP. In vitro study of the effects of Nd:YAG laser irradiation on the apical sealing of endodontic fillings performed with and without dentin plugs. *J Clin Laser Med Surg* 2002;20(3):117-21.

Gernhardt CR, Kruger T, Bekes K, Schaller HG. Apical sealing ability of 2 epoxy resin-based sealers used with root canal obturation techniques based on warm gutta-percha compared to cold lateral condensation. *Quintessence Int* 2007;38(3):229-34.

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(11):809-13.

Gonçalves DD, Moura-Netto C, Gavini G. A eficiência na remoção de smear layer de substâncias químicas associadas a uso do laser diodo de alta intensidade. *RPG* 2006;13(3):245.

Goya C, Yamazaki R, Tomita Y, Kimura Y, Matsumoto K. Effects of pulsed Nd:YAG laser irradiation on smear layer at the apical stop and apical leakage after obturation. *Int Endod J* 2000;33(3):266-71.

Gutknecht N, Franzen R, Meister J, Vanweersch L, Mir M. Temperature evolution on human teeth root surface after diode laser assisted endodontic treatment. *Lasers Med Sci* 2005;20(2):99-103.

Gutknecht N, Franzen R, Schippers M, Lampert F. Bactericidal effect of a 980-nm diode laser in the root canal wall dentin of bovine teeth. *J Clin Laser Med Surg* 2004;22(1):9-13.

Gutknecht N, Moritz A, Conrads G, Sievert T, Lampert F. Bactericidal effect of the Nd:YAG laser in in vitro root canals. *J Clin Laser Med Surg* 1996;14(2):77-80.

Gutknecht N, van Gogswaardt D, Conrads G, Apel C, Schubert C, Lampert F. Diode laser radiation and its bactericidal effect in root canal wall dentin. *J Clin Laser Med Surg* 2000;18(2):57-60.

Inan U, Aydemir H, Tasdemir T. Leakage evaluation of three different root canal obturation techniques using electrochemical evaluation and dye penetration evaluation methods. *Aust Endod J* 2007;33(1):18-22.

Ingle JI, Newton CW, West JD, Gutmann JL, Glickman GN, Korzon BH et al. Obturation of the radicular space. In: Ingle JI, Bakland L, editors. *Endodontics*. 5th ed. Hamilton: BC Decker; 2002. p.571.

Jainan A, Palamara JE, Messer HH. Push-out bond strengths of the dentine-sealer interface with and without a main cone. *Int Endod J* 2007;40(11):882-90.

Jelinkova H, Dostalova T, Duskova J, Kratky M, Miyagi M, Shoji S, et al. Er:YAG and alexandrite laser radiation propagation in root canal and its effect on bacteria. *J Clin Laser Med Surg* 1999;17(6):267-72.

Jimenez-Pinzon A, Segura-Egea JJ, Poyato-Ferrera M, Velasco-Ortega E, Rios-Santos JV. Prevalence of apical periodontitis and frequency of root-filled teeth in an adult Spanish population. *Int Endod J* 2004;37(3):167-73.

Karagenc B, Gencoglu N, Ersoy M, Cansever G, Kulekci G. A comparison of four different microleakage tests for assessment of leakage of root canal fillings. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2006;102(1):110-3.

Kardon BP, Kuttler S, Hardigan P, Dorn SO. An in vitro evaluation of the sealing ability of a new root-canal-obturation system. *J Endod* 2003;29(10):658-61.

Kaya BU, Kececi AD, Belli S. Evaluation of the sealing ability of gutta-percha and thermoplastic synthetic polymer-based systems along the root canals through the glucose penetration model. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2007;104(6):e66-73.

Key JE, Rahemtulla FG, Eleazer PD. Cytotoxicity of a new root canal filling material on human gingival fibroblasts. *J Endod* 2006;32(8):756-8.

Khan MA, Khan MF, Khan MW, Wakabayashi H, Matsumoto K. Effect of laser treatment on the root canal of human teeth. *Endod Dent Traumatol* 1997;13(3):139-45.

Kimura Y, Wilder-Smith P, Matsumoto K. Lasers in endodontics: a review. *Int Endod J* 2000;33(3):173-85.

Klinke T, Klimm W, Gutknecht N. Antibacterial effects of Nd:YAG laser irradiation within root canal dentin. *J Clin Laser Med Surg* 1997;15(1):29-31.

Kreisler M, Al Haj H, Daublander M, Gotz H, Duschner H, Willershausen B, et al. Effect of diode laser irradiation on root surfaces in vitro. *J Clin Laser Med Surg* 2002;20(2):63-9.

Lee KW, Williams MC, Camps JJ, Pashley DH. Adhesion of endodontic sealers to dentin and gutta-percha. *J Endod* 2002;28(10):684-8.

Lee SJ, Wu MK, Wesselink PR. The effectiveness of syringe irrigation and ultrasonics to remove debris from simulated irregularities within prepared root canal walls. *Int Endod J*. 2004;37(10):672-8.

Leonardo MR, Bezerra da Silva LA, Filho MT, Santana da Silva R. Release of formaldehyde by 4 endodontic sealers. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1999;88(2):221-5.

Limkangwalmongkol S, Abbott PV, Sandler AB. Apical dye penetration with four root canal sealers and gutta-percha using longitudinal sectioning. *J Endod* 1992;18(11):535-9.

Lodiene G, Morisbak E, Bruzell E, Orstavik D. Toxicity evaluation of root canal sealers in vitro. *Int Endod J* 2008;41(1):72-7.

Madarati A, Rekab MS, Watts DC, Qualtrough A. Time-dependence of coronal seal of temporary materials used in endodontics. *Aust Endod J* 2008;34(3):89-93.

Mamootil K, Messer HH. Penetration of dentinal tubules by endodontic sealer cements in extracted teeth and in vivo. *Int Endod J* 2007;40(11):873-81.

Marchesan MA, Brugnera-Junior A, Souza-Gabriel AE, Correa-Silva SR, Sousa-Neto MD. Ultrastructural analysis of root canal dentine irradiated with 980-nm diode laser energy at different parameters. *Photomed Laser Surg* 2008;26(3):235-40.

Markowitz K, Moynihan M, Liu M, Kim S. Biologic properties of eugenol and zinc oxide-eugenol. A clinically oriented review. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1992;73(6):729-37.

Matsumoto K. Lasers in endodontics. *Dent Clin North Am* 2000;44(4):889-906, viii.

McMichen FR, Pearson G, Rahbaran S, Gulabivala K. A comparative study of selected physical properties of five root-canal sealers. *Int Endod J* 2003;36(9):629-35.

Medina FV, Souza-Neto MD, Carvalho-Junior JR, Santos HS, Mezzena MA, Garcia L da F. In vitro study of the effect of Er: YAG laser irradiation on the apical sealing of different root canal sealers. *J Appl Oral Sci* 2006;14(4):260-3.

Mello I, Robazza CR, Antoniazzi JH. Influence of Er:YAG laser irradiation on apical sealing of four different sealers. *Braz Dent J* 2004;15(3):190-3.

Merdad K, Pascon AE, Kulkarni G, Santerre P, Friedman S. Short-term cytotoxicity assessment of components of the epiphany resin-percha obturating system by indirect and direct contact millipore filter assays. *J Endod* 2007;33(1):24-7.

Miletic I, Devcic N, Anic I, Borcic J, Karlovic Z, Osmak M. The cytotoxicity of RoekoSeal and AH plus compared during different setting periods. *J Endod* 2005;31(4):307-9.

Monticelli F, Sadek FT, Schuster GS, Volkmann KR, Looney SW, Ferrari M, et al. Efficacy of two contemporary single-cone filling techniques in preventing bacterial leakage. *J Endod* 2007a;33(3):310-3.

Monticelli F, Sword J, Martin RL, Schuster GS, Weller RN, Ferrari M, et al. Sealing properties of two contemporary single-cone obturation systems. *Int Endod J* 2007b;40(5):374-85.

Moritz A, Doertbudak O, Gutknecht N, Goharkhay K, Schoop U, Sperr W. Nd:YAG laser irradiation of infected root canals in combination with microbiological examinations. *J Am Dent Assoc* 1997a;128(11):1525-30.

Moritz A, Gutknecht N, Goharkhay K, Schoop U, Wernisch J, Sperr W. In vitro irradiation of infected root canals with a diode laser: results of microbiologic, infrared spectrometric, and stain penetration examinations. *Quintessence Int* 1997b;28(3):205-9.

Moritz A, Gutknecht N, Schoop U, Goharkhay K, Doertbudak O, Sperr W. Irradiation of infected root canals with a diode laser in vivo: results of microbiological examinations. *Lasers Surg Med* 1997c;21(3):221-6.

Moritz A, Schoop U, Kluger W, Jakolitsch S, Sperr W. Lasers in Endodontology. *J Oral Laser Appl* 2001;1(2):87-95.

Moura-Netto C, Freitas Carvalho C, Moura AA, Davidowicz H, Antoniazzi JH. Influence of Nd:YAG and diode laser irradiation on apical sealing when associated with AH plus and EndoREZ endodontic cements. *Photomed Laser Surg* 2007;25(5):413-7.

Moura-Netto C, Moura AAM, Aun CE, Marques MM. Influence of 810nm Diode laser irradiation on RealSeal obturation. *Aust Endod J*. In press 2009a;35.

Moura-Netto C, Moura AAM, Davidowicz H, Aun CE, Antonio MP. Morphologic changes and removal of debris on apical dentin surfaces after Nd:YAG laser and diode laser irradiation. *Photomed Laser Surg* 2008a;26(3):263-6.

Moura-Netto C, Moura AAM, Davidowicz H, Bardauil MRRS, Coil JM, Marques MM. Influence of 810nm Diode laser irradiation on hydrophilic resin based sealer obturation. *Braz Oral Res* 2008b;22 Suppl:22.

Moura-Netto C, Pinto T, Davidowicz H, Prokopowitsch I, Moura AAM. Apical leakage of three resin based endodontic sealers after 810nm Diode laser irradiation. *Photomed Laser Surg* In press 2009b;27.

Noiri Y, Katsumoto T, Azakami H, Ebisu S. Effects of Er:YAG laser irradiation on biofilm-forming bacteria associated with endodontic pathogens in vitro. *J Endod* 2008;34(7):826-9.

Nunes VH, Silva RG, Alfredo E, Sousa-Neto MD, Silva-Sousa YT. Adhesion of Epiphany and AH Plus sealers to human root dentin treated with different solutions. *Braz Dent J* 2008;19(1):46-50.

Oddoni PG, Mello I, Coil JM, Antoniazzi JH. Coronal and apical leakage analysis of two different root canal obturation systems. *Braz Oral Res* 2008;22(3):211-5.

Onay EO, Ungor M, Orucoglu H. An in vitro evaluation of the apical sealing ability of a new resin-based root canal obturation system. *J Endod* 2006;32(10):976-8.

Onay EO, Ungor M, Ozdemir BH. In vivo evaluation of the biocompatibility of a new resin-based obturation system. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2007;104(3):e60-6.

Orucoglu H, Sengun A, Yilmaz N. Apical leakage of resin based root canal sealers with a new computerized fluid filtration meter. *J Endod* 2005;31(12):886-90.

Oztan MD, Yilmaz S, Kalayci A, Zaimoglu L. A comparison of the in vitro cytotoxicity of two root canal sealers. *J Oral Rehabil* 2003;30(4):426-9.

Pameijer CH, Zmener O. Current status of methacrylate-based sealers and obturation techniques. *Pract Proced Aesthet Dent* 2006;18(10):674, 6.

Paque F, Sirtes G. Apical sealing ability of Resilon/Epiphany versus gutta-percha/AH Plus: immediate and 16-months leakage. *Int Endod J* 2007;40(9):722-9.

Park DS, Lee HJ, Yoo HM, Oh TS. Effect of Nd:YAG laser irradiation on the apical leakage of obturated root canals: an electrochemical study. *Int Endod J* 2001;34(4):318-21.

Patel DV, Sherriff M, Ford TR, Watson TF, Mannocci F. The penetration of RealSeal primer and Tubliseal into root canal dentinal tubules: a confocal microscopic study. *Int Endod J* 2007;40(1):67-71.

Pecora JD, Brugnera-Junior A, Cussioli AL, Zanin F, Silva R. Evaluation of dentin root canal permeability after instrumentation and Er:YAG laser application. *Lasers Surg Med* 2000;26(3):277-81.

Pinto T, Gonçalves DD, Moura-Netto C, Daviodowicz H, Moura AAM. Influência do laser de Diodo (830nm) na infiltração de obturações realizadas com os cimentos AH Plus, EndoREZ e RealSeal. *Braz Oral Res* 2006;20 Suppl:62.

Pommel L, Camps J. Effects of pressure and measurement time on the fluid filtration method in endodontics. *J Endod* 2001;27(4):256-8.

Pommel L, Jacquot B, Camps J. Lack of correlation among three methods for evaluation of apical leakage. *J Endod* 2001;27(5):347-50.

Rahimi M, Jainaen A, Parashos P, Messer HH. Bonding of resin-based sealers to root dentin. *J Endod* 2009;35(1):121-4.

Raina R, Loushine RJ, Weller RN, Tay FR, Pashley DH. Evaluation of the quality of the apical seal in Resilon/Epiphany and Gutta-Percha/AH Plus-filled root canals by using a fluid filtration approach. *J Endod* 2007;33(8):944-7.

Rald DP, Lage-Marques JL. In vitro evaluation of the effects of the interaction between irrigating solutions, intracanal medication and Er:YAG laser in dentin permeability of the endodontic system. *Pesqui Odontol Bras* 2003;17(3):278-85.

Roggendorf MJ, Ebert J, Petschelt A, Frankenberger R. Influence of moisture on the apical seal of root canal fillings with five different types of sealer. *J Endod* 2007;33(1):31-3.

Sagsen B, Er O, Kahraman Y, Orucoglu H. Evaluation of microleakage of roots filled with different techniques with a computerized fluid filtration technique. *J Endod* 2006;32(12):1168-70.

Santos C, Sousa-Neto MD, Alfredo E, Guerisoli DM, Pecora JD, Comelli Lia RF. Morphologic evaluation of the radicular dentine irradiated with Nd:YAG laser under different parameters and angles of incidence. *Photomed Laser Surg* 2005;23(6):590-5.

Schafer E, Zandbiglari T. Solubility of root-canal sealers in water and artificial saliva. *Int Endod J* 2003;36(10):660-9.

Schilder H. Filling root canals in three dimensions. *Dent Clin North Am* 1967;7:23-44.

Schoop U, Kluger W, Moritz A, Nedjelic N, Georgopoulos A, Sperr W. Bactericidal effect of different laser systems in the deep layers of dentin. *Lasers Surg Med* 2004;35(2):111-6.

Schoop U, Moritz A, Kluger W, Patruta S, Goharkhay K, Sperr W, et al. The Er:YAG laser in endodontics: results of an in vitro study. *Lasers Surg Med* 2002;30(5):360-4.

Schwarze T, Fiedler I, Leyhausen G, Geurtsen W. The cellular compatibility of five endodontic sealers during the setting period. *J Endod* 2002;28(11):784-6.

Schwarze T, Leyhausen G, Geurtsen W. Long-term cytocompatibility of various endodontic sealers using a new root canal model. *J Endod* 2002;28(11):749-53.

Segura-Egea JJ, Jimenez-Pinzon A, Poyato-Ferrera M, Velasco-Ortega E, Rios-Santos JV. Periapical status and quality of root fillings and coronal restorations in an adult Spanish population. *Int Endod J* 2004;37(8):525-30.

Sevimay S, Kalayci A. Evaluation of apical sealing ability and adaptation to dentine of two resin-based sealers. *J Oral Rehabil* 2005;32(2):105-10.

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(5):342-7.

Shipper G, Teixeira FB, Arnold RR, Trope M. Periapical inflammation after coronal microbial inoculation of dog roots filled with gutta-percha or resilon. *J Endod* 2005;31(2):91-6.

Silveira FF, Soares JA, Nunes E, Mordente VL. Negative influence of continuous wave technique on apical sealing of the root canal system with Resilon. *J Oral Sci* 2007;49(2):121-8.

Siqueira JF, Jr., Rocas IN, Valois CR. Apical sealing ability of five endodontic sealers. *Aust Endod J* 2001;27(1):33-5.

Sjogren U, Hagglund B, Sundqvist G, Wing K. Factors affecting the long-term results of endodontic treatment. *J Endod* 1990;16(10):498-504.

Skidmore LJ, Berzins DW, Bahcall JK. An in vitro comparison of the intraradicular dentin bond strength of Resilon and gutta-percha. *J Endod* 2006;32(10):963-6.

Sly MM, Moore BK, Platt JA, Brown CE. Push-out bond strength of a new endodontic obturation system (Resilon/Epiphany). *J Endod* 2007;33(2):160-2.

Sousa CJ, Montes CR, Pascon EA, Loyola AM, Versiani MA. Comparison of the intraosseous biocompatibility of AH Plus, EndoREZ, and Epiphany root canal sealers. *J Endod* 2006;32(7):656-62.

Souza-Zaroni WC, Chinelatti MA, Delfino CS, Pecora JD, Palma-Dibb RG, Corona SA. Adhesion of a self-etching system to dental substrate prepared by Er:YAG laser or air abrasion. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 2008;86B(2):321-9.

Spangberg LS, Barbosa SV, Lavigne GD. AH 26 releases formaldehyde. *J Endod* 1993;19(12):596-8.

Steiner-Oliveira C, Rodrigues LK, Soares LE, Martin AA, Zezell DM, Nobre-dos-Santos M. Chemical, morphological and thermal effects of 10.6-microm CO2 laser on the inhibition of enamel demineralization. *Dent Mater J* 2006;25(3):455-62.

Susini G, Pommel L, About I, Camps J. Lack of correlation between ex vivo apical dye penetration and presence of apical radiolucencies. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2006;102(3):e19-23.

Takeda FH, Harashima T, Eto JN, Kimura Y, Matsumoto K. Effect of Er:YAG laser treatment on the root canal walls of human teeth: an SEM study. *Endod Dent Traumatol* 1998a;14(6):270-3.

Takeda FH, Harashima T, Kimura Y, Matsumoto K. A comparative study of the removal of smear layer by three endodontic irrigants and two types of laser. *Int Endod J* 1999;32(1):32-9.

Takeda FH, Harashima T, Kimura Y, Matsumoto K. Comparative study about the removal of smear layer by three types of laser devices. *J Clin Laser Med Surg* 1998b;16(2):117-22.

Takeda FH, Harashima T, Kimura Y, Matsumoto K. Efficacy of Er:YAG laser irradiation in removing debris and smear layer on root canal walls. *J Endod* 1998c;24(8):548-51.

Tay FR, Loushine RJ, Weller RN, Kimbrough WF, Pashley DH, Mak YF, et al. Ultrastructural evaluation of the apical seal in roots filled with a polycaprolactone-based root canal filling material. *J Endod* 2005;31(7):514-9.

Tay FR, Pashley DH. Water treeing--a potential mechanism for degradation of dentin adhesives. *Am J Dent* 2003;16(1):6-12.

Tay FR, Pashley DH, Yoshiyama M. Two modes of nanoleakage expression in single-step adhesives. *J Dent Res* 2002;81(7):472-6.

Theodoro LH, Haypek P, Bachmann L, Garcia VG, Sampaio JE, Zezell DM, et al. Effect of ER:YAG and diode laser irradiation on the root surface: morphological and thermal analysis. *J Periodontol* 2003;74(6):838-43.

Ungor M, Onay EO, 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* 2006;39(8):643-7.

Ureyen Kaya B, Kececi AD, Orhan H, Belli S. Micropush-out bond strengths of gutta-percha versus thermoplastic synthetic polymer-based systems - an ex vivo study. *Int Endod J* 2008;41(3):211-8.

van der Sluis LW, Shemesh H, Wu MK, Wesselink PR. An evaluation of the influence of passive ultrasonic irrigation on the seal of root canal fillings. *Int Endod J* 2007a;40(5):356-61.

van der Sluis LW, Versluis M, Wu MK, Wesselink PR. Passive ultrasonic irrigation of the root canal: a review of the literature. *Int Endod J* 2007b;40(6):415-26.

Van Meerbeek B, De Munck J, Yoshida Y, Inoue S, Vargas M, Vijay P, et al. Buonocore memorial lecture. Adhesion to enamel and dentin: current status and future challenges. *Oper Dent* 2003;28(3):215-35.

Van Meerbeek B, Inokoshi S, Braem M, Lambrechts P, Vanherle G. Morphological aspects of the resin-dentin interdiffusion zone with different dentin adhesive systems. *J Dent Res* 1992;71(8):1530-40.

Verissimo DM, do Vale MS. Methodologies for assessment of apical and coronal leakage of endodontic filling materials: a critical review. *J Oral Sci* 2006;48(3):93-8.

Verissimo DM, do Vale MS, Monteiro AJ. Comparison of apical leakage between canals filled with gutta-percha/AH-Plus and the Resilon/Epiphany System, when submitted to two filling techniques. *J Endod* 2007;33(3):291-4.

Versiani MA, Carvalho-Junior JR, Padilha MI, 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(6):464-71.

Wang X, Sun Y, Kimura Y, Kinoshita J, Ishizaki NT, Matsumoto K. Effects of diode laser irradiation on smear layer removal from root canal walls and apical leakage after obturation. *Photomed Laser Surg* 2005;23(6):575-81.

Willershausen B, Marroquin BB, Schafer D, Schulze R. Cytotoxicity of root canal filling materials to three different human cell lines. *J Endod* 2000;26(12):703-7.

Wu MK, De Gee AJ, Wesselink PR. Fluid transport and dye penetration along root canal fillings. *Int Endod J* 1994;27(5):233-8.

Wu MK, Wesselink PR. Endodontic leakage studies reconsidered. Part I. Methodology, application and relevance. *Int Endod J* 1993;26(1):37-43.

Xu Q, Fan MW, Fan B, Cheung GS, Hu HL. A new quantitative method using glucose for analysis of endodontic leakage. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2005;99(1):107-11.

Yoshida Y, Van Meerbeek B, Nakayama Y, Snauwaert J, Hellemans L, Lambrechts P, et al. Evidence of chemical bonding at biomaterial-hard tissue interfaces. *J Dent Res* 2000;79(2):709-14.

Zafalon EJ, Versiani MA, de Souza CJ, Moura CC, Dechichi P. In vivo comparison of the biocompatibility of two root canal sealers implanted into the subcutaneous connective tissue of rats. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2007;103(5):e88-94.

Zmener O. Tissue response to a new methacrylate-based root canal sealer: preliminary observations in the subcutaneous connective tissue of rats. *J Endod* 2004;30(5):348-51.

Zmener O, Banegas G, Pameijer CH. Bone tissue response to a methacrylate-based endodontic sealer: a histological and histometric study. *J Endod* 2005;31(6):457-9.

Zmener O, Pameijer CH. Clinical and radiographical evaluation of a resin-based root canal sealer: a 5-year follow-up. *J Endod* 2007;33(6):676-9.

Zmener O, Pameijer CH, Macri E. Evaluation of the 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* 2005;31(5):392-5.

Zmener O, Pameijer CH, Serrano SA, Vidueira M, Macchi RL. Significance of moist root canal dentin with the use of methacrylate-based endodontic sealers: an in vitro coronal dye leakage study. *J Endod* 2008;34(1):76-9.

Zmener O, Spielberg C, Lamberghini F, Rucci M. Sealing properties of a new epoxy resin-based root-canal sealer. *Int Endod J* 1997;30(5):332-4.

anexo

ANEXO A – Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa

Universidade de São Paulo
Faculdade de Odontologia
Comitê de Ética em Pesquisa

PARECER DE APROVAÇÃO
FR - 182507
92/2008

Com base em parecer de relator, o Comitê de Ética em Pesquisa APROVOU o protocolo de pesquisa "**Análise da qualidade da obturação de canais radiculares com os cimentos resinosos AH Plus, EndoREZ, RealSeal e RealSeal SE após irradiação intracanal com os lasers de Nd:YAG, Diodo e Er:YAG**", de responsabilidade do(a) Pesquisador(a) Cacio de Moura Netto, sob orientação do(a) Prof(a). Dr(a). Márcia Martins Marques.

Tendo em vista a legislação vigente, devem ser encaminhados a este Comitê relatórios anuais referentes ao andamento da pesquisa e ao término cópia do trabalho em "cd". Qualquer emenda do projeto original deve ser apresentada a este CEP para apreciação, de forma clara e sucinta, identificando a parte do protocolo a ser modificada e suas justificativas.

São Paulo, 11 de dezembro de 2008.

Prof. Dr. João Gualberto de Cerqueira Luz
Coordenador do CEP-FOUSP