



**CAMILA SOBRAL SAMPAIO**

**“EFEITO DO SISTEMA RESTAURADOR (COMPÓSITO E SISTEMA ADESIVO) E TERMOCICLAGEM NA INTERFACE DENTE / RESTAURAÇÃO CLASSE V – AVALIAÇÃO EM OCT E MEV”**

**Piracicaba**

**2013**





**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA**

**CAMILA SOBRAL SAMPAIO**

**EFEITO DO SISTEMA RESTAURADOR (COMPÓSITO E  
SISTEMA ADESIVO) E TERMOCICLAGEM NA INTERFACE  
DENTE / RESTAURAÇÃO CLASSE V – AVALIAÇÃO EM  
OCT E MEV**

**Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dra. Regina Maria Puppini-Rontani**

**Dissertação de Mestrado apresentada à  
Faculdade de Odontologia de  
Piracicaba da Universidade Estadual de  
Campinas, para a obtenção do Título de  
Mestra em Materiais Dentários.**

Este exemplar corresponde à versão final da  
Dissertação defendida pela aluna, e  
orientada pela Prof.<sup>ª</sup> Dr.<sup>ª</sup> Regina Maria  
Puppini-Rontani.

---

Assinatura da Orientadora

**Piracicaba**

**2013**

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA POR  
JOSIDELMA F COSTA DE SOUZA – CRB8/5894 - BIBLIOTECA DA  
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA DA UNICAMP

Sampaio, Camila Sobral, 1989-  
Sa47e Efeito do Sistema Restaurador (compósito e sistema adesivo)  
e Termociclagem na Interface Dente/Restauração Classe V -  
Avaliação em OCT e MEV / Camila Sobral Sampaio. --  
Piracicaba, SP : [s.n.], 2013.

Orientador: Regina Maria Puppini Rontani.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas,  
Faculdade de Odontologia de Piracicaba.

1. Materiais dentários. I. Puppini-Rontani, Regina Maria, 1959-  
II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de  
Odontologia de Piracicaba. III. Título.

Informações para a Biblioteca Digital

**Título em Inglês:** Restorative System (composite and adhesive system) and  
Thermal Cycling Influencing Teeth/Class V Restoration Interface - OCT and  
MEV Evaluated

**Palavras-chave em Inglês:**

Dental materials

**Área de concentração:** Materiais Dentários

**Titulação:** Mestra em Materiais Dentários

**Banca examinadora:**

Regina Maria Puppini Rontani [Orientador]

Marcos Antonio Japiassú Resende Montes

Alan Roger dos Santos Silva

**Data da defesa:** 27-02-2013

**Programa de Pós-Graduação:** Materiais Dentários



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
Faculdade de Odontologia de Piracicaba



A Comissão Julgadora dos trabalhos de Defesa de Dissertação de Mestrado, em sessão pública realizada em 27 de Fevereiro de 2013, considerou a candidata CAMILA SOBRAL SAMPAIO aprovada.

A handwritten signature in purple ink, reading "Regina Maria Puppin Rontani".

---

Profa. Dra. REGINA MARIA PUPPIN RONTANI

A handwritten signature in black ink, reading "Marcos Antonio Japiassú Resende Montes".

---

Prof. Dr. MARCOS ANTONIO JAPIASSÚ RESENDE MONTES

A handwritten signature in purple ink, reading "Alan Roger dos Santos Silva".

---

Prof. Dr. ALAN ROGER DOS SANTOS SILVA

## DEDICATÓRIA:

---

Primeiramente aos meus pais, Renato e Adília, por todo o apoio e suporte dado para que fosse possível a realização desse sonho, além de todos os outros já realizados e também os que ainda virão, muitas vezes deixando de realizar os seus próprios. Por todo ensinamento de caráter e moral, pela educação e esforço sem medida.

Ao meu irmão, Caio Sobral Sampaio, por estar presente em todos os momentos da minha vida, sempre colorindo os meus dias com uma pitadinha de emoção.

Ao meu namorado, companheiro e amigo, Thiago Ozi Bueno, pela compreensão, paciência, auxílio e por ser essa pessoa maravilhosa.

Obrigada por tudo!

## AGRADECIMENTOS ESPECIAIS:

---

Ao Prof. Dr. Anderson Zanardi Freitas, pela co-orientação e pela ótima recepção em sua faculdade e laboratórios, permitindo assim explorar novos conhecimentos e aprimorar os já adquiridos.

A Prof. Dra. Fernanda Miori Pascon, pela simpatia e disposição em ajudar sempre que preciso.

A Prof. Dra. Regina Maria Puppim-Rontani, pela confiança em mim depositada, pela orientação neste trabalho e nos outros, e pelo acompanhamento desde o início da graduação. Por sua amizade e carinho, capacidade e disposição de ensinar, por sua inteligência e exemplo de profissional e de pessoa.

Meus sinceros agradecimentos.

## AGRADECIMENTOS:

---

A Faculdade de Odontologia de Piracicaba, Universidade Estadual de Campinas, na pessoa do seu Diretor Prof. Dr. Jacks Jorge Júnior e Diretor Associado Prof. Dr. Alexandre Augusto Zaia.

A Coordenação de Aperfeiçoamento Profissional de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de estudos concedida.

As Professoras e amigas Dra. Fabíola Galbiatti e Dra. Éfani Caroline Banzi, pela co-orientação em iniciações científicas, paciência e dedicação.

A Professora Dra. Glaucia M. Bovi Ambrosano, pelo auxílio na elaboração da análise estatística.

Ao técnico de Laboratório da Odontopediatria, Marcelo Corrêa Maistro, pela disponibilidade e disposição em ajudar sempre que preciso.

Ao técnico do laboratório de Materiais Dentários, o engenheiro Marcos Blanco Cangiani, pelos momentos de descontração no laboratório e disposição para ajudar qualquer um sempre que preciso.

A Selma Aparecida Barbosa de Souza Segalla, secretária do laboratório de Materiais Dentários, pela disposição ao trabalhar e por ser tão prestativa.

Ao Adriano Luis Martins e à Eliene Orsini Romani, do Centro de Microscopia Eletrônica de Varredura da Faculdade de Odontologia de Piracicaba (FOP/Unicamp), pela paciência e por sempre estarem à nossa disposição.

Aos professores da área de Materiais Dentários, pela vasta contribuição em minha formação, seriedade demonstrada, e pelo gosto em ensinar.

Aos Profs. Drs. Simonides Consani, Fabiana Scarparo Naufel e Patricia Makishi, e aos Profs. Drs. Marcos Antonio Japiassú Resende Montes, Alan Roger dos Santos Silva e Regina Maria Puppim-Rontani, pela significativa contribuição no exame de qualificação e de defesa para o aprimoramento dessa dissertação.

Ao Prof. Dr. Anderson Zanardi Freitas e aos colegas do Centro de Lasers e Aplicações, do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares da Faculdade de São Paulo, pela possibilidade de ampliar os conhecimentos para outras áreas além da odontologia, pela possibilidade de utilizar de seu centro de estudos para a realização deste trabalho e pela amizade criada.

Aos funcionários da Faculdade de Odontologia de Piracicaba (FOP/Unicamp) por estarem sempre prontos a ajudar.

A amiga Raquel Viana Rodrigues, pelo companheirismo e cumplicidade na realização deste trabalho, e pela amizade formada.

A Alexsandra Iwamoto, pelo auxílio na realização deste trabalho e pelas madrugadas no laboratório, e ao Eduardo Souza Júnior pelo auxílio na elaboração deste trabalho.

Aos meus amigos da Graduação, que mesmo muitas vezes longe, estão presentes em meu pensamento e lembranças, pelas alegrias, risadas e vitórias já alcançadas.

Aos amigos da Pós Graduação do Mestrado e Doutorado por dividirem comigo esta experiência, sempre proporcionando o bem estar e a vontade de trabalhar.

A todas as pessoas que direta ou indiretamente me auxiliaram na conclusão deste trabalho.

Muito obrigada!

“Agradeço todas as dificuldades que enfrentei; não fosse por elas, eu não teria saído do lugar.  
As facilidades nos impedem de caminhar. Mesmo as críticas nos auxiliam muito.”

Chico Xavier

## Resumo

O objetivo deste estudo foi avaliar a interface dente/restauração classe V realizada com diferentes sistemas adesivos (condicionamento total e auto-condicionante) e compósitos restauradores (baixa contração e convencional), submetidas à termociclagem (TC), por meio de Tomografia por Coerência Óptica (OCT) e infiltração por nitrato de prata em Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV). Foram utilizados 90 terceiros molares humanos livres de cárie, onde foram realizados preparos tipo Classe V (0,7 mm/profundidade x 2 mm/diâmetro), com margens localizadas em esmalte e dentina. Os dentes foram distribuídos aleatoriamente em 6 grupos de 15 dentes cada, de acordo com o sistema adesivo e compósito restaurador utilizado: Grupo 1 – Adper Single Bond 2 (SB2) + Aelite LS Posterior (AP); Grupo 2 – SB2 + Venus Diamond (VD); Grupo 3 – SB2 + Filtek Z250 XT (Z250); Grupo 4 – Clearfil SE Bond (CSE) + AP; Grupo 5 – CSE + VD; Grupo 6 – CSE + Z250. Todos os grupos foram avaliados pré e pós TC por OCT (n=10). Após a TC (1000 ciclos entre 5 e 55°C), 5 dentes de cada grupo foram selecionados aleatoriamente para a realização da infiltração por nitrato de prata. Para cada grupo, outros 5 dentes foram preparados e não submetidos à TC, também para esta avaliação. A infiltração por prata foi visualizada em MEV em aumentos de 50x e 1000x, e posteriormente classificados por escores: 0-sem infiltração; 1- infiltração em camada híbrida; 2- infiltração em camada híbrida e túbulos dentinários; e 3- infiltração em camada híbrida, túbulos dentinários e sistema adesivo. Para a análise das imagens geradas por OCT, foi utilizado o programa Image J. As interfaces esmalte e dentina foram analisadas separadamente. Os dados foram submetidos à análise estatística de metodologia de modelos mistos para medidas repetidas (PROC MIXED para medidas repetidas) e teste de Tukey Kramer ( $p \leq 0,05\%$ ). Para interfaces em dentina, observou-se interação significativa entre sistema adesivo e TC; as restaurações com o sistema adesivo CSE, após TC, apresentaram menores porcentagens de

fendas na interface dente/restauração, para todos os compósitos, em comparação com o sistema adesivo SB2. Os resultados após a realização da TC demonstraram maiores valores de fendas, quando comparadas às mesmas amostras previamente à sua realização. Em esmalte, não foram observadas fendas na interface dente/restauração, tanto previamente quanto posteriormente à TC, para os sistemas adesivos e compósitos. Foi realizada análise estatística descritiva para a infiltração por nitrato de prata. A análise de infiltração por prata, tanto previamente quanto posteriormente à TC, não mostrou infiltração em esmalte. Com relação à dentina, houve um aumento no percentual de fendas para todos os sistemas adesivos e compósitos restauradores posteriormente à realização de 1000 ciclos térmicos. Pode-se concluir que, dependendo do sistema adesivo utilizado, a TC pode produzir maiores índices de fendas na interface dente/restauração, para todos os compósitos.

**Palavras-chave;** compósitos, sistemas adesivos, ciclagem térmica, adaptação marginal, falhas em restaurações, adesão.

## Abstract

The aim of this study was to evaluate the tooth / class V restoration interface accomplished by different adhesive systems (total and self-etching) and restorative composites (low shrinkage and conventional), submitted to thermal cycling (TC), using Optical Coherence Tomography (OCT) and silver nitrate leakage by Scanning Electronic Microscope (SEM). It was used 90 human caries free third molars, with class V preparations (0.7 mm/ 2 mm x depth/diameter), with margins located in enamel and dentin. The teeth were randomly divided in 6 groups of 15 teeth each, according to the adhesive and composite restorative system used: Group 1- Adper Single Bond 2 (SB2) + Aelite LS Posterior (AP); Group 2- SB2 + Venus Diamond (VD); Group 3- SB2 Filtek Z250 + XT (Z250); Group 4- Clearfil SE Bond (CSE) + AP; Group 5- CSE + VD; Group 6- CSE + Z250. All groups were subjected to pre and post thermal cycling by OCT evaluation (n=10). After TC (1,000 cycles between 5 and 55°C), 5 teeth of each group were randomly selected for the silver nitrate leakage evaluation. For each group, 5 other teeth were prepared and were not subjected to TC, also for this evaluation. The silver nitrate leakage was observed in SEM in 50x and 1,000x magnification and subsequently classified by scores: score 0- without infiltration; 1- infiltration in the hybrid layer; 2- infiltration in the hybrid layer and dentinal tubules; and 3- infiltration in the hybrid layer, dentinal tubules and adhesive. For the analysis of images generated by the OCT, it was used the Image J software. The enamel and dentin interfaces were analyzed separately. Data were submitted to statistical analysis of mixed model methodology for repeated measurements (PROC MIXED for repeated measurements) and the Tukey Kramer Test ( $p \leq 0.05$ ). For dentin interfaces, it was observed that there was a significant interaction between adhesive and TC; the restorations with CSE adhesive system, after TC, showed smaller percentages of gaps at the dentin / restoration interface, for all composites, comparing to the SB2 adhesive system. With respect to thermal cycling, the results after their achievement showed lower values of interfacial adaptation, when compared the

same samples prior to their implementation. In enamel, it was not observed gaps in the interface, both pre and post-TC, for all composite and adhesive systems. Descriptive statistics was used to analyze silver nitrate leakage. For the analysis of silver nitrate leakage, it was observed that there was no infiltration by silver nitrate in enamel both before and after TC. With respect to dentin, there has been an increase in the marginal failure rates for all adhesive systems and restorative composites after 1000 thermal cycles. It can be concluded that, depending on the adhesive system, TC can provide higher percentage of gaps at the tooth/restoration interface, for both studied composites. CSE provided improved interfacial adaptation than SB2.

**Keywords;** composites, adhesive systems, thermal cycling, marginal adaptation, flaws in restorations, adhesion

## SUMÁRIO

<b>1. Introdução.....</b>	<b>1</b>
<b>2. Revisão de Literatura.....</b>	<b>6</b>
2.1. Lesões Cervicais não cariosas.....	6
2.2. Adaptação Marginal.....	8
2.3. Avaliação de materiais através de ensaios laboratoriais.....	9
2.4. Sistemas Adesivos.....	10
2.5. Sistemas Restauradores Convencionais e de Baixa Contração.....	14
2.6. Degradação por ciclagem térmica.....	16
2.7. Infiltração por Nitrato de Prata.....	18
2.8. Tomografia por Coerência Óptica.....	19
2.9. Profundidade de penetração da luz – OCT.....	21
<b>3. Proposição.....</b>	<b>23</b>
<b>4. Material e Métodos.....</b>	<b>24</b>
4.1. Delineamento Experimental.....	24
4.2. Seleção dos Dentes.....	24
4.3. Preparo das cavidades classe V.....	26
4.4. Procedimento Restaurador.....	26
4.5. Acabamento e Polimento.....	30
4.6. Degradação por Termociclagem.....	31
4.7. Análise da interface dente / restauração.....	31
4.7.1. Avaliação quantitativa de fendas na interface dente / restauração – Tomografia por Coerência Óptica .....	32
4.7.2. Infiltração por nitrato de prata.....	36
4.7.3. Microscopia Eletrônica de Varredura .....	38

4.8. Análise Estatística.....	39
<b>5. Resultados.....</b>	<b>40</b>
5.1. Avaliação da adaptação interfacial na união resina/dentina ou esmalte.....	40
5.2. Avaliação da interface de união sistema restaurador/esmalte – teste de infiltração por nitrato de prata .....	43
5.3. Avaliação da interface de união sistema restaurador/dentina – teste de infiltração por nitrato de prata.....	51
<b>6. Discussão.....</b>	<b>53</b>
<b>7. Conclusão.....</b>	<b>59</b>
<b>Referências .....</b>	<b>60</b>
<b>Anexo.....</b>	<b>73</b>

## 1. Introdução

Tem sido considerado que as forças oclusais podem ser parcialmente responsáveis pelo desenvolvimento de lesões não cariosas cervicais e colaborar com a falha de restaurações classe V (Senawongse *et al.*, 2010). Atribui-se esse fato às forças de cisalhamento resultantes direcionadas a esta área, contribuindo para a fadiga da estrutura dentária, condicionando a formação de lesões, e também para o rompimento da união resina/dentina levando a falhas em restaurações cervicais (Senawongse *et al.*, 2010).

Idealmente, os materiais destinados à restauração das áreas de abfração (lesões cervicais não cariosas) devem ser capazes de se flexionar concomitantemente com a estrutura dentária, não se deslocando durante a mastigação (Lee & Eakle, 1996), e de se aderir à estrutura dentária, mantendo o selamento marginal. Dessa forma, o módulo de elasticidade do material restaurador utilizado deve ser o mais próximo da estrutura dental para, de forma similar, acompanhar a absorção das forças aplicadas à estrutura dental (Lee & Eakle, 1996; Heymann *et al.*, 1991), diminuindo a formação de fendas consequentes à função mastigatória.

Os compósitos resinosos vêm sendo aprimorados ao longo do tempo, e desenvolveram-se de tal modo que atualmente são indicados para os tratamentos estéticos na Odontologia Restauradora. Características como a mimetização com os tecidos dentais, possibilidade de união ao esmalte e dentina, e propriedades físico-mecânicas satisfatórias, permitem sua aplicação em dentes anteriores e posteriores (Peutzfeldt, 1997). Entretanto, as cargas mastigatórias e demais adversidades do ambiente bucal, como a presença de constante umidade, biofilme dental e oscilações de temperatura, podem produzir falhas no selamento de restaurações, podendo resultar em sensibilidade pós-operatória, escurecimento das margens e lesões secundárias de cárie, que são as razões mais comuns

associadas à falha clínica de restaurações estéticas (Van Meerbeek *et al.*, 1999; Rigsby *et al.*, 1990).

A adesão de materiais à estrutura dental em longo prazo é um importante fator para o sucesso clínico, principalmente para os materiais passíveis de contração de polimerização, como os compósitos comuns (Van Meerbeek *et al.*, 2003). Apesar de um íntimo selamento marginal ser de extrema importância, uma vez formada uma fenda, esta não pode ser contida, nem mesmo por materiais capazes de prevenir a desmineralização nas margens cavitárias. (Kramer *et al.*, 2005) Uma margem perfeita é realisticamente impossível de ser alcançada (Garcia-Godoy *et al.*, 2010), devido às características intrínsecas dos materiais e da estrutura dental, porém, os sistemas adesivos chamados de 'padrão ouro' fornecem uma adesão clínica favorável, tanto ao esmalte quanto à dentina (Van Dijken, 2010).

Entretanto, fendas podem ocorrer em margens tanto de esmalte quanto de dentina, assim como ao longo da interface resina/dentina devido à perda de adaptação interna (Frankenberger *et al.*, 1999). Dentre os tecidos dentais duros, a adesão duradoura em dentina é a mais difícil de ser alcançada (Tay & Pashley, 2003). A princípio, a união resina/dentina consiste na hibridização da dentina, consistindo em componentes da dentina e resina polimerizada (Nakabayashi, 1982) Ainda não está totalmente compreendido qual das várias abordagens para a união à dentina fornece o melhor prognóstico para o uso clínico (Frankenberger *et al.*, 2005). O advento do sistema adesivo auto-condicionante de dois passos (primer ácido + adesivo) trouxe uma nova perspectiva, uma vez que limita a dissolução dos minerais da dentina, simultaneamente substituindo-os por monômeros resinosos (Frankenberger *et al.*, 2005), em detrimento da técnica convencional com o uso do ácido fosfórico, que produz a desmineralização excessiva da dentina com infiltração aquém do necessário dos monômeros, podendo causar sensibilidade pós operatória (Loomans & Opdam, 2001). Dessa forma, camadas híbridas mais delgadas, porém consistentes, tem sido

demonstradas na utilização dos sistemas auto-condicionantes, comparadas aquelas produzidas quando se utiliza a técnica convencional (condiciona e enxagua) (Arrais & Giannini, 2002).

O aprimoramento das propriedades químicas e mecânicas de sistemas adesivos dentinários favorece a maior longevidade das restaurações cervicais, cariosas e não cariosas. Assim, o uso de um compósito resinoso com apropriado módulo de elasticidade e baixa contração de polimerização, em conjunto com um sistema adesivo dentinário, pode ser um meio efetivo e não destrutivo de restaurar este tipo de lesão cervical (Wood *et al.*, 2008).

As falhas de selamento podem ser atribuídas a vários fatores, como o 'fator C' cavitário, o tipo de sistema adesivo utilizado, e os desafios provenientes do ambiente bucal como citados anteriormente (oscilação de temperatura, água/saliva, enzimas salivares, ácidos da dieta, biofilme, forças mastigatórias e parafuncionais) (Retief, 1994). Porém, a contração de polimerização continua sendo uma das maiores dificuldades para a integridade marginal de restaurações em resina composta, podendo levar à formação de fendas pelo rompimento da união resina/dentina (Retief, 1994, Ferracane & Mitchem, 2003). Com o passar dos anos, os fabricantes investiram no desenvolvimento de compósitos restauradores de baixa contração, e, recentemente, muitos exemplos desses materiais estão disponíveis para o uso clínico (Boaro *et al.*, 2010). Porém, a literatura ainda necessita de estudos avaliando o selamento interfacial com esse tipo de compósito, em comparação aos compósitos convencionais.

Para a simulação do ambiente bucal, estudos *in vitro* podem ser realizados, porém, existem dificuldades na reprodução de condições clínicas (Heymann *et al.*, 1991). Para tal, a termociclagem (TC) e a ciclagem mecânica têm sido instrumentos de grande valia na avaliação do desempenho de restaurações adesivas (Heymann *et al.*, 1991). A TC simula as alterações de temperatura intra-bucais produzidas pela alimentação (Pereira & Miranda Junior, 2008). Seus efeitos

são deletérios à interface de união resina/dentina pela acelerada exposição dos componentes resinosos à degradação hidrolítica, ou por expressivas oscilações térmicas que podem gerar tensões na interface de união, por meio de contração e expansão do dente e dos materiais restauradores (Hashimoto *et al.*, 2000; Hashimoto *et al.*, 2003).

A avaliação da interface dente / restauração pode ser realizada por meio de vários métodos. O método mais comum é a avaliação de infiltração marginal, pela penetração de corantes, e observação das margens em microscópio estereoscópico e/ou microscópio eletrônico de varredura (MEV). Entretanto, a análise por MEV é destrutiva em relação aos espécimes e não pode ser utilizada *in vivo* para avaliar a presença ou não de falhas na adaptação marginal (Ishikiriama & Mondelli, 2007).

Na tentativa de elucidar esses problemas, têm-se pesquisado métodos não destrutivos para a avaliação da integridade interfacial de restaurações. Um desses métodos promissores é a Tomografia por Coerência Óptica (OCT). Esse método tem sido utilizado para observação microestrutural de tecidos moles e duros (Otis *et al.*, 2000). Ainda, essa técnica se mostrou efetiva para detectar e quantificar processos de desmineralização induzida por biofilme (Freitas *et al.*, 2009). Imagens tridimensionais obtidas por esse método de avaliação detectaram de forma rápida e não-invasiva falhas na interface de restaurações realizadas com resina composta (Makishi *et al.*, 2011). Essas falhas foram identificadas em restaurações com margem em esmalte, porém, as restaurações realizadas por Makishi *et al.* 2011 não refletem a realidade da cavidade bucal, uma vez que as restaurações são na maioria com margens em esmalte e dentina, o que poderia mascarar o efeito deletério de processos de degradação.

O OCT atua por meio da emissão de uma luz de baixa coerência acoplada a um interferômetro de Michelson, sendo dividida em dois feixes de luz: um feixe é direcionado para a amostra e o outro para um espelho de referência.

Quando reflexos do espelho de referência são retroespalhados, a luz que parte do tecido é recombinada e um sinal de interferência é detectado dentro do comprimento da fonte de luz. O sistema de OCT produz imagens dos tecidos com base na profundidade de penetração da luz e refletividade óptica, em tempo real (Shimada *et al.*, 2010).

Segundo Senawongse *et al.*, 2011, a Tomografia por Coerência Óptica apresentou melhor capacidade de detectar fendas formadas ao longo da interface dente/restauração em comparação com o uso de corantes. Enquanto a OCT faz a leitura de toda a cavidade, a utilização de corantes apenas permite a visualização das fendas nas regiões dos cortes, cuja localização é aleatória e de abrangência parcial da área de interface.

Visando investigar os aspectos relativos ao compósito restaurador, aos meios de simulação clínica, e à avaliação da adaptação do material dentro de uma cavidade preparada, o objetivo neste estudo foi avaliar a utilização de compósitos de baixa contração e diferentes estratégias de união na integridade interfacial de restaurações Classe V, submetidas à degradação térmica, utilizando a Tomografia por Coerência Óptica (OCT) e Infiltração por nitrato de prata em Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV).

As hipóteses testadas são:

1. A termociclagem influencia na adaptação da interface esmalte e dentina/restauração classe V, realizadas com diferentes materiais restauradores (compósitos e sistemas adesivos), tanto em esmalte como em dentina;
2. As resinas de baixa contração utilizadas produzem melhor adaptação interfacial.
3. Adesivos autocondicionantes proporcionam melhor adaptação marginal que o adesivo condiciona e lava (dois passos).

## 2. Revisão de Literatura

### 2.1. Lesões cervicais não-cariosas

Lesões cervicais não-cariosas estão relacionadas em 4 categorias, segundo Grippo, 1991: Atrição, desgaste da substância dental como resultado do contato dente/dente durante a atividade mastigatória normal ou parafuncional; Abrasão, desgaste patológico da substância dental através de processos biomecânicos, como por exemplo a escovação; Erosão, perda de substância dental devido a dissolução ácida de origem intrínseca ou extrínseca, como por exemplo o ácido gástrico ou ácidos da dieta; e Abfração, perda patológica de substância dental causada por forças de carga biomecânicas, postulou-se que essas lesões seriam causadas por deflexão do dente durante forças de carga levando a fadiga do esmalte e da dentina em um local longe do ponto de carregamento.

Geralmente, as lesões cervicais não-cariosas são caracterizadas pela perda de tecido dental duro e estão localizadas na junção cimento-esmalte. Comumente, apresentam formato de cunha, com o vértice apontando para o interior do dente. As falhas nas restaurações dessas lesões podem estar relacionadas com a própria causa da etiologia da lesão (Ceruti *et al.*, 2006). Além disso, Wood *et al.*, 2008 relataram serem mais comumente localizadas nas faces vestibulares do que nas faces linguais ou palatinas dos dentes.

Essas lesões não cariosas, principalmente as cervicais, podem estar relacionadas a diferentes etiologias. Shulman & Robinson, 1948, e Bergstrom & Eliasson, 1988 mostraram uma tendência do aumento da prevalência deste tipo de lesão cervical não cariosa com a idade. Quanto maior a idade do indivíduo, maior porcentagem de lesão não cariosa encontrada.

Outro fator relacionado ao aparecimento destas lesões é a higiene oral. Há relatos da ligação entre a boa higiene oral e a prevalência destas lesões. Radentz

*et al.*, 1976, mostraram que pessoas que escovavam os dentes duas vezes ao dia apresentavam prevalência significativamente superior de lesões cervicais não cáries do que pessoas que escovavam os dentes com menos frequência. O bruxismo também foi identificado como outra causa para este fenômeno, sendo referido em 87% dos pacientes bruxistas, enquanto apenas 20% dos não bruxistas apresentavam este tipo de lesões. (Xhonga, 1977).

Há discordância em relação ao tratamento dessas lesões (Wood *et al.*, 2008), cujas opções são: nenhum tratamento; restauração da lesão; ou restauração da lesão seguida de ajuste oclusal. Owen & Galien, 1995, sugeriram que um tratamento ativo é necessário para prevenir que estresse adicional ocorra, o que pode levar à exposição pulpar ou fratura dental.

Grippio, 1992, também se mostrou extremamente a favor de restaurar este tipo de lesões, e listou 19 motivos para a restauração das lesões cervicais não cáries. Dentre eles, estão: a diminuição da concentração de tensões e deflexão no dente; diminuição do processo da abfração; prevenção de envolvimento pulpar e de fratura dental; prevenção de abrasão pela escovação e aparecimento de lesões cáries radiculares; eliminação de sensibilidade dentária; conforto aos tecidos moles adjacentes; melhoria na estética; e facilidade da higiene oral nesta região. Em contrapartida, o ajuste oclusal, com o objetivo de prevenir a progressão da lesão, não deve ser considerado, devido ao fato de não haver evidência de que o ajuste oclusal seja útil em termos de retardo do tempo de formação da lesão ou melhoria na retenção de restaurações (Grippio, 1992).

A qualidade interfacial de restaurações parece estar particularmente relacionada com a falha na adesão em dentina e/ou na formação da camada híbrida (De Munck *et al.*, 2005). Estas lesões cervicais, Classe V, possuem margens em esmalte e dentina, sendo necessária a utilização de sistemas adesivos confiáveis capazes de se aderir de maneira confiável a ambos os substratos, tendo eles diferentes características de adesão (Pashley, 1992). Além

disso, as propriedades elásticas dos materiais também devem ser levadas em consideração, pois estresses gerados por forças oclusais tendem a se concentrar nas regiões cervicais, podendo levar a desunião, infiltração, falhas na união e finalmente falhas na restauração (Lee & Eakle, 1996; Heymann, 1991).

## 2.2. Adaptação Marginal

A presença de espaços marginais e a fendas na interface dente/restauração podem afetar o sucesso de restaurações adesivas. A falta do selamento interfacial pode resultar em microinfiltração bacteriana, lesões secundárias de cárie, falha na adesão devido a cargas oclusais repetitivas e hipersensibilidade de dentes vitalizados restaurados, eventualmente levando a falha do tratamento (Rigsby *et al.*, 1990; Uyama *et al.*, 2007; Van Meerbeek *et al.*, 1999). Além disso, fendas ao longo da parede cavitária podem gerar dor à mastigação (Auschill *et al.*, 2009).

A presença de desadaptação na interface dente/restauração é considerada como o primeiro sinal de falha na restauração, evidenciada clinicamente pela pigmentação marginal. Além disso, quando o rompimento marginal está presente, esses defeitos na interface podem levar à infiltração interfacial (Alonso *et al.*, 2006). Através destes defeitos marginais, bactérias podem se aderir aos tecidos duros dos dentes, formando assim uma camada de biofilme que pode levar a formação de lesões de cárie, e é influenciada pelo tipo de material utilizado e sua rugosidade superficial (Teughels *et al.*, 2006; Carvalho *et al.*, 2012).

A maioria dos compósitos sofre alteração volumétrica devido à contração de polimerização (Ferracane, 2005). Esse fenômeno de contração gera tensões na interface dente/restauração, o que pode enfraquecer a integridade da restauração levando a formação de fendas (Retief, 1994). A desadaptação na interface também pode ser resultado do desempenho do adesivo, (Van Ende *et al.*, 2010), ou da insuficiente copolimerização do adesivo e agente de união (Pashley *et al.*, 2002).

Desse modo, o efeito prejudicial da formação de fendas marginais não pode ser compensado, mesmo com a utilização de sistemas adesivos ou materiais restauradores com liberação de fluoretos, que podem impedir a desmineralização ao longo das margens da cavidade (Savarino *et al.*, 2002). Assim, somente restaurações hermeticamente seladas podem garantir o sucesso clínico (Tay *et al.*, 2002). Porém, de acordo com Bakhsh *et al.*, 2011, a maioria das restaurações não está totalmente isenta de fendas e perfeitamente adaptada, e o material adesivo apresenta o papel mais importante nessa adaptação. O estudo citado confirmou que a adaptação na parede pulpar depende de múltiplos fatores, e não só da contração volumétrica de polimerização dos compósitos e de seu conteúdo de partículas de carga. Foi notado que a formação de fendas na interface compósito/sistema adesivo apresenta menos problemas clínicos quando comparados aos casos em que o selamento dentinário foi completamente perdido, especialmente se o adesivo utilizado tem a capacidade de proteger a dentina da desmineralização.

O selamento é ainda mais desafiador de ser atingido quando as margens são localizadas na junção cimento-esmalte, como é o caso de restaurações classe V (Santiago *et al.*, 2003).

### 2.3. Avaliação de materiais através de ensaios laboratoriais

Apesar de ensaios clínicos serem o padrão ouro na avaliação do desempenho de materiais dentários, deve ser levado em conta que o produto da investigação pode não estar mais no mercado no momento em que os resultados úteis estejam disponíveis. Assim, testes pré-clínicos laboratoriais se fazem necessários (Roulet, 1994).

Para a realização de estudos *in vitro*, faz-se necessária a padronização dos métodos utilizados para todas as amostras confeccionadas. Com relação ao método de preparos cavitários realizados em estudos *in vitro*, de acordo com o

grau de precisão, pode-se usar sondas periodontais milimetradas (Rasheed, 2005), paquímetros analógicos (Ortega *et al.*, 2004) e digitais (Zhi-Yue *et al.*, 2003), microscópios de medição (Potiket *et al.*, 2004), micrômetros eletrônicos de precisão (Rasheed, 2005), e máquinas de preparo de cavidade equipado com precisão de micrômetros (Soares *et al.*, 2003). Os métodos mais imprecisos empregam a medição manual depois ou durante a preparação das amostras, ao passo que os mais precisos utilizam a medição digital instantânea durante a preparação (Soares *et al.*, 2008).

Soares *et al.*, 2008, observaram que a máquina padronizadora de preparos auxilia precisamente na padronização de preparos cavitários, realizados para estudos *in vitro*, sendo assim recomendada com o objetivo de evitar interpretações incorretas dos resultados. Além disso, para diminuir os efeitos de técnica e variabilidade dos preparos, a cada quatro preparos realizados deve ser trocada a ponta diamantada utilizada (Senawongse, 2011).

Outro método de padronização é a armazenagem das amostras em solução adequada previamente à sua utilização. Titley *et al.*, 1998, analisaram 11 métodos de armazenagem, com as amostras mantidas nesses meios por 2 meses. Os resultados demonstraram que 7, desses 11 meios de armazenagem, apresentaram valores similares de resistência de união e de falha adesiva, e 4 desses meios apresentaram menores valores de resistência de união, e falhas adesivas atípicas. Foi relatado também que o congelamento dos dentes em água destilada a uma temperatura de 4°C foi o método de armazenagem de preferência.

#### 2.4. Sistemas Adesivos

O objetivo final de restaurações adesivas é atingir uma adaptação íntima do substrato dental com o material restaurador (Baier, 1992; Perdigão, 2007). Esta tarefa é difícil de ser alcançada devido ao processo de adesão ao esmalte ser

diferente do da dentina. A dentina é mais úmida e possui maior conteúdo orgânico do que o esmalte (Pashley, 1992). Enquanto o esmalte possui 96% de hidroxiapatita (mineral) em peso, a dentina contém um significativo conteúdo de água e material orgânico, principalmente colágeno tipo I (Asmussen *et al.*, 1992). Essa natureza úmida e orgânica da dentina torna a adesão extremamente dificultada a esse tecido duro (Perdigão, 2007), que além de possuir uma estrutura tubular, há o fluxo de fluido dentinário e a presença de *smear layer* (Spencer & Wang, 2002).

Quando a estrutura dental é cortada com uma broca ou outro instrumento, os componentes residuais formam a “*smear layer*” de debris na superfície. A *smear layer* formada durante o preparo cavitário forma uma barreira física que deve ser dissolvida ou tratada, tornando-a permeável para que os monômeros do sistema adesivo possam entrar em contato com a superfície da dentina. Independente das diferentes classificações dos sistemas adesivos, atualmente as estratégias de adesão dependem exclusivamente de como o sistema adesivo interage com essa *smear layer* para a formação da camada híbrida e formação de prolongamentos resinosos (Perdigão, 2007).

A camada híbrida e a formação de prolongamentos resinosos são dependentes do sistema adesivo utilizado, características da superfície dentinária, orientação dos túbulos, conteúdo mineral da dentina intertubular e densidade, morfologia e aproximação dos túbulos dentinários à polpa (Nakabayashi *et al.*, 1982; Walshaw *et al.*, 1994).

Foi mostrado ser clinicamente confiável que o condicionamento ácido do esmalte produz um aumento na área de superfície de adesão para retenção micromecânica. Altas taxas de retenção e excelentes selamentos marginais tem sido relatados em técnicas clínicas que envolvem a adesão em esmalte condicionado com ácido fosfórico, como é o caso de selantes de fóssulas e fissuras, e restaurações em resina composta (Van Meerbeek *et al.*, 2003).

Porém, relatos de sensibilidade pós-operatória com a técnica de condicionamento total (Loomans & Opdam, 2001), independente de ser de 2 ou 3 passos, popularizou o uso de sistemas adesivos auto-condicionantes, que não fazem necessária a remoção do ácido por lavagem, com o intuito de preservar a integridade dos *smear plugs* dentro dos túbulos dentinários (Frankenberger & Tay, 2005).

Uma certa sensibilidade de técnica é sempre existente quando se envolvem sistemas adesivos de quaisquer tipos (Van Meerbeek *et al.*, 2005). É plausível assumir que o sistema auto-condicionante reduz a sensibilidade da técnica, pois é menos sensível a variações individuais dos operadores nos procedimentos de condicionamento ácido e lavagem, e a variações da umidade dentinária (Jacobsen *et al.*, 2003).

O desenvolvimento de sistemas adesivos auto-condicionantes teve como objetivo simplificar e melhorar a eficácia da adesão da resina à dentina (Van Meerbeek *et al.*, 2003). Adesivos auto-condicionantes de dois passos foram caracterizados por formulações químicas separadas para o primer e o adesivo, utilizando um primer hidrófilo auto-condicionante, que é seguido pela aplicação de um agente de união comparativamente mais hidrófobo (Armstrong *et al.*, 2003). Adesivos auto-condicionantes são atrativos devido a não requererem a remoção da *smear layer* e *smear plugs* através de condicionamento ácido em dentina, uma vez que a presença de monômeros acídicos na sua composição produz condicionamento dos tecidos dentários duros, portanto capazes de desmineralizar a superfície (Van Meerbeek *et al.*, 2003). Isso reduz o potencial de sensibilidade pós operatória (Brunton *et al.*, 1999) e problemas de adesão associados com a movimentação do fluido dentinário através dos túbulos dentinários (Ittharagun & Tay, 2000). Esse simultâneo condicionamento e infiltração resinosa pode prevenir o risco de colapso da rede de colágeno (Jacobsen *et al.*, 2003).

Frankenberger & Tay, 2005, relataram que sistemas adesivos convencionais com primers e agentes de união separados desempenham-se melhor que sistemas com as duas funções combinadas, independente de serem de condicionamento total ou auto-condicionantes. Porém, indicaram que a técnica convencional de condicionamento com ácido fosfórico ainda permanece o modo mais confiável de tratamento de obter uma adesão durável em esmalte.

Freeman *et al.*, 2012, demonstraram através de microscopia confocal que ambos os sistemas adesivos de condicionamento total (Adper Single Bond) e auto-condicionante (Adper Prompt-L-Pop) promoveram habilidade de se adaptar intimamente à dentina, através da formação de *tags* resinosos e da camada híbrida. Esse íntimo contato é considerado essencial para o sucesso clínico da restauração.

Em 2011, Makishi *et al.* relataram um aumento na deterioração marginal das restaurações após a TC. Porém o adesivo Clearfil SE Bond, o mesmo utilizado neste estudo, produziu uma tendência em formar defeitos marginais em esmalte.

Adesivos auto-condicionantes são conhecidos por apresentar um bom desempenho de união à dentina e um comportamento de união ao esmalte (Van Meerbeek *et al.*, 2003; Perdigão *et al.*, 2008). O condicionamento ácido seletivo tem sido proposto a fim de remover a *smear layer* criada pela instrumentação, desmineralizar o substrato de esmalte, e aumentar a qualidade e durabilidade da união (Watanabe *et al.*, 2008; Perdigão *et al.*, 2009). Alguns estudos demonstraram que este condicionamento adicional em esmalte diminui a formação de fendas quando adesivos auto-condicionantes são usados (Peumans *et al.*, 2007, Frankenberger *et al.*, 2008).

Frankenberger *et al.*, 2008 avaliaram a interface marginal de restaurações classe II de 80 terceiros molares humanos através de análise de réplicas por meio

de MEV, e relataram que quando o condicionamento ácido seletivo em esmalte foi utilizado juntamente com adesivos auto-condicionantes, os resultados de adaptação marginal foram superiores quando comparados às amostras em que não foi realizado, porém para a dentina houve um decréscimo nos valores de adaptação marginal quando foi realizado o condicionamento. Quando as orientações do fabricante foram seguidas para dentina, não realizando o condicionamento ácido, os resultados demonstraram melhores resultados de adaptação marginal.

## 2.5. Sistemas Restauradores Convencionais e de Baixa Contração

Apesar dos avanços das propriedades mecânicas das resinas compostas, a contração de polimerização ainda é um desafio e impõe limitações para o uso clínico desses compósitos (Ferracane, 2013). A polimerização de compósitos dentários convencionais é acompanhada por uma contração volumétrica, tipicamente na ordem de 1,5-5%, o que resulta no desenvolvimento de tensões internas. As tensões são produtos da natureza rígida ou não-elástica das cadeias poliméricas cruzadas formadas na reação. As tensões implicam em margens imperfeitas formadas ao longo de restaurações com compósitos, que podem reduzir sua longevidade (Ferracane, 2005). A geração de medição e caracterização dessas tensões tem sido o assunto de numerosas investigações nos últimos 35-40 anos, começando pelos estudos de Bowen (1967).

Compósitos dentais polimerizam por uma reação química envolvendo a quebra de ligações duplas carbono-carbono em moléculas individuais de monômero e a formação de ligações carbono-carbono simples para formar as cadeias poliméricas. Esta reação, a qual envolve a evolução de uma quantidade significativa de calor, causa uma redução volumétrica conforme as ligações covalentes são criadas e as distâncias moleculares e volume livre são reduzidos (Ferracane, 2005).

Com o passar dos anos, os fabricantes investiram suas tecnologias no desenvolvimento de compósitos restauradores de baixa contração e, recentemente, um número de exemplos desses novos materiais está disponível para o uso clínico. Alguns deles são à base de Bis-GMA, e usam altas quantidades de partículas inorgânicas ou não contêm dimetacrilatos de baixo peso molecular, como estratégias para reduzir a contração de polimerização. Outros materiais combinam dimetacrilatos convencionais com novos monômeros de alto peso molecular (Boaro *et al.*, 2010).

Outro método de desenvolvimento de compósitos de baixa contração que vem sendo utilizado pelos fabricantes é a substituição de monômeros como o TEGDMA, por outros monômeros de alto peso molecular (Ferracane, 2011). Como consequência, os compósitos têm menos ligações duplas por unidade de peso, reduzindo assim a contração de polimerização (Naoum *et al.*, 2012).

Porém, sabe-se que não é apenas a contração de polimerização que determina a tensão de polimerização, mas também o módulo de elasticidade dos materiais (Condon & Ferracane, 2000). Boaro *et al.*, 2010, relatou que compósitos considerados como de baixa contração apresentaram tensão de polimerização similar aos compósitos convencionais.

Compósitos chamados de *flow* constituem uma classe de materiais de baixa viscosidade que podem ser usados como base para a restauração de resina composta (Helvatjoglu-Antoniades *et al.*, 2006), e, devido ao seu baixo conteúdo de carga inorgânica (Senawongse *et al.*, 2010), baixo módulo de elasticidade e maior habilidade de se deformar (Braga *et al.*, 2004), podem ser usados para aliviar de tensões em restaurações realizadas com compósitos convencionais. Porém, há contradições quanto às tensões geradas e deflexão de cúspides, quando essa classe de materiais é utilizada (Cara *et al.*, 2007; Kwon *et al.*, 2012).

## 2.6. Degradação por ciclagem térmica

Enquanto o objetivo da adesão dentária é obter uma íntima adaptação do material restaurador a estrutura do dente (Perdigão, 2007), essa união é desafiada pelo alto conteúdo de água e conteúdo orgânico da dentina (Pashley, 1992). O inadequado selamento cavitário é exacerbado pelos efeitos de mudanças térmicas (Nelsen *et al.*, 1952). A alimentação de rotina (Crabtree *et al.*, 1955), bebidas (Nelsen *et al.*, 1952) e até mesmo a respiração (Boehm, 1972) podem induzir mudanças na temperatura intra-bucal. Assim, a redução das propriedades mecânicas de compósitos resinosos é mais fielmente retratada em ambientes bucais (Hashimoto *et al.*, 2000), porém simulações laboratoriais de situações clínicas são realizadas frequentemente, pois estudos clínicos possuem custo mais elevado e maior demanda de tempo (Gale & Darvel, 1999).

Estresses induzidos por diferentes alterações térmicas podem ocasionar diretamente a propagação de trincas através das interfaces de união (Nelsen *et al.*, 1952). Além das alterações térmicas, a absorção de água no interior das cadeias principais e ligações cruzadas da matriz resinosa pode induzir a expansão da rede polimérica, levando a redução das propriedades mecânicas da restauração (Drummond *et al.*, 1998). A absorção de água induz tensão entre a matriz, que é menos rígida, e as partículas de cargas rígidas, e pode levar à falha interfacial entre a matriz e as partículas de carga e à trincas na matriz resinosa (Söderholm *et al.*, 1984). Além disso, a camada de silano entre as partículas de cargas inorgânicas são susceptíveis ao ataque hidrolítico pela água absorvida (Craig & Dootz, 1996). Defeitos como a infiltração resinosa imperfeita na dentina desmineralizada podem ser criados após imersão em água em tempo prolongado, e provavelmente contribuem com a perda da adesão de restaurações resinosas e degradação das fibrilas colágenas (Hashimoto *et al.*, 2000, Hashimoto *et al.*, 2002).

O envelhecimento *in vitro* de restaurações ajuda a prever a durabilidade clínica em longo prazo da adesão resina/dentina. O procedimento de TC produz estresse sobre os materiais dentários e/ou interfaces, como resultado de diferentes coeficientes de expansão térmica apresentado pelo material e estrutura dentária (Gale & Darvel, 1999).

Como todos os adesivos dentinários contêm componentes resinosos hidrófilos em uma extensão variável, não é de se estranhar, portanto, de ver uma diminuição na integridade marginal para todos os adesivos depois de realizada a TC (Frankenberger & Tay, 2005).

Com frequência, os materiais ou interfaces falham após carregamentos sub-catastróficos repetidos, cujos estresses são muito pequenos para provocar falhas espontâneas durante suas aplicações iniciais (Braem *et al.*, 1994). Assim, a observação mais frequente é a formação de fendas entre o compósito resinoso e substratos dentais. Estas fendas podem resultar tanto da compensação insuficiente para as primeiras tensões de polimerização de contração que ocorrem antes do carregamento oclusal, ou das repetidas tensões que estão abaixo do estresse máximo ao qual uma restauração adesiva poderia resistir (Frankenberger *et al.*, 2003). Assim, os testes de fadiga proporcionam um melhor entendimento do comportamento *in vivo* de adesivos de dentina (Braem *et al.*, 1994; Frankenberger *et al.*, 2003).

Estudos recentes demonstraram que após TC, seja de 1000 (Freeman *et al.*, 2012) ou 5000 ciclos (Makishi *et al.*, 2011) tanto em sistemas adesivos auto-condicionantes quanto de condicionamento total (*etch & rinse*) foi observado aumento no número de defeitos locais na margem resina/dentina. Os autores concluíram que os sistemas adesivos inicialmente apresentaram íntima adaptação à dentina, e essa adaptação estava comprometida após a TC.

Entretanto, Senawongse, 2011, relatou que nenhuma das amostras avaliadas demonstrou completa ausência de fendas, sendo também observados efeitos adversos da TC após 20000 ciclos térmicos em dentes pré molares humanos.

## 2.7. Infiltração por Nitrato de Prata

A infiltração por nitrato de prata é caracterizada como um fenômeno definido pela passagem de traços de nitrato de prata na camada híbrida, sendo causado pela discrepância entre a desmineralização dentinária e a infiltração do adesivo na ausência de formação de fenda marginal ao longo da interface resina/dentina (Sano *et al.*, 1995). Entretanto, a infiltração também pode ser representada pela presença de áreas com retenção residual de água resultante do condicionamento ácido da dentina e/ou de regiões de incompleta polimerização do adesivo ou ainda do aumento da permeabilidade dentro das matrizes resinosas dos sistemas adesivos (Tay *et al.*, 2002; Reis *et al.*, 2004; Suppa *et al.*, 2005; Van Meerbeek, 2007).

A longevidade da união resina/dentina ou dentina/esmalte, especialmente na união à dentina, tem sido reconhecida pela forte influência da durabilidade dos componentes na interface adesiva, como a camada híbrida e a camada de resina aderida (*bonding resin layer*). Assim, a avaliação da infiltração é direcionada à camada híbrida, acreditando ser mais efetiva para a especulação da longevidade da adesão dos materiais (Tagami *et al.*, 2010).

Ferracane & Mitchem, 2003, relataram um aumento na infiltração em sistemas restauradores (compósitos adesivos + sistemas adesivos) devido à contração de polimerização.

A avaliação interfacial dente/restaurações pode ser realizada por meio de vários métodos. O método mais comum é a avaliação de infiltração marginal pela penetração corantes, seguida pela observação das margens através de um microscópio estereoscópico e/ou microscópio eletrônico de varreduras (MEV).

Para o MEV, é necessária a secção dos dentes/restaurações envolvidos, a fim de verificar a presença ou não de falhas na adaptação marginal ou irregularidades, o que impossibilita a avaliação marginal *in vivo* (Ishikiriama & Mondelli, 2007; Bakhsh *et al.*, 2011), além de não permitirem a reutilização das amostras para re-quantificação da infiltração por outra técnica diferente, por ser uma técnica destrutiva; caso contrário, poderia ser muito útil para validação dos resultados obtidos previamente (Senawongse, 2011).

A imagem gerada pelo MEV é basicamente obtida pela interação de elétrons com os átomos que constituem a amostra, produzindo sinais que contém informações sobre a topografia da superfície da amostra, composição e outras propriedades como condutividade elétrica (Monteiro *et al.*, 2011).

## 2.8. Tomografia por Coerência Óptica

A Tomografia por Coerência Óptica, constrói imagens por meio de interferências de ondas que ocorrem quando a luz de duas fontes é usada, incidindo sobre a estrutura dentária (Fujimoto *et al.*, 2008).

Assim, como a OCT utiliza interferência óptica, a área de observação é limitada pela profundidade de penetração da luz (Shimada *et al.*, 2012). Shimada *et al.*, 2010, validaram a possibilidade da utilização do OCT para a detecção de desmineralização cariiosa e relataram que, especialmente em esmalte, essa desmineralização pode ser claramente discriminada por meio deste método.

Em 2010, Sadr *et al.* comprovaram a possibilidade de visualização de espaços interfaciais por meio do OCT, antes e durante a polimerização, o que possibilita a distinção entre espaços interfaciais gerados devido à tensão de polimerização, e aqueles gerados devido à falta de adaptação da resina previamente à fotoativação.

A detecção destes micro-defeitos é importante tanto do ponto de vista clínico, quanto para a pesquisa de materiais dentários (Bakhsh *et al.*, 2011). Podendo ser indetectáveis em métodos de diagnóstico convencionais, como radiografias intra-buciais, que sofrem de sobreposição de imagens e falta de fidelidade em escala micrométrica (Haak *et al.*, 2002).

Recentemente, a OCT foi definida como uma imagem em seção cruzada não invasiva (*non-invasive cross-sectional imaging*) do sistema biológico interno em escala submicrométrica (Huang *et al.*, 1991). É uma modalidade de imagem promissora que não requer corte e processamento das amostras, e permite a visualização de microestruturas de tecidos e biomateriais em tempo real (Huang *et al.*, 1991; Levitz *et al.*, 2010).

O potencial da Tomografia por Coerência Óptica tem se ampliado na Odontologia. Vários estudos relataram que a OCT pode ser utilizada para o acesso da profundidade e severidade de lesões cáries (Fried *et al.*, 2005; Amaechi *et al.*, 2003), e para avaliar os processos de desmineralização causados por biofilme (Freitas *et al.*, 2009). Além disso, também foi utilizada para caracterizar paredes de canais radiculares (Shemesh *et al.*, 2007) e para acessar a infiltração marginal de cimentos endodônticos em canais radiculares (Sinescu *et al.*, 2008). Estudos *in vivo* também foram realizados através deste método (Otis *et al.*, 2000; Ishibashi *et al.*, 2011). Otis *et al.*, 2000 realizaram o primeiro estudo *in vivo* e concluíram também ser possível a visualização do tecido conjuntivo e periodontal, além da adaptação interna de restaurações em compósito e em cerâmica. Em um estudo mais recente, Ishibashi *et al.*, 2011 avaliaram, por meio de OCT, falhas de restaurações em resina composta de 52 pacientes, e demonstraram que mais de 80% das restaurações possuíam falhas na adaptação marginal, formação de fendas na interface ou porosidades ao longo do material.

Em um artigo publicado em 2011 por Bakhsh *et al.*, as imagens geradas pela Tomografia por Coerência Óptica foram validadas com relação à Microscopia

Confocal, para a detecção de fendas na interface resina/dentina. Nesse estudo, os autores afirmaram que *clusters* mais claros formados por *pixels* mais claros podem ser detectados na interface localizada na parede pulpar da cavidade. De acordo com os autores, esses *clusters* correspondem a uma maior intensidade do sinal da OCT (*A-scan*), o que demonstra a presença de fenda. A imagem da OCT é formada por uma série de *A-scans*, formando um *B-scan*. Portanto, cada ponto de *A-scan* corresponde a um ponto na imagem e cada pico de *A-scan* corresponde a uma interface, demonstrando o contato entre diferentes materiais com diferentes índices de refração.

Makishi *et al.*, 2011 avaliaram a interface marginal de dente/restauração e concluiu que as imagens geradas através da OCT podem ser consideradas como uma técnica não invasiva de rápida detecção de gaps na interface da restauração.

Ainda em 2011, Monteiro *et al.* visualizaram a interface marginal de diferentes sistemas adesivos e sistemas restauradores e concluíram que o método de OCT foi capaz de detectar alguma interação entre os agentes de união ao substrato dentário, sendo assim a OCT considerada um método promissor para a avaliação de margens internas de restaurações *in vivo*.

## 2.9. Profundidade de penetração da luz – OCT

Para a visualização completa da restauração preparada, a imagem produzida pela Tomografia por Coerência Óptica deve alcançar toda a profundidade do preparo cavitário realizado. Como esse método de visualização ocorre por penetração de luz, o índice de refração do material possui influência sobre a imagem adquirida. Quanto maior o índice de refração, mais difícil será para a luz penetrar através da amostra, e quanto mais perto o índice de refração do objeto ou da amostra for do ar ( $n=1.00$ ), menor a distorção da imagem (Monteiro *et al.*, 2011).

A imagem gerada através de OCT diferencia as propriedades ópticas do tecido, que incluem ambos os efeitos ópticos de absorção e reflexão (Fujimoto *et al.*, 2008)

Em 2010, Shimada *et al.* validaram o OCT como uma modalidade de detecção de diagnóstico precoce de cáries oclusais de esmalte em dentes molares humanos. Essas lesões possuíam como máxima profundidade aproximadamente 2 mm.

Em 2011, Makishi *et al.* realizaram preparos classe I de 1,5 mm de profundidade em região de esmalte de dentes incisivos bovinos, enquanto Monteiro *et al.*, 2011, realizou cavidades oclusais em esmalte em pré molares humanos de 1 mm de profundidade.

### **3. Proposição**

O objetivo deste estudo foi avaliar a integridade interfacial (presença de espaços interfaciais entre restauração e substrato dental) em restaurações classe V, relacionada a três fatores de estudo: degradação térmica; sistema adesivo; e compósito restaurador; por meio de Tomografia por Coerência Óptica (OCT) e infiltração por prata em Microscópio Eletrônico de Varreduras (MEV).

## 4. Material e Métodos

### 4.1. Delineamento Experimental

Os fatores em estudo foram: **materiais restauradores** (tabela 1); **sistemas adesivos** (tabela 2); e termociclagem -**TC** (pré/1 e pós/2). A amostra consistiu de 90 dentes terceiros molares humanos distribuídos aleatoriamente em 6 grupos experimentais (Figura 1). As variáveis de respostas foram a adaptação marginal pré e pós TC (analisada por Tomografia por Coerência Óptica - OCT) e a avaliação da infiltração por nitrato de prata pré e pós TC (avaliada em MEV).

As resinas compostas Venus Diamond (**VD**) e Aelite™ LS Posterior® (**AP**) são consideradas como resinas de baixa contração de acordo com os respectivos fabricantes.

### 4.2. Seleção dos Dentes

O estudo foi conduzido num delineamento casualizado em relação à distribuição dos grupos, após a aprovação pelo Comitê de Ética da Faculdade de Odontologia de Piracicaba – UNICAMP, protocolo 104/2012. (Figura 1)

Após a extração, que foi realizada independente do estudo e por razões clínicas, 90 terceiros molares humanos foram armazenados em solução de cloramina T a 0,5% e após isso congelados em água destilada a uma temperatura de 4°C (Tittley *et al.*, 1998) após a limpeza dos dentes com curetas periodontais para a remoção do tecido mole aderido às estruturas dentais. Os dentes selecionados para a pesquisa foram apenas aqueles livres de cárie e defeitos estruturais verificados em lupa estereoscópica (Carl Zeiss) com aumento de 40x. Dentes mantidos indevidamente, seccionados e/ou cariados foram excluídos da pesquisa.

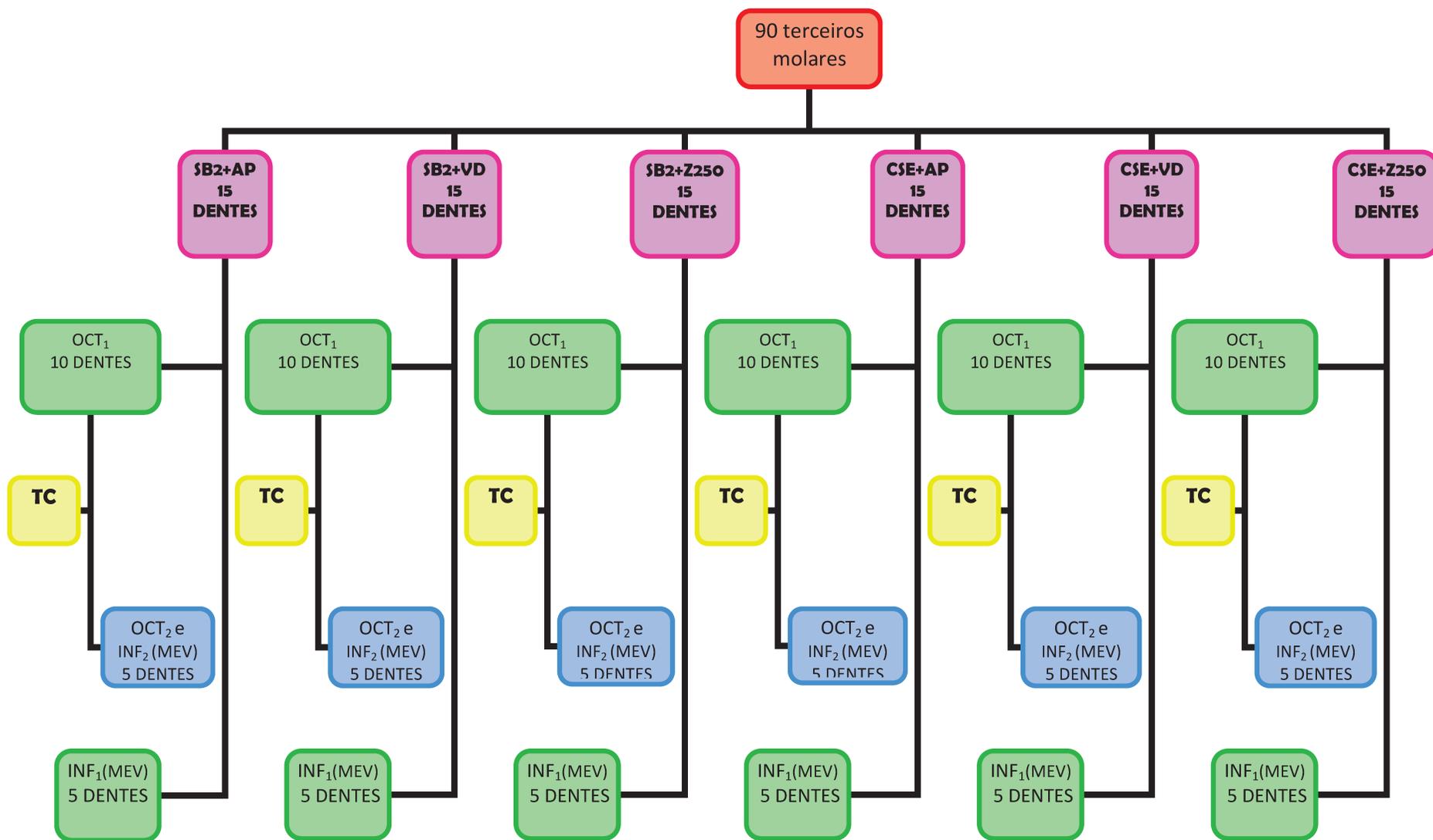


Figura 1 - Organograma do delineamento experimental de acordo com os materiais restauradores, sistemas adesivos e realização da termocicalgem (TC), em relação à análise em OCT e avaliação da infiltração por nitrato de prata (INF).

### 4.3. Preparo das cavidades classe V

Após limpeza dos dentes, cavidades classe V padronizadas (diâmetro externo de 2 mm x 0,7 mm de profundidade) foram preparadas na face vestibular de cada dente, cujas margens foram estabelecidas em esmalte (margem oclusal) e dentina (margem gengival). (Figura 2A) A profundidade dos preparos das amostras foi determinada por estudo piloto a fim de possibilitar que a luz do OCT pudesse penetrar por toda a amostra, sem interferências. Para a execução dos preparos foi utilizada ponta diamantada nº 3131 (Microdont, São Paulo-SP, Brasil) em alta rotação, sob refrigeração, acoplada a máquina padronizadora de preparos (Soares *et al.*, 2008). (Figura 2B e 2C). Cada ponta diamantada foi utilizada para a preparação de quatro cavidades, e então substituída (Senawongse *et al.*, 2011).

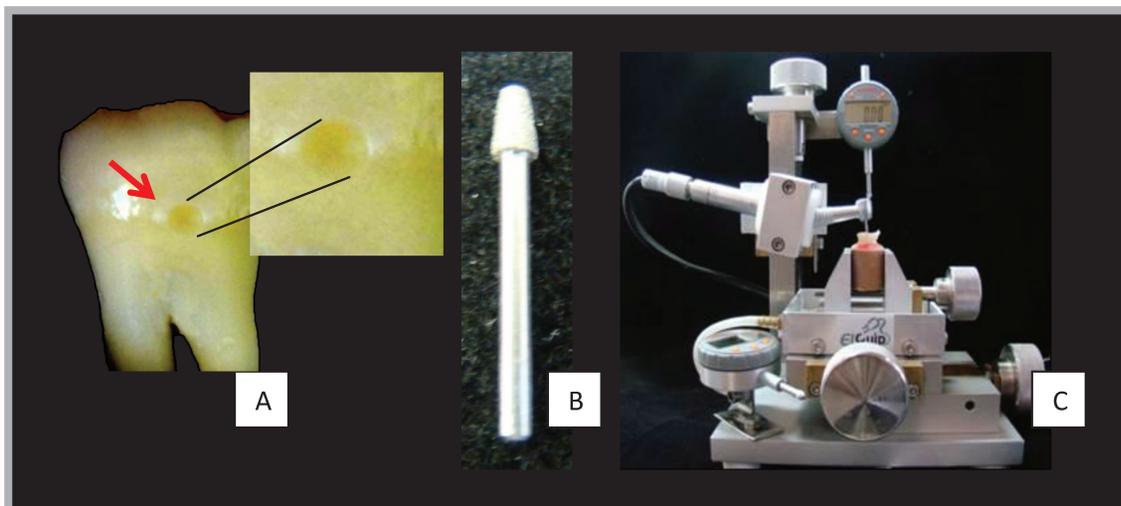


Figura 2 - A. Terceiro molar com o preparo cavitário com diâmetro de 2mm e profundidade de 0,7mm, realizado em alta rotação com refrigeração; B. Ponta diamantada utilizada para a realização dos preparos cavitários (nº3131, Microdont, São Paulo, Brasil); C. Máquina padronizadora de preparos cavitários. A seta vermelha indica a localização do preparo.

### 4.4. Procedimento Restaurador

Após o preparo das cavidades, os dentes foram distribuídos aleatoriamente em 6 grupos e restaurados de acordo com o sistema adesivo e compósito determinados para os grupos 1 a 6. Dos 10 dentes restaurados inicialmente, foram selecionados aleatoriamente 5 dentes, que previamente foram submetidos a avaliação por OCT, para a avaliação da infiltração por nitrato de prata pós TC. Portanto, para avaliação da

infiltração por nitrato de prata foram avaliados 5 dentes pré TC (INF<sub>1</sub>) e outros 5 dentes pós-termociclagem (INF<sub>2</sub>), enquanto que para a avaliação por OCT foram avaliados 10 dentes pré (OCT<sub>1</sub>) e 10 dentes pós-termociclagem (OCT<sub>2</sub>). A composição dos materiais, fabricantes e lotes estão apresentados nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1 - Materiais restauradores utilizados no estudo, de acordo com material, composição apresentada pelos respectivos fabricantes, fabricante e lote.

Material	Composição	Fabricante	Lote
 <p>Aelite™ LS Posterior® (AP)</p>	Bis-GMA etoxilado, Partículas de Vidro	Bisco (Schaumburg IL, EUA)	111200 007310
 <p>Venus Diamond® (VD)</p>	Matriz: TCD-DI-HEA; UDMA  Partículas: fluoreto de vidro, bário, alumínio e nanopartículas	Heraeus Kulzer Inc., (Hanau, Alemanha)	010039
 <p>Filtek™ Z250 XT® (Z250)</p>	BisGMA etoxilado, Partículas de Vidro, Sílica Amorfa	3M/ESPE, (Irvine, CA, EUA)	N3330 58BR

Informações obtidas nas bulas dos fabricantes. (Bis-GMA etoxilado: Bisfenol-A etoxilado dimetacrilato; TCD-DI-HEA: triciclododecano diuretano; UDMA: diuretano dimetacrilato).

Tabela 2 - Sistemas adesivos utilizados no estudo, de acordo com material, composição apresentada pelos fabricantes, protocolo de aplicação, fabricante e lote.

Material	Composição	Protocolo de Aplicação	Fabricante	Lote
 Gel de ácido fosfórico a 37%	Ácido fosfórico a 37%, espessante, corante e água deionizada	A e B	FGM, (Joinville, SC, Brasil)	050112
 Adper Single Bond 2 (SB2)	Etanol, nanopartículas de sílica, BisGMA, HEMA, dimetacrilatos, água, copolímeros de ácidos acrílicos e itacônicos	A	3M/ESPE, (Sumaré, SP, Brasil)	N3025G0BR
 Clearfil SE Bond (CSE)	<b>Primer:</b> MDP, HEMA, monômeros dimetacrilato, N,N-dietanol P-toluidina, canforoquinona, água (pH=2) <b>Adesivo:</b> MDP, BisGMA, HEMA, sílica silanizada, monômeros dimetacrilato, canforoquinona, N,N-dietanol P-toluidina, (pH=2)	B	Kuraray Inc., (Osaka, Japão)	01108A  01657A

Informações obtidas nas bulas dos fabricantes. (Bis-GMA: bisfenol-A glicidil metacrilato; HEMA: 2-hidroxiethyl metacrilato; MDP: fosfato fenil-P).

A: Aplicação de ácido fosfórico por 30 s em esmalte e 15 s em dentina, lavagem por 10 s, secagem leve com papel absorvente, aplicação do adesivo por 15 s, leve jato de ar e fotoativação por 10 s. B: Aplicação de ácido fosfórico por 30 s em esmalte, aplicação do primer na superfície por 20s, leve de jato de ar, aplicação do adesivo e fotoativação por 20 s.

Os sistemas adesivos foram inseridos na cavidade de acordo com os protocolos apresentados resumidos na Tabela 2.

O sistema adesivo SB2 foi aplicado na cavidade de acordo com as orientações do fabricante, sendo realizado o condicionamento com ácido fosfórico a 37% (Condac, FGM, Joinville, SC, Brasil) em esmalte por 30 s e em dentina por 15 s (Figura 3A e 3B), lavagem por 10s e secagem com papel absorvente. Após seco, foram aplicadas duas camadas do adesivo Adper Single Bond 2 (Figura 4A), no esmalte e dentina condicionados, com o auxílio de um pincel *Microbrush* (FGM, Joinville, SC, Brasil). Após a aplicação de cada camada, foi aplicado leve jato de ar por 30 s para evaporar o solvente, e, após a segunda camada, foi realizada a fotoativação por 10 s.

Previamente à aplicação do sistema adesivo CSE, o esmalte foi condicionado com ácido fosfórico a 37% por 30 s, diferindo das orientações do fabricante (Figura 3A). Acredita-se que o protocolo de condicionamento ácido em esmalte previamente a aplicação de adesivos auto-condicionantes melhore a integridade marginal deste tipo de adesivo ao esmalte (Frankenberger *et al.*, 2008). Após o condicionamento ácido do esmalte, as orientações do fabricante foram seguidas. Sendo assim, foi aplicado o Primer por 20 s com pincel *Microbrush*, seguido pela aplicação de leve jato de ar. Após, seguiu-se a aplicação do adesivo com outro pincel *Microbrush* e novamente um leve jato de ar. Após esse procedimento, foi feita a fotoativação por 10 s.

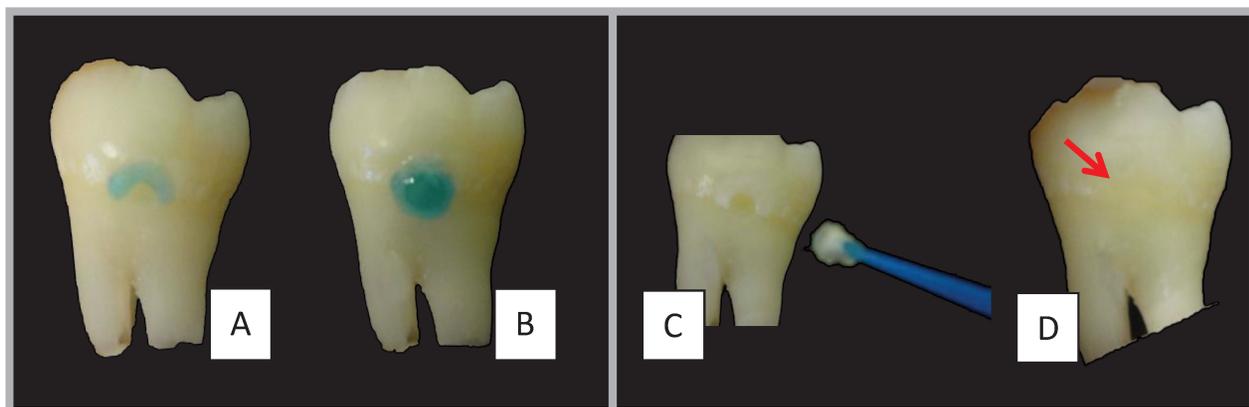


Figura 3 - Condicionamento da cavidade preparada. A. Condicionamento do esmalte por 30 segundos; B. Condicionamento da dentina por 15 segundos. Para o sistema adesivo Clearfil SE Bond, o condicionamento em esmalte com ácido fosfórico foi realizado por 30 segundos (Figura 3A). C: aplicação do sistema adesivo, de acordo com as orientações de cada fabricante. D: Cavidade restaurada. A seta vermelha indica a localização da restauração.

Todos os compósitos foram inseridos na cavidade de acordo com as orientações dos fabricantes (Figura 4B), e todas as restaurações foram realizadas pelo mesmo operador, para evitar variações de técnica.

Os compósitos Aelite LS Posterior, Venus Diamond e Filtek Z250 XT, foram inseridos na cavidade em incremento único e fotoativados durante 20 s, utilizando o fotoativador FreeLight 2 (3M/ESPE, EUA), com irradiância de 700 mW/cm<sup>2</sup> (Figura 5).



Figura 5 - Fotoativador FreeLight 2 (3M/ESPE, EUA).

Após a realização do procedimento restaurador, os dentes foram mantidos em estufa a 37°C em umidade relativa por 24h.

#### **4.5. Acabamento e Polimento**

O acabamento e polimento foram realizados 24h após o procedimento restaurador, com discos *Sof-Lex* (3M ESPE, Sumaré, SP, Brasil) (Figura 6) em ordem de granulação.

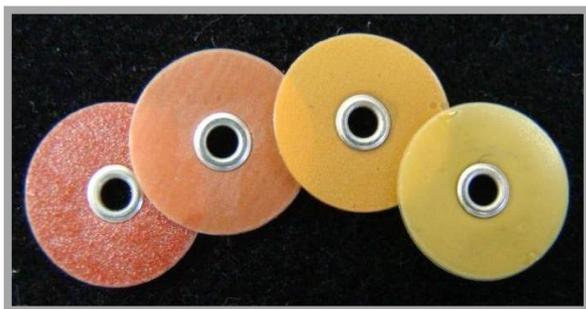


Figura 6 - Discos *Sof-Lex* (3M ESPE, St. Paul, MN, EUA) em ordem de utilização.

#### 4.6. Degradação por Termociclagem (TC)

Após a análise da integridade marginal em OCT, todas as amostras analisadas foram submetidas à TC. Os espécimes foram submetidos à TC com 1000 ciclos de banho em água (5°C e 55°C de 30 s em cada banho, com um intervalo entre banhos de 30 segundos, com água em temperatura a 37°C (Figura 7) (Freeman *et. al.*, 2012). A TC foi realizada na Máquina de Ciclagem Térmica no Laboratório de Materiais Dentários da Faculdade de Odontologia de Piracicaba – UNICAMP (Máquina simuladora de ciclos térmicos – MSCT-3, São Carlos, SP, Brasil).

Após a TC, os dentes foram analisados novamente quanto à integridade da interface dente/restauração em OCT, utilizando-se os mesmos parâmetros e mesma localização da avaliação inicial.

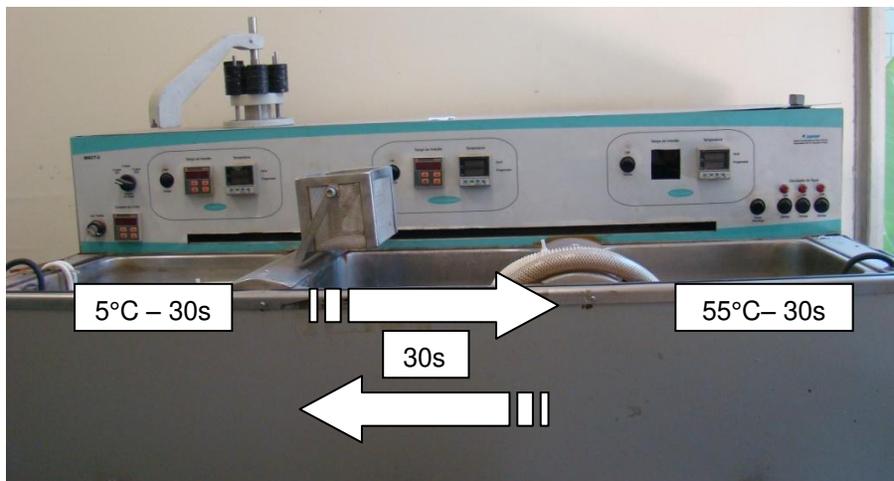


Figura 7 - Máquina de TC.

#### 4.7. Análise da interface dente/restauração

A interface dente/restauração foi avaliada quantitativa e qualitativamente pela mensuração das fendas (OCT) e infiltração de nitrato de prata, respectivamente. As avaliações foram realizadas considerando-se separadamente esmalte e dentina.

#### 4.7.1. Avaliação quantitativa de fendas na interface dente/restauração - Tomografia por Coerência Óptica

Após a realização dos procedimentos restauradores e de polimento, 60 dentes (n=10) foram submetidos à análise de integridade da interface esmalte/restauração ou e dentina/restauração, separadamente, por meio do sistema de Tomografia por Coerência Óptica (OCT) (Thorlabs Inc., modelo OCS1300SS, Newton, NJ, EUA) (Figura 8) previamente à TC. Após a realização da TC, foi realizado o mesmo procedimento para reavaliar a interface dente/restauração pós TC. Para a avaliação por OCT, por ser um método não destrutivo, não houve a necessidade de secção dos dentes, uma vez ser possível ser realizado na amostra como um todo, podendo fornecer uma análise do interior da amostra, sem danificá-la e sem indução de artefatos de técnica que poderiam ser produzidos por outras metodologias. Esse tipo de Sistema realiza a aquisição instantânea das imagens. Este aparelho de OCT possui um comprimento de onda de 1300 nm, o que influencia na profundidade que o laser atinge no tecido.

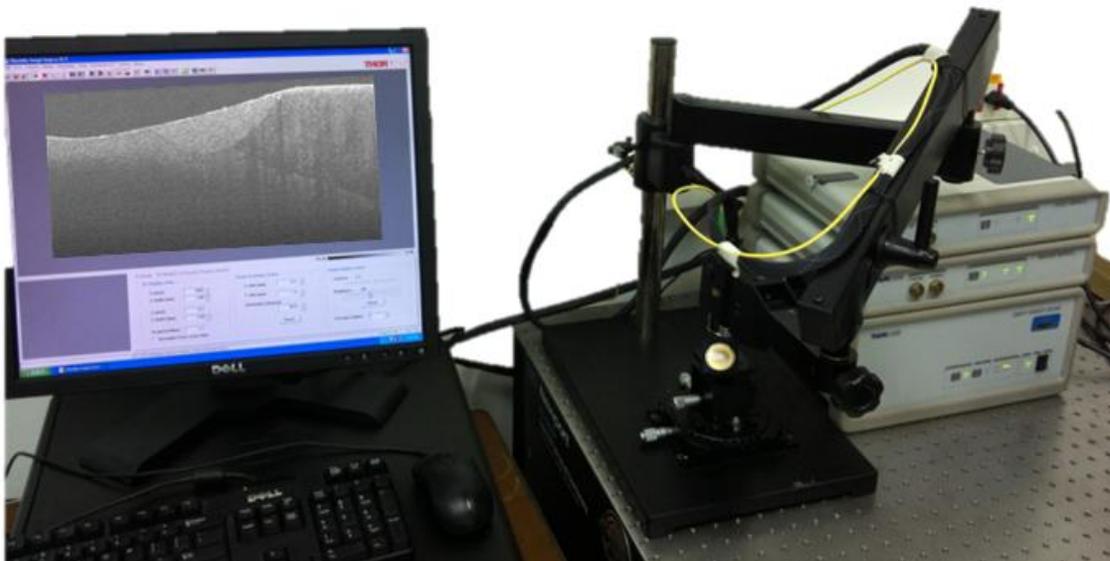


Figura 8 - Sistema de Tomografia por Coerência Óptica (OCT).

Para a observação por OCT, foram confeccionados porta-amostras para cada espécime (Figura 9A), com silicone polimerizado por condensação, para que houvesse a certeza de que os espécimes fossem posicionados e analisados de forma idêntica

previamente e posteriormente à TC. Esses porta-amostras foram adaptados a uma placa base, que, por sua vez, era fixada no aparelho de OCT (Figura 9B).

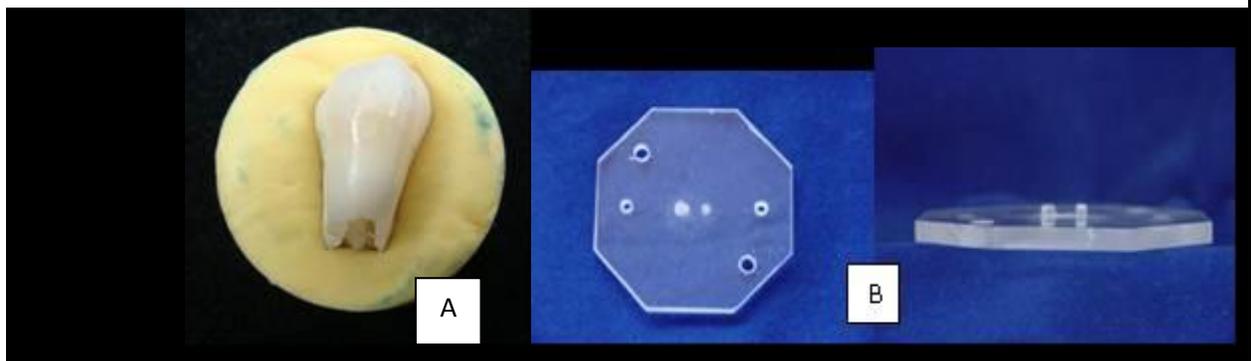


Figura 9 - A. Porta-amostra confeccionado com silicone polimerizado por condensação, realizado para a adaptação do espécime no aparelho de OCT. B. Placa base servindo de base para a adaptação das amostras no aparelho de OCT, para padronização das imagens, em vista frontal e em perfil.

As imagens foram obtidas por varredura da superfície vestibular além das margens da restauração, em direção méso-distal. Foram selecionadas 5 imagens (*stecks*) a cada 0,33 mm, até a margem distal, e as imagens que continham as margens mesial e distal da restauração foram descartadas (Figura 10).

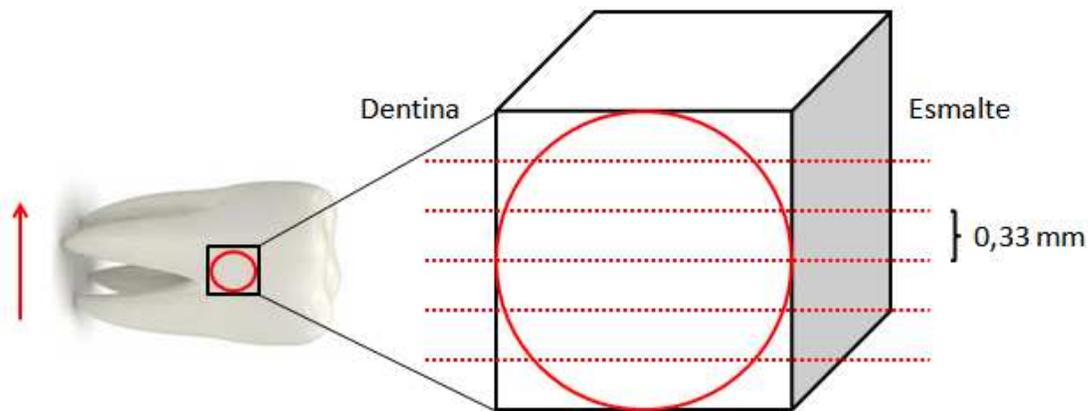


Figura 10 - Esquema do método de seleção das imagens. Dentre as 5 imagens selecionadas por amostra, aquela de maior porcentagem de fendas foi utilizada. A seta vermelha indica a direção em que foi realizada a varredura para obtenção das imagens. Os pontilhados vermelhos indicam a localização de cada umas das 5 imagens selecionadas.

As imagens foram analisadas por meio do programa de domínio público Image J (que é um software de processamento e análise de imagens baseado em Java), o que permitiu medir toda a extensão das fendas na interface dentina/restauração ou esmalte/restauração, separadamente. Após medido o comprimento das fendas, foi obtida a porcentagem em relação ao total do comprimento da interface, de forma separada para esmalte e para dentina (Figura 11A e 11B). O mesmo procedimento foi realizado nas imagens obtidas após a ciclagem térmica dos espécimes. A obtenção e análise das imagens foram realizadas sempre pelo mesmo operador. Após a análise individual das 5 imagens por amostra, foi selecionada a imagem que apresentava a maior porcentagem de falha marginal, para a realização da análise estatística. Quando necessário, foi utilizado um filtro de baixa frequência para eliminação de ruído (linhas e *pixels* presentes nas imagens). Esse tipo de filtro causa distorção na forma de nivelamento, mas é útil para remover isoladamente linhas e pixels, enquanto preserva a resolução espacial (Monteiro *et al.*, 2011).

Para a análise estatística, considerou-se a diferença entre a porcentagem de falha obtida após a TC, em relação à obtida previamente à TC, e então foi calculada a média aritmética da variação produzida pela TC para cada grupo.

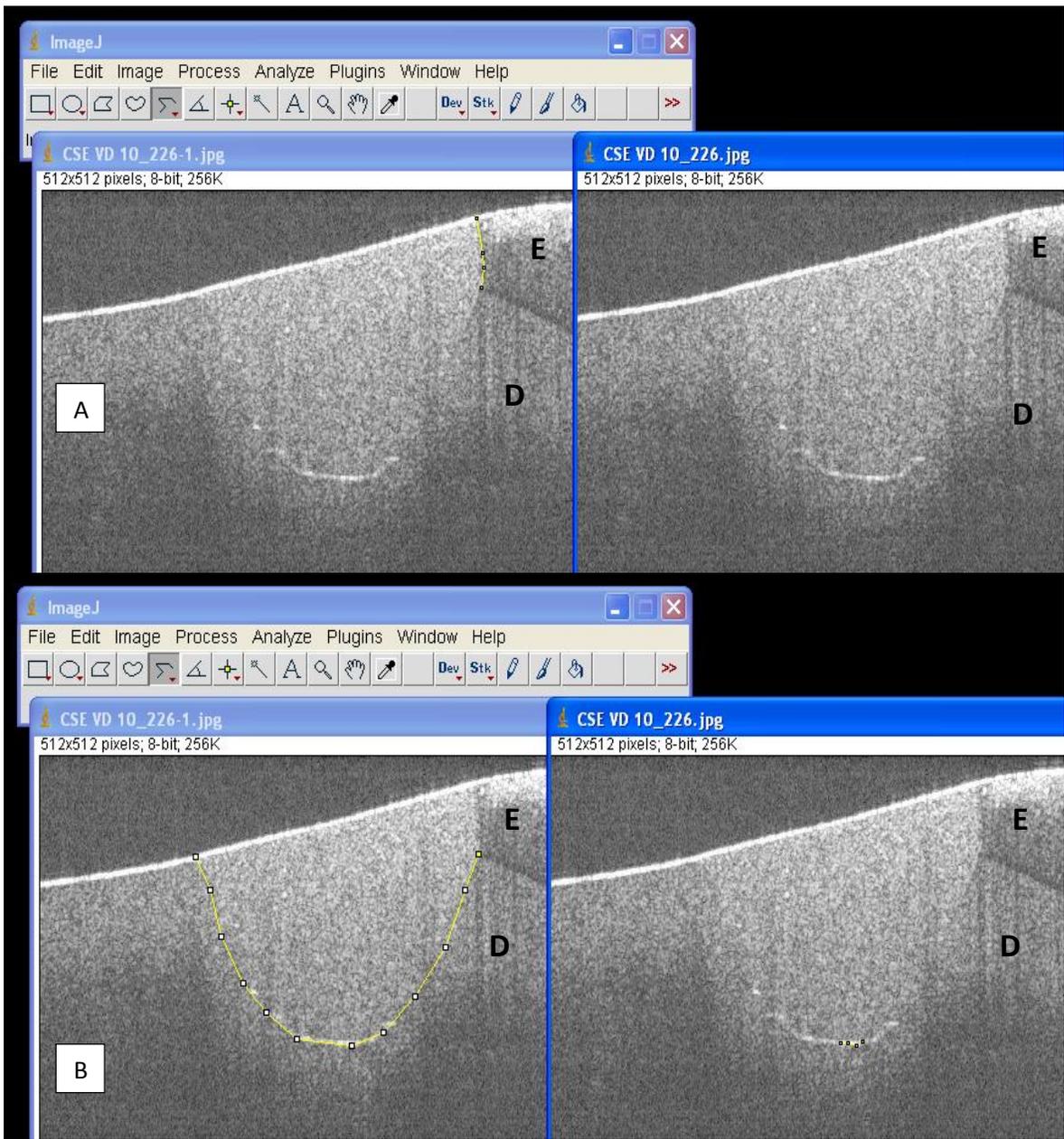


Figura 11: Medição do total da área de esmalte (A) e dentina (B) e das fendas em cada substrato, separadamente. As figuras da esquerda representam a medição do comprimento total do substrato, e as figuras da direita representam a medição das fendas. Nota-se que, em região de esmalte, não foram observadas fendas. A: linha amarela - Medição realizada em esmalte. B- linha amarela - medição realizada em dentina. E- esmalte; D- dentina.

#### 4.7.2. Infiltração por nitrato de prata

Para a avaliação qualitativa da interface dente/restauração, utilizou-se o teste de infiltração proposto por Sacramento *et. al.* (2011). Sessenta terceiros molares foram separados aleatoriamente em dois grupos com (n=5) e sem (n=5) TC, seguindo a distribuição dos grupos demonstrada na Figura 1. Por ser um método de análise destrutivo, para a avaliação de infiltração pré TC, foram realizadas restaurações em 30 dentes (n=5), os quais foram utilizados apenas para esta análise. Porém, para a avaliação da infiltração pós TC, foram utilizados 5 dentes de cada grupo, selecionados aleatoriamente, dos grupos que já haviam sido submetidos a avaliação por OCT (n=10).

Para a avaliação da infiltração por nitrato de prata, as raízes e as partes superiores das coroas de cada dente foi seccionada, e cada conjunto dente/restauração foi seccionado perpendicularmente ao longo eixo do dente com uma cortadeira metalográfica (Isomet, Buheler, Lake Bluff, IL, USA) sob refrigeração a água, produzindo fatias de 0,8 mm de espessura (Figuras 12 A e B). Duas fatias de cada dente, escolhidas aleatoriamente, foram utilizadas para a análise de infiltração interfacial.

Os espécimes foram revestidos com duas camadas de verniz ácido-resistente para unhas cor vermelha (Colorama; CEIL Com. Exp. Ind. Ltda., São Paulo, SP, Brasil) aplicadas distando 1 mm da interface de união. Em seguida, os espécimes foram imersos em solução traçadora de nitrato de prata amoniacal, em escuro total por 24h. A solução de nitrato de prata amoniacal foi preparada pela dissolução de 25 g de cristais de nitrato de prata (Dinâmica Química Contemporânea Ltda., Diadema, SP, Brasil) em 50 mL de água destilada e 50 mL de hidróxido de amônio a 28% (Chemco Indústria e Comércio Ltda., Hortolândia, SP, Brasil), com pH=11,0. Após 24 horas de imersão, os espécimes foram lavados com água destilada e imersos em solução reveladora (Kodak, USA) por 8h, sob luz fluorescente (Tay *et al.*, 2002) (Figura 13 A, B e C).

Após isso, novamente, os espécimes foram lavados com água destilada e um lado de cada espécime (o lado que continha a restauração) foi polido usando politriz mecânica refrigerada com água (Aropol E, Arotec, São Paulo, SP, Brasil) com lixas

abrasivas de carbeto de silício de granulação 600, 1200 e 2000 (CarbimetDisc Set, #305178180, Buehler, UK LTD), seguido por pastas de alumina de granulometria de 3  $\mu\text{m}$  e 1 $\mu\text{m}$  em discos de feltro. Os espécimes foram então, desmineralizados em solução de ácido fosfórico a 37%, por 5 s, lavados com água destilada por 30 s e secos com papel absorvente. Por último, foi realizada a desproteinização com hipoclorito de sódio a 10% (Proderma, Piracicaba, SP, Brasil), por 5 min (Figura 14 A, B e C), e então os espécimes foram lavados em banho de ultrassom por 10 minutos e secos (Sacramento *et al.*, 2011).

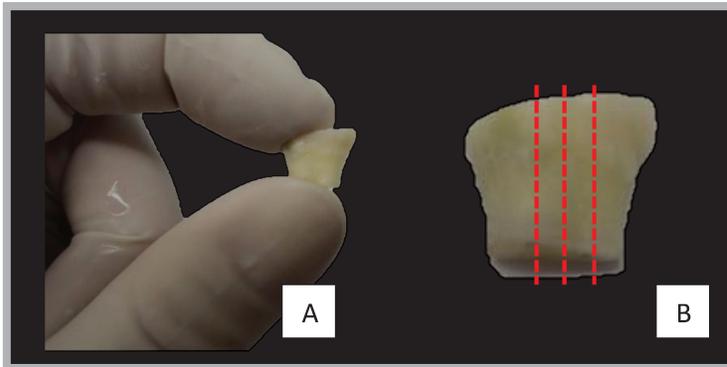


Figura 12 – A- Dente com coroa e raiz seccionadas; B- Esquema de corte do dente para a obtenção das fatias de 0,8mm.

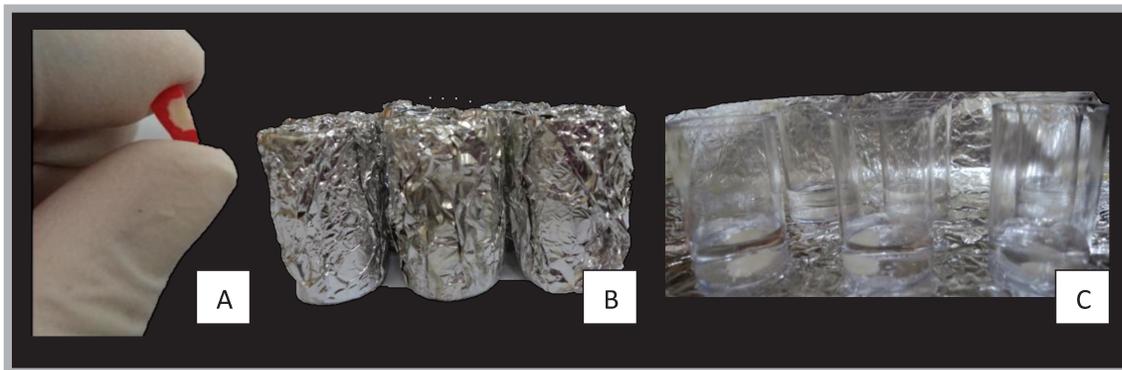


Figura 13 – A- Fatia revestida com esmalte para unhas aplicado distando de 1mm da interface dente/restauração; B- Amostras imersas em solução de prata amoniacal a 50% em escuro total por 24h; C- Amostras imersas em solução fotorreveladora sob luz fluorescente.



Figura 14 – A- Lixas de granulação 600-, 1200- e 2000- e feltro; B – Ácido fosfórico a 85%, utilizado sob diluição a 37%; C – Hipoclorito de sódio a 10%;

#### 4.7.3. Microscopia Eletrônica de Varredura

Após a realização do procedimento de infiltração da solução traçadora, os espécimes foram montados em *stubs* (Figura 15A) e cobertos com carbono na máquina Delton Vacuum Desk II (Moorestown, NJ, EUA) e examinadas em Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) (JEOL – JSM 5600LV, Tokyo, Japão), na potência de 15 kV, com distância focal de 18 mm (Figura 15 A e B). Foram obtidas imagens em elétrons secundários e retro-espalhados em aumentos de 50x e 1000x.

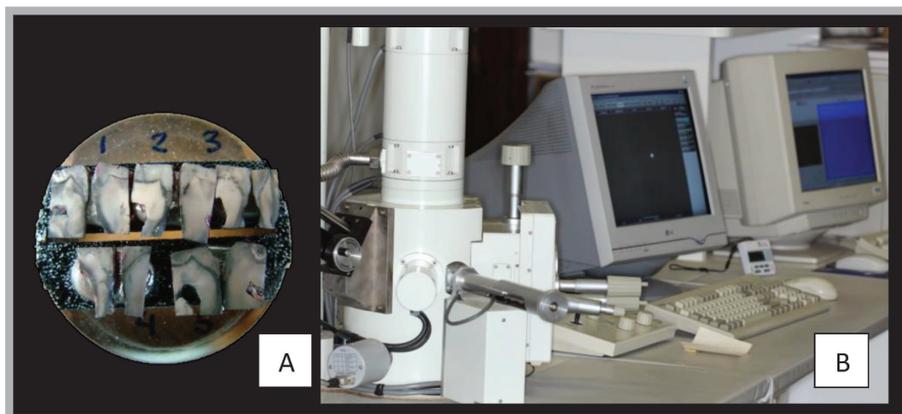


Figura 15 – A- *Stub* montado com as amostras para avaliação em MEV; B –Microscópio Eletrônico de Varredura.

A penetração de prata na interface adesivo/dente foi avaliada em análises descritivas e classificadas por escores: **escore 0**: sem infiltração da prata; **escore 1**: infiltração da prata apenas na camada híbrida, **escore 2**: infiltração da prata na camada híbrida + túbulos dentinários; e, **escore 3**: infiltração da prata na camada híbrida + túbulos dentinários + adesivo.

Previamente à avaliação de todas as imagens, foi realizado um teste de concordância intra-examinador (85%).

#### **4.8. Análise Estatística**

Após a análise exploratória dos dados da avaliação da adaptação marginal e interna das restaurações analisada por OCT, foi aplicada a metodologia de modelos mistos para medidas repetidas (PROC MIXED para medidas repetidas) e o teste de Tukey Kramer para comparação entre os grupos. O nível de significância considerado foi de 5%. Os dados da nanoinfiltração foram analisados por meio de análise descritiva, sendo utilizada a comparação por médias percentuais.

## 5. Resultados

### 5.1. Avaliação da adaptação interfacial na união resina/dentina ou esmalte

Analisando a adaptação da interface restauração/esmalte, observou-se que não houve desadaptação interfacial das restaurações, tanto previamente quanto posteriormente à TC, em qualquer dos compósitos e sistemas adesivos utilizados (Figuras 16, 17, e 18).

Considerando a avaliação em dentina, a análise estatística demonstrou não haver interação entre os três fatores em estudo (compósito, sistemas adesivos e termociclagem)  $p > 0,3557$ . Porém, houve interação significativa entre os fatores: sistema adesivo e ciclagem térmica ( $p < 0,0001$ ) (Tabela 3).

A Tabela 3 exhibe os resultados obtidos pela análise em OCT da adaptação na interface dentina / restauração, por meio da porcentagem média e desvio padrão da variação de fendas nos momentos pré e pós a TC, visualizados em dentina em função da ciclagem, resina e sistema adesivo.

TC	Compósito	Sistema Adesivo	
		CSE	SB2
Antes	AP	*4,20 ± 2,06 Aa	*4,90 ± 3,50 Aa
	VD	*6,05 ± 4,45 Aa	*7,70 ± 3,59 Aa
	Z250	*6,87 ± 2,97 Aa	*7,18 ± 3,05 Aa
Depois	AP	6,11 ± 2,65 Ba	11,34 ± 7,5 Aa
	VD	8,49 ± 5,90 Ba	17,51 ± 7,39 Aa
	Z250	10,26 ± 4,75 Ba	16,29 ± 6,73 Aa

Médias seguidas de letras distintas (maiúsculas na horizontal e minúsculas na vertical) diferem entre si ( $p \leq 0,05$ ), dentro do mesmo grupo de ciclagem. \* Difere da média após a ciclagem no mesmo adesivo e resina ( $p \leq 0,05$ ).

Tabela 3 - Porcentagem média e desvio padrão da variação de fendas na interface dentina / restauração em função da ciclagem térmica, compósito e sistema adesivo.

Pela Tabela 3, pode-se observar que as restaurações realizadas com os adesivos CSE e SB2 apresentaram significativamente maiores médias de desadaptação na interface dentina / esmalte após a TC, quando comparados com o mesmo grupo. Analisando o efeito dos sistemas adesivos submetidos à TC, pode-se observar que as restaurações realizadas com o SB2, após a TC, apresentaram maiores porcentagens médias de variação na desadaptação interfacial em comparação às realizadas com CSE, para todos os compósitos. Não houve diferença significativa entre os compósitos antes ou após a TC em relação à desadaptação interfacial. As figuras 16, 17 e 18 mostram desadaptação interfacial aumentada em dentina após a TC.

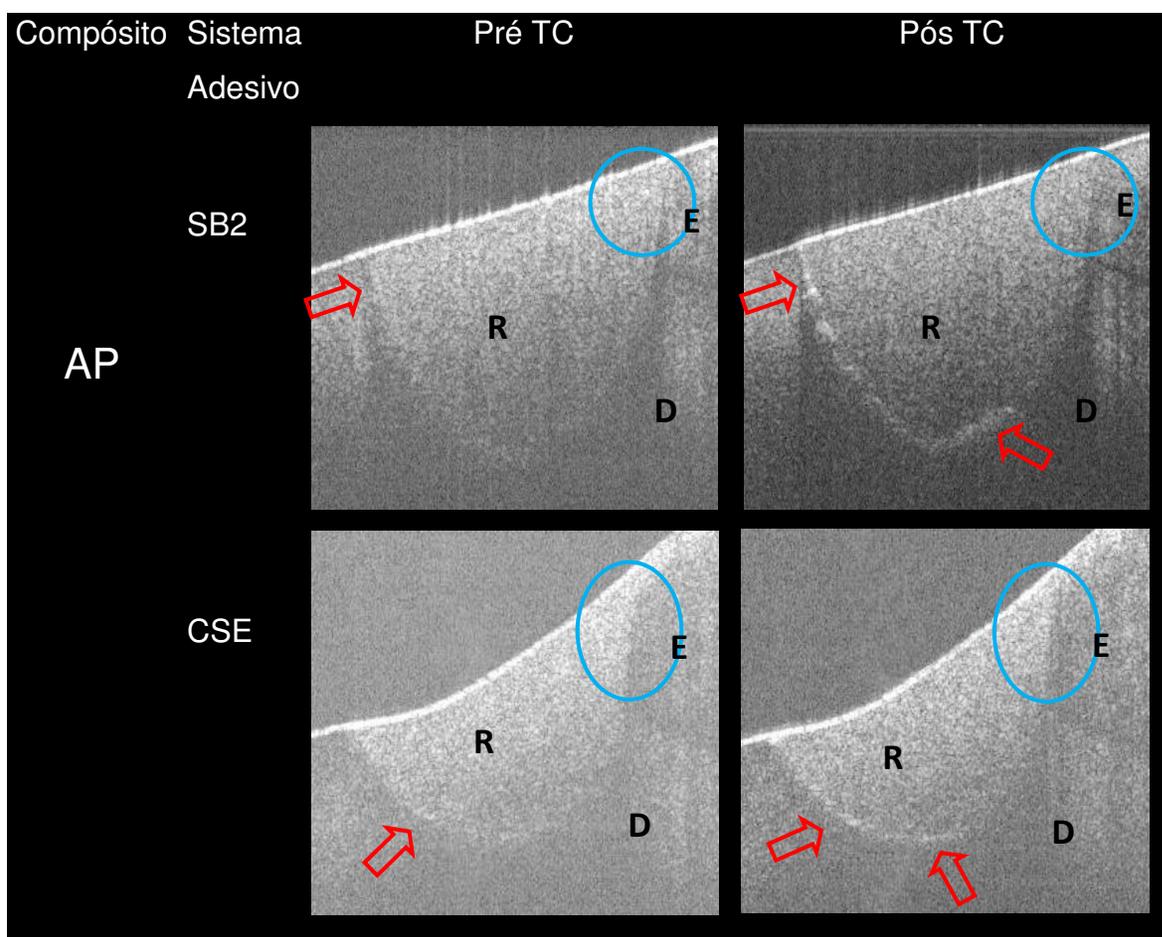


Figura 16 - Imagens geradas por OCT dos grupos SB2+AP e CSE+AP. As setas vermelhas indicam locais onde há presença de desadaptação interfacial, região mais esbranquiçada. Comparando as duas imagens, nota-se o aumento da fenda na interface resina / dentina criada após a TC e presença de uma desadaptação maior quando utilizado o SB2. Nota-se também a ausência de desadaptação da interface resina / esmalte, tanto previamente quanto posteriormente à TC (círculo azul). (R- restauração; E- esmalte; D- dentina).

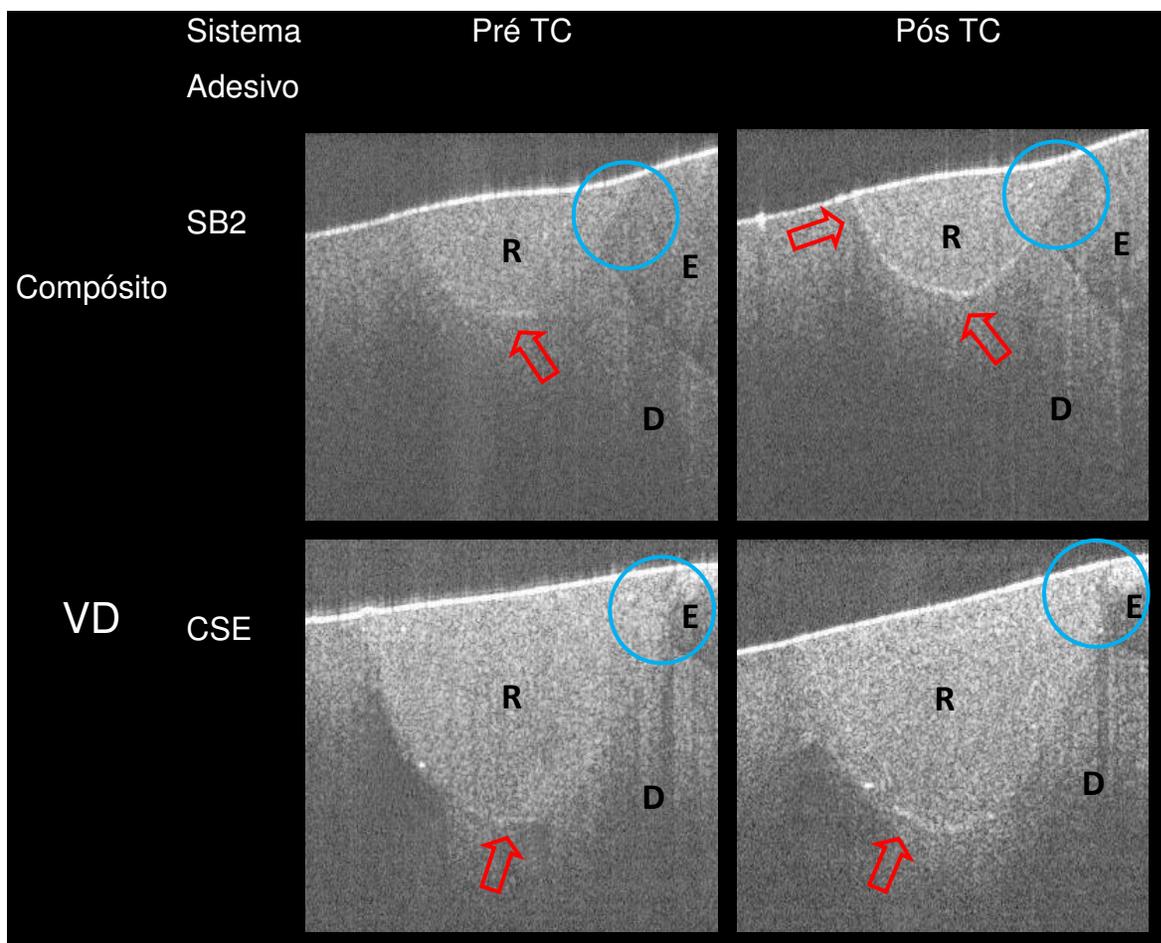


Figura 17 - Imagens geradas por OCT dos grupos SB2+VD e CSE+VD. As setas vermelhas indicam locais onde há presença de desadaptação interfacial, região mais esbranquiçada. Comparando as duas imagens, nota-se o aumento da fenda na interface resina / dentina criada após a TC e presença de uma desadaptação maior quando utilizado o SB2. Nota-se também a ausência de desadaptação da interface resina / esmalte, tanto previamente quanto posteriormente à TC (círculo azul). (R- restauração; E- esmalte; D- dentina).

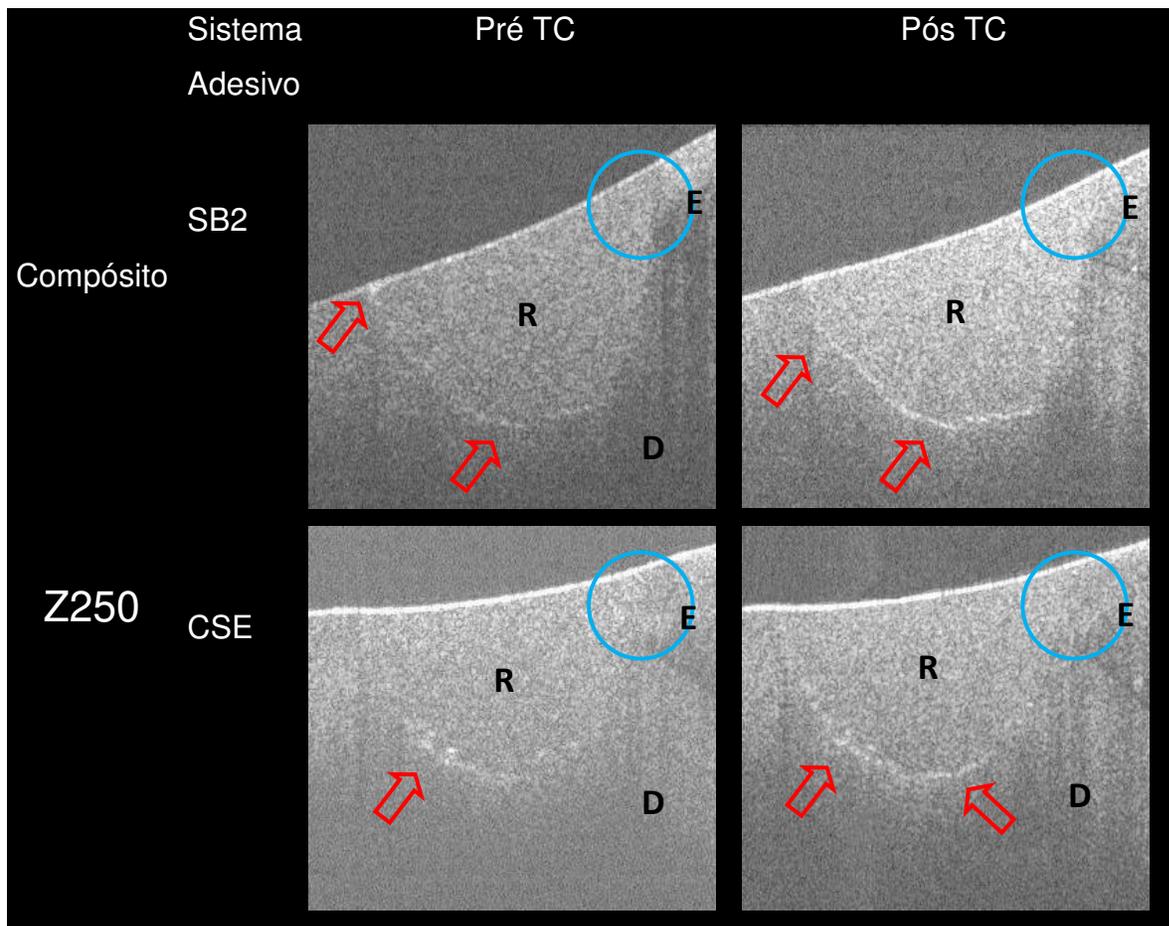


Figura 18 - Imagens geradas por OCT dos grupos SB2+Z250 e CSE+Z250. As setas vermelhas indicam locais onde há presença de desadaptação interfacial, região mais esbranquiçada. Comparando as duas imagens, nota-se o aumento da fenda na interface resina / dentina criada após a TC e presença de uma desadaptação maior quando utilizado o SB2. Nota-se também a ausência de desadaptação da interface resina / esmalte, tanto previamente quanto posteriormente à TC (círculo azul). (R- restauração; E- esmalte; D- dentina).

## 5.2. Avaliação da interface de união sistema restaurador/esmalte – Teste de infiltração por nitrato de prata

Analisando as imagens representativas dos grupos 1 a 6 (Figuras 19 a 24), quando visualizadas na região de esmalte, observou-se que houve predominância de escore 0 (ausência de infiltração) em todos os grupos (Gráfico 1). As imagens, em região de esmalte, representam os grupos posteriormente à TC, uma vez que houve predominância de escore = 0, tanto sem TC, quanto com TC. Observou-se que, na

região de esmalte, antes e após a TC, não houve penetração dos grânulos de prata nas interfaces de união entre o material restaurador (sistema restaurador e sistema adesivo) e esmalte, estabelecendo assim a integridade interfacial.

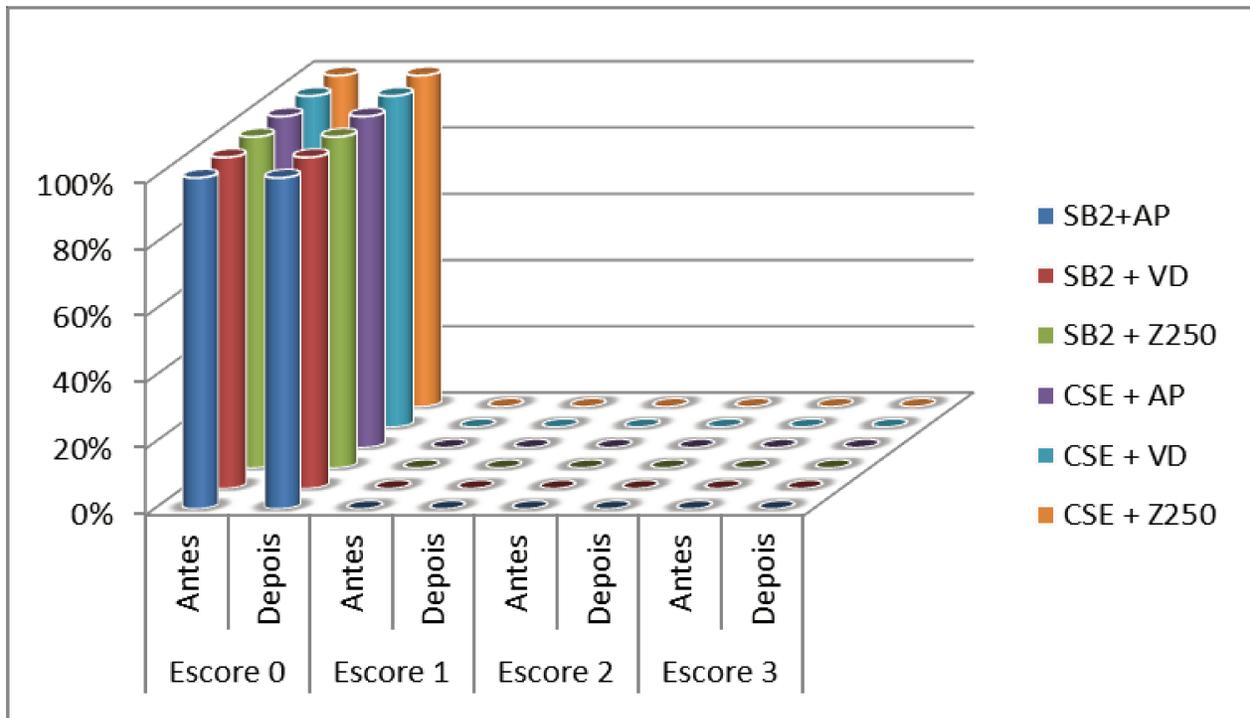


Gráfico 1 - Percentual de escores encontrados previamente e posteriormente à realização da TC, de restaurações com diferentes compósitos e sistemas adesivos, visualizados em esmalte.

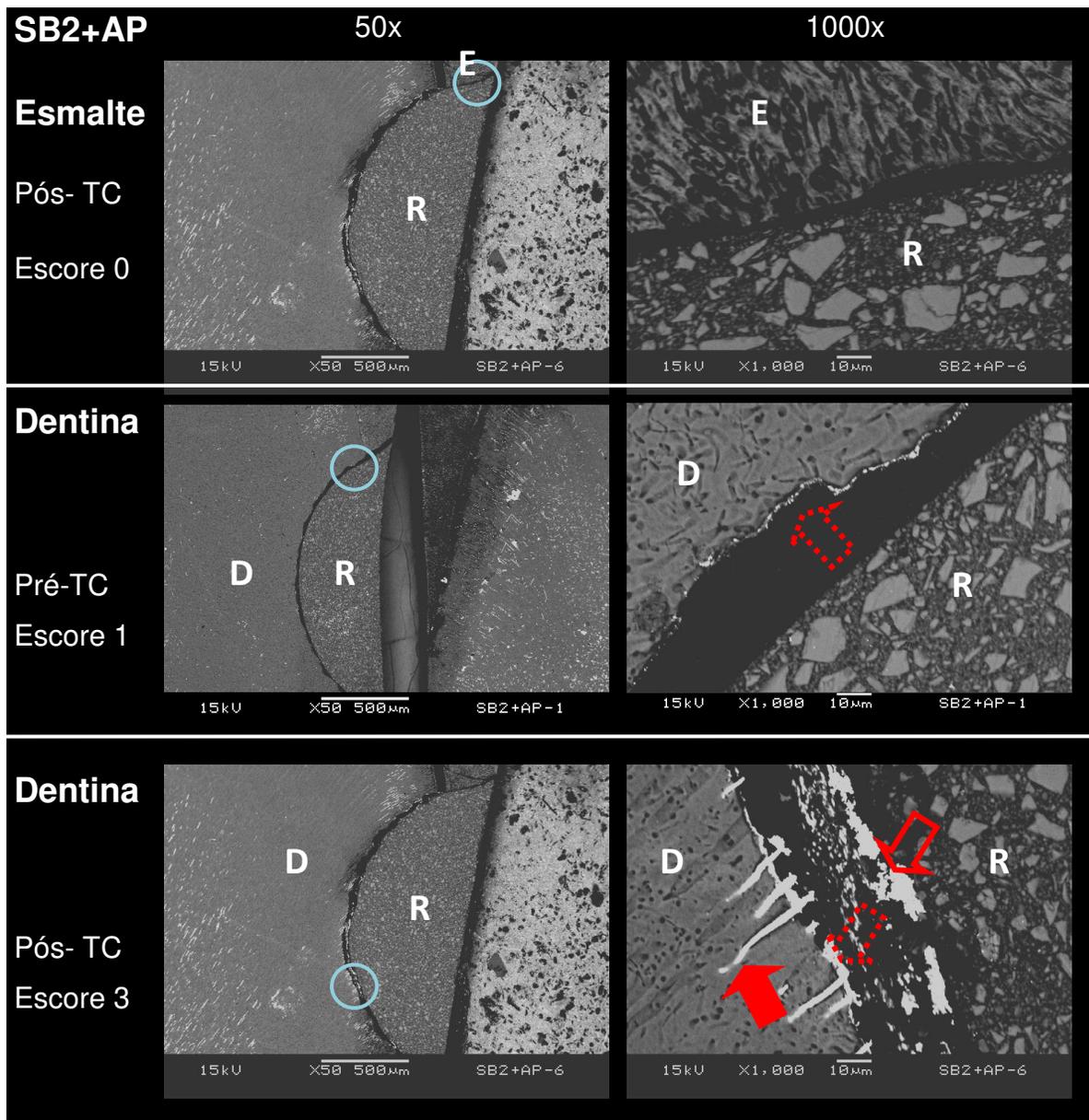


Figura 19 - Imagens representativas do grupo 1 (Adper Single Bond 2 + Aelite LS Posterior) obtidas em MEV após a realização da infiltração por nitrato de prata, para a visualização da adaptação interfacial em esmalte e dentina. As imagens da esquerda foram obtidas em aumento de 50x, e as imagens da direita mostram em maior aumento (1000x) a área circulado em azul. As imagens demonstram a predominância dos escores do grupo 1 (Escore 0 – esmalte pré e pós TC; Escore 1 – dentina pré -TC; Escore 3 – dentina pós- TC). A seta cheia vermelha indica a localização da infiltração por nitrato de prata nos túbulos dentinários, a pontilhada, na camada híbrida e a vazada, na região de adesivos, observados na interface restauração/dentina pós-TC. R – Restauração; E – Esmalte; D – Dentina.

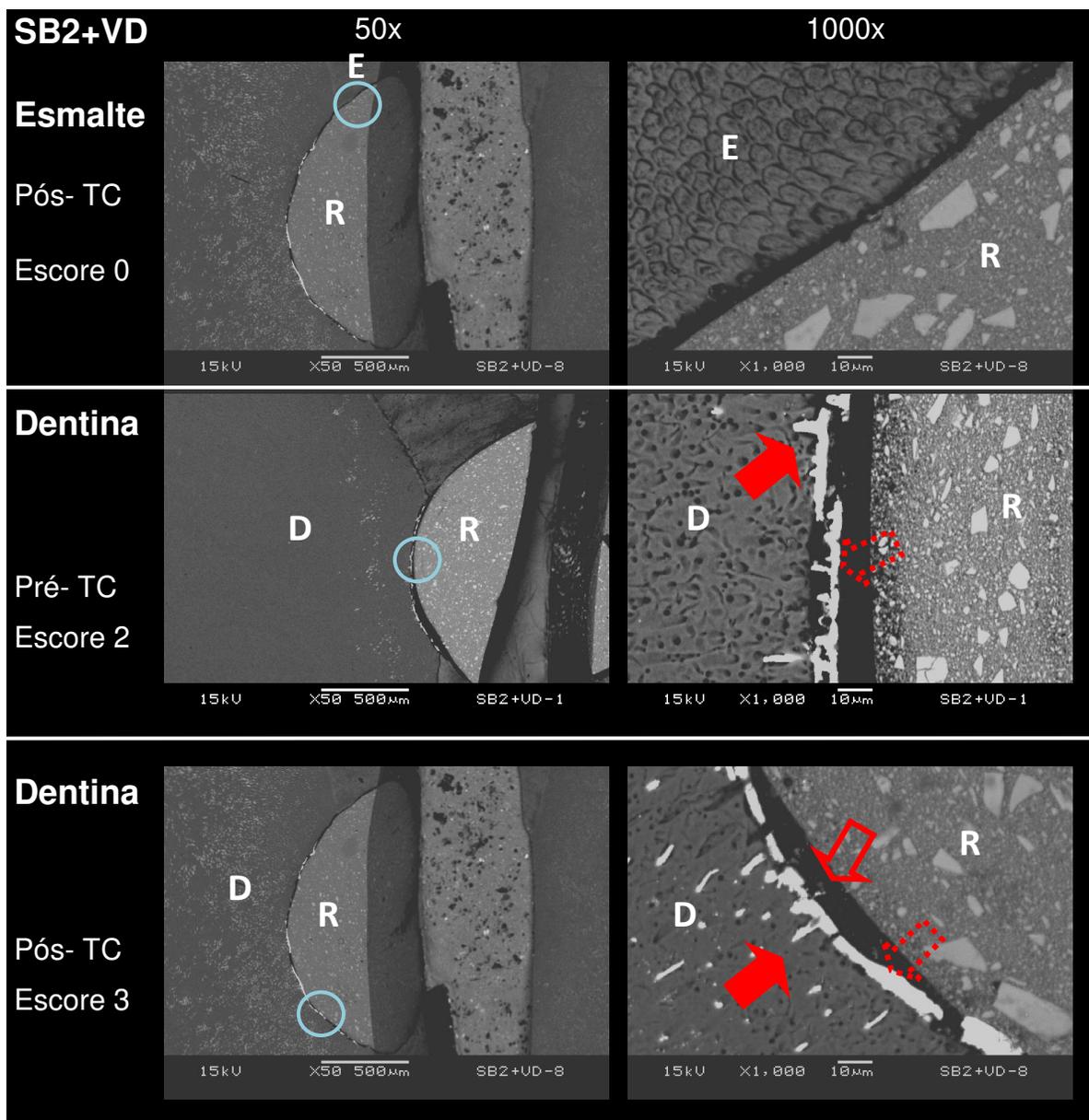


Figura 20 - Imagens representativas do grupo 2 (Adper Single Bond 2 + Venus Diamond) obtidas em MEV após a realização da infiltração por nitrato de prata, para a visualização da adaptação interfacial em esmalte e dentina. As imagens da esquerda foram feitas em aumento de 50x, e a área circulada está representada nas imagens da direita, feitas em aumento de 1000x. As imagens representam a predominância dos escores do grupo 2 (Escore 0 – esmalte com e sem TC; Escore 2 – dentina sem TC; Escore 3 – dentina com TC). A seta cheia vermelha indica a localização da infiltração por nitrato de prata nos túbulos dentinários, a pontilhada, na camada híbrida e a vazada, na região de adesivos, observados na interface restauração/dentina pós-TC. R – Restauração; E – Esmalte; D – Dentina.

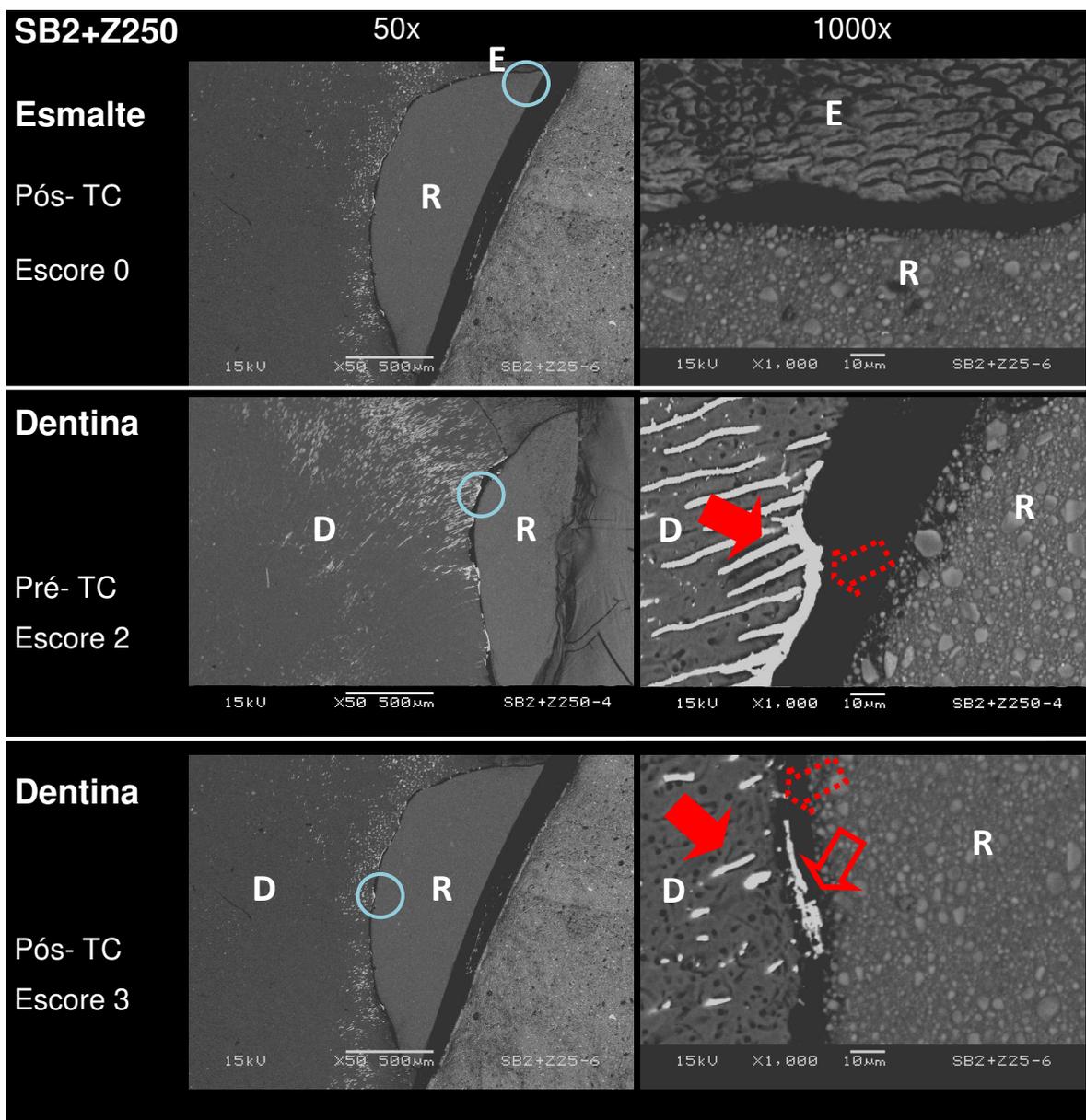


Figura 21 - Imagens representativas do grupo 3 (Adper Single Bond 2 + Filtek Z250 XT) obtidas em MEV após a realização da infiltração por nitrato de prata, para a visualização da adaptação interfacial em esmalte e dentina. As imagens da esquerda foram feitas em aumento de 50x, e a área circulada está representada nas imagens da direita, feitas em aumento de 1000x. As imagens representam a predominância dos escores do grupo 3 (Escore 0 – esmalte com e sem TC; Escore 2 – dentina sem TC; Escore 3 – dentina com TC). A seta cheia vermelha indica a localização da infiltração por nitrato de prata nos túbulos dentinários, a pontilhada, na camada híbrida e a vazada, na região de adesivos, observados na interface restauração/dentina pós-TC. R – Restauração; E – Esmalte; D – Dentina.

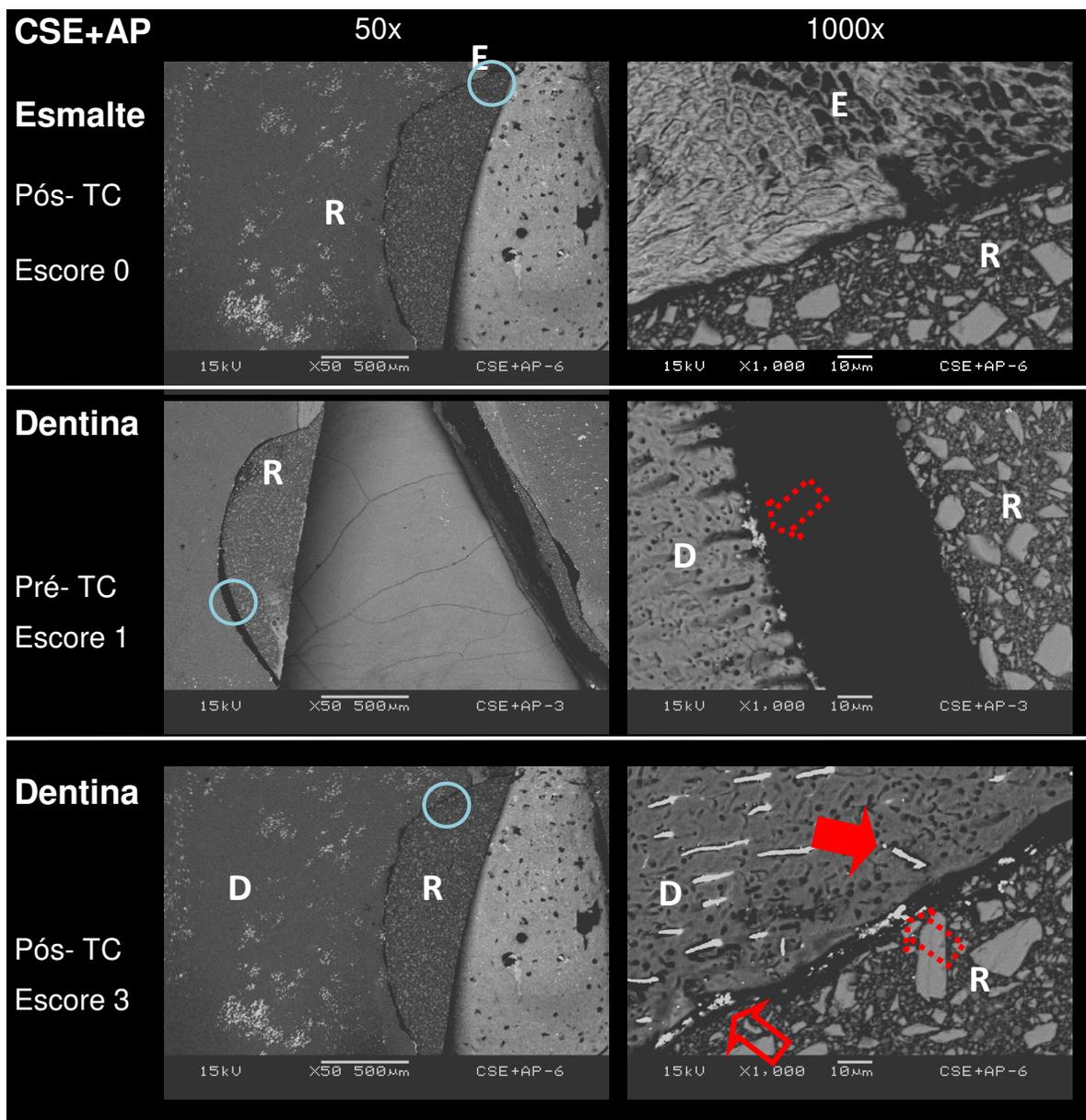


Figura 22 - Imagens representativas do grupo 4 (Clearfil SE Bond + Aelite LS Posterior) obtidas em MEV após a realização da infiltração por nitrato de prata, para a visualização da adaptação interfacial em esmalte e dentina. As imagens da esquerda foram feitas em aumento de 50x, e a área circulada está representada nas imagens da direita, feitas em aumento de 1000x. As imagens representam a predominância dos escores do grupo 4 (Escore 0 – esmalte com e sem TC; Escore 1 – dentina sem TC; Escore 3 – dentina com TC). A seta cheia vermelha indica a localização da infiltração por nitrato de prata nos túbulos dentinários, a pontilhada, na camada híbrida e a vazada, na região de adesivos, observados na interface restauração/dentina pós-TC. R – Restauração; E – Esmalte; D – Dentina.

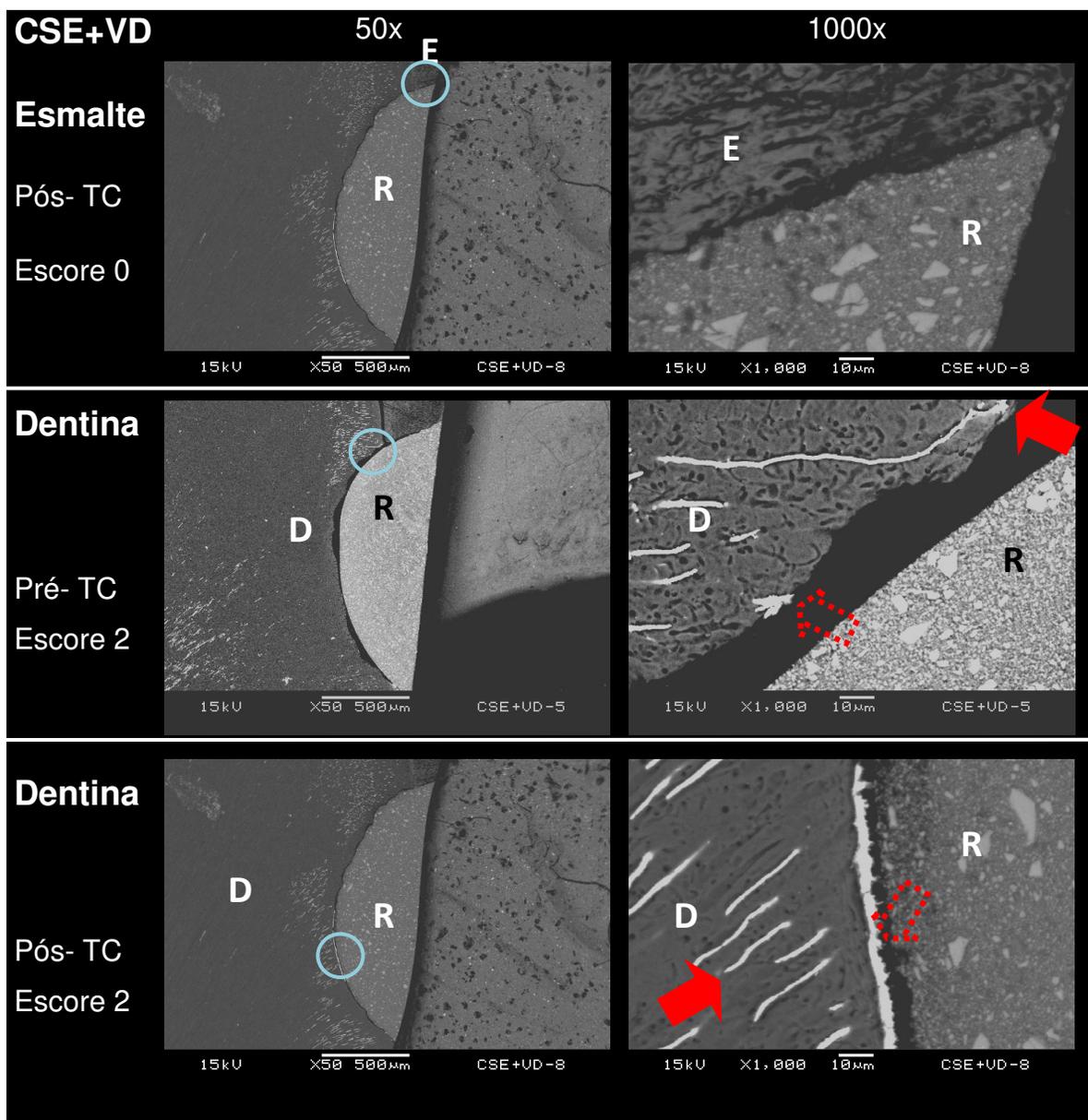


Figura 23 - Imagens representativas do grupo 5 (Clearfil SE Bond + Venus Diamond) obtidas em MEV após a realização da infiltração por nitrato de prata, para a visualização da adaptação interfacial em esmalte e dentina. As imagens da esquerda foram feitas em aumento de 50x, e a área circulada está representada nas imagens da direita, feitas em aumento de 1000x. As imagens representam a predominância dos escores do grupo 5 (Escore 0 – esmalte com e sem TC; Escore 2 – dentina sem TC; Escore 2 – dentina com TC). A seta cheia vermelha indica a localização da infiltração por nitrato de prata nos túbulos dentinários, e a pontilhada, na camada híbrida, observados na interface restauração/dentina pós-TC. R – Restauração; E – Esmalte; D – Dentina.

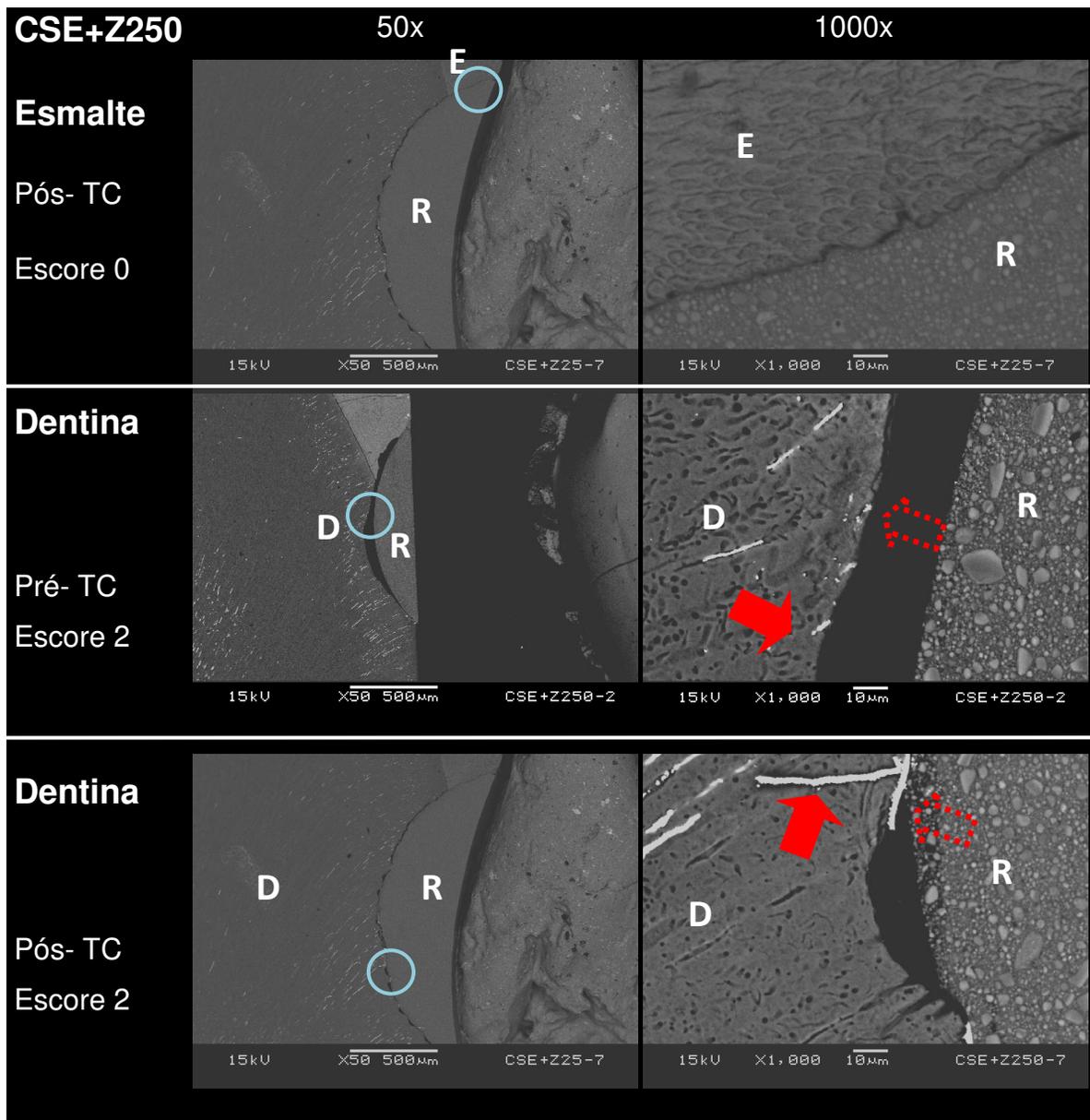
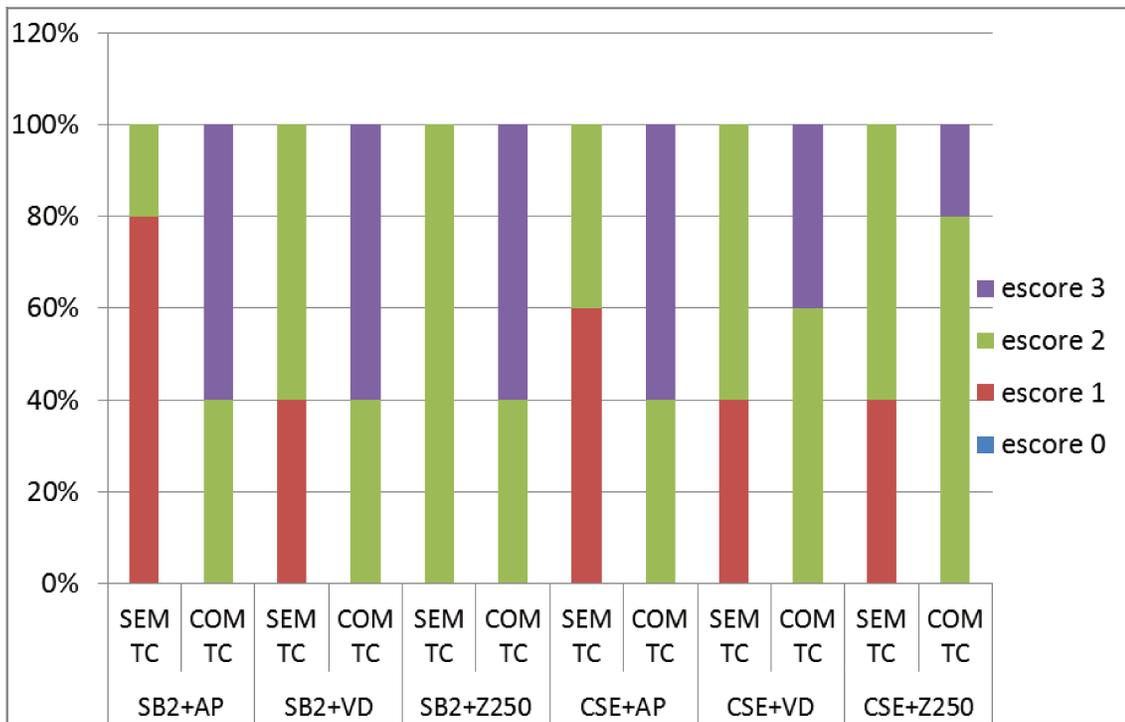


Figura 24 - Imagens representativas do grupo 6 (Clearfil SE Bond + Filtek Z250 XT) obtidas em MEV após a realização da infiltração por nitrato de prata, para a visualização da adaptação interfacial em esmalte e dentina. As imagens da esquerda foram feitas em aumento de 50x, e a área circulada está representada nas imagens da direita, feitas em aumento de 1000x. As imagens representam a predominância dos escores do grupo 6 (Escore 0 – esmalte com e sem TC; Escore 2 – dentina sem TC; Escore 2 – dentina com TC). A seta cheia vermelha indica a localização da infiltração por nitrato de prata nos túbulos dentinários, e a pontilhada, na camada híbrida, observados na interface restauração/dentina pós-TC. R – Restauração; E – Esmalte; D – Dentina.

### **5.3. Avaliação da interface de união sistema restaurador / dentina – Teste de infiltração por nitrato de prata**

Analisando as imagens dos espécimes dos grupos 1 a 6, previamente à TC, visualizadas na região de dentina (Figuras 19 a 24) observou-se a predominância de escore = 1 e 2 (infiltração na camada híbrida; e infiltração na camada híbrida e túbulos dentinários, respectivamente) (Gráfico 2). Porém, quando as imagens dos espécimes submetidos à TC foram observadas, notou-se um aumento no percentual do número de escores para todos os grupos, havendo assim a predominância de escores 2 e 3 (infiltração em camada híbrida e túbulos dentinários; e infiltração na camada híbrida, túbulos dentinários e sistema adesivo, respectivamente) (Gráfico 2). Após a TC, para o sistema adesivo SB2, houve uma predominância de escore =3 para todos os grupos. Porém, para o sistema adesivo CSE, a predominância de escores variou entre escore = 2 ou 3.

Observou-se que, na região de dentina de restaurações submetidas ou não à TC, em todos os espécimes houve penetração dos grânulos de prata nas interfaces de união entre o material restaurador (sistema restaurador e sistema adesivo) e dentina, gerando a infiltração por nitrato de prata, independente do sistema adesivo e compósito utilizados.



Escore 0- sem infiltração; escore 1- infiltração apenas na camada híbrida; escore 2- infiltração na camada híbrida+túbulos dentinários; escore 3 = infiltração na camada híbrida + túbulos dentinários + sistema adesivo.

Gráfico 2 - Distribuição percentual de escores representativos da infiltração de nitrato de prata na interface restauração/dentina, dos espécimes submetidos ou não a realização da TC.

## 6. Discussão

Diante dos resultados obtidos, verifica-se que a adaptação interfacial de restaurações classe V em compósitos foi influenciada pela TC apenas na região dentinária, qualquer que seja o compósito utilizado, porém diferindo de acordo com o sistema adesivo, confirmando parcialmente a primeira hipótese.

O desempenho dos sistemas restauradores adesivos, nas condições deste estudo, evidenciaram a diferença de desempenho em relação aos substratos esmalte e dentina, na mesma cavidade, tanto para a observação em OCT quanto infiltração em MEV, ou seja, enquanto houve fendas na interface dentina/restauração, na interface esmalte/restauração não houve esse prejuízo, mesmo após a TC. Enquanto, nas interfaces em dentina observou-se influência significativa da TC e do tipo de adesivo, para aquelas com margem em esmalte mostrou-se estável.

A ausência de fendas interfaciais em esmalte, mesmo após a TC, pode ser atribuída ao condicionamento ácido do esmalte, realizado previamente a utilização de ambos os sistemas adesivos utilizados, o que pode favorecer um travamento micromecânico pelos prolongamentos resinosos na superfície do esmalte condicionado (Van Meerbeek *et al.*, 2003). Este procedimento não somente sela as margens da restauração por longo prazo, como também protege a união à dentina, a qual é mais vulnerável a degradação (De Munck *et al.*, 2003). Analisando as imagens obtidas pela OCT na interface resina/dente (Figuras 16-18), pode-se observar que as regiões de dentina subjacentes às margens em esmalte, exibiram menos fendas que aquelas mais próximas às margens em dentina, corroborando os resultados de De Munck *et al.*, 2003.

No esmalte, além do provável efeito positivo do condicionamento com ácido fosfórico a 37%, o número de ciclos térmicos empregados talvez possa responder pela ausência de diferença estatística entre os sistemas adesivos. Considerando que a estabilidade da união em esmalte, mesmo para o sistema de união auto-condicionante, produzida pelo uso do ácido fosfórico seja bem evidente na literatura (Van Meerbeek, 2010), o número de ciclos térmicos talvez não tenha sido suficiente para induzir variações entre os sistemas utilizados. Apesar de ISO TR 11450 recomendar 500 ciclos

como metodologia para estudos de envelhecimento, neste estudo foram utilizados 1000 ciclos térmicos, que parecem também não terem sido suficientes para produzir diferenças marcantes em esmalte entre os sistemas adesivos utilizados. Termociclagens de longa duração podem discriminar diferenças na durabilidade de união de diferentes sistemas adesivos, como demonstrado por Inoue *et al.*, (2005) e Makishi *et al.*, (2011), utilizando 100.000 e 5000 ciclos, respectivamente.

Contrastando com os resultados deste estudo, Makishi *et al.*, (2011) verificaram influência da TC em restaurações realizadas com margens em esmalte, e observaram aumento na formação de fendas. Entretanto, além de utilizarem um número de ciclos cinco vezes maior, utilizaram sistemas adesivos auto-condicionantes sem prévio condicionamento com ácido fosfórico em esmalte. Como relatado anteriormente, a aplicação do ácido fosfórico, indicada por Frankenberger *et al.*, (2008) pode melhorar a estabilidade da união dos adesivos auto-condicionantes ao esmalte, dificultando a formação de fendas marginais e produzindo maior longevidade à restauração (Inoue *et al.*, 2005).

A análise da qualidade das interfaces resina/esmalte estudadas, observada por MEV demonstrou que não houve infiltração por nitrato de prata nas margens das restaurações (Figuras 19 – 24), corroborando com os resultados obtidos por OCT, que não demonstrou fenda interfacial em esmalte (Figuras 16-18).

Neste estudo, pôde ser observada a maior instabilidade de restaurações em compósito com margens em dentina em comparação com esmalte, evidenciada pela falha no selamento da interface resina/dentina, comprometendo a longevidade das restaurações, uma vez que nas margens em dentina houve influência do tipo de sistema adesivo utilizado e do estresse térmico. (Tabela 2)

Os resultados deste estudo mostraram que, após a TC, houve um aumento significativo na porcentagem de fendas interfaciais em dentina, que foi maior quando utilizado o SB2, em comparação ao CSE, para os compósitos avaliados. A adesão à dentina tem se constituído um desafio em relação à durabilidade da união, uma vez que esse substrato apresenta significativa heterogeneidade estrutural e morfológica em comparação ao esmalte, a despeito da melhora na qualidade tecnológica e avanços no

conhecimento sobre adesão (Frankenberger *et al.*, 2008; Van Meerbeek *et al.*, 2010; Cardoso *et al.*, 2011; Pashley *et al.*, 2011).

Assim, observou-se que restaurações realizadas com o sistema adesivo CSE demonstraram menores valores de fendas interfaciais. Este fato pode ser atribuído ao monômero MDP presente nesse sistema adesivo. De acordo com Nurrohman *et al.*, 2012, cristais de hidroxiapatita permanecem no interior da camada híbrida, quando este sistema é utilizado. Os cristais de hidroxiapatita residuais podem servir como molde para a reação química com os grupos funcionais, tais como o MDP no CSE (Yoshida *et al.*, 2000). Na interação química dos componentes do adesivo com a hidroxiapatita, o MDP se adere aos cristais pronta e intensamente, formando uma ligação estável entre o cálcio e o MDP (Yoshida *et al.*, 2000). Assim, o MDP é um monômero funcional com grupos químicos com afinidade pela hidroxiapatita, e após a polimerização, os monômeros individuais ligam-se à hidroxiapatita do dente, formando um polímero (Van Meerbeek *et al.*, 2011).

Já nas restaurações realizadas com o sistema adesivo SB2 e os compósitos avaliados, após a TC, observou-se maiores valores de fendas interfaciais. Este fato pode ser atribuído ao condicionamento ácido da dentina, o que parece ser capaz de dissolver e remover a proteção natural do colágeno, tornando o complexo colágeno-resina mais vulnerável à degradação por sorção de água, possivelmente aumentado pelo processo de degradação térmica ocorridos durante o envelhecimento (Pashley *et al.*, 2004).

Sistemas adesivos do tipo condiciona/lava (dois passos) são caracterizados pela prévia aplicação do ácido fosfórico, que remove completamente a *smear layer* e *smear plugs*, seguida por copiosa lavagem com água. Como o condicionamento é realizado no esmalte e na dentina, simultaneamente, pode ocorrer acentuada desmineralização na dentina, expondo as fibrilas colágenas e tornando-as totalmente desprovidas de hidroxiapatita. Além disso, a mistura do *primer* e do adesivo num único frasco reduz a possibilidade dos monômeros infiltrarem em toda a profundidade da dentina desmineralizada, produzindo prejuízos à hibridização. Uma vez que este sistema é aplicado de forma única (*primer*+adesivo), torna-se mais difícil evaporar o solvente, que

pode ficar preso no adesivo após a polimerização e, associado à natureza hidrófila dos monômeros presentes, tornar-se mais suscetível à degradação hidrolítica. Como resultado da penetração dificultada, formam-se espaços desprotegidos localizados dentro ou próximos da camada híbrida, mais suscetíveis à degradação. (Finger *et al.*, 2005). Esses espaços podem ser infiltrados com prata e têm sido referidos como infiltração por nitrato de prata (Sano *et al.*, 1995).

Em todos os grupos observou-se infiltração por nitrato de prata em dentina, tanto nos grupos previamente a TC como nos grupos pós TC, o que demonstra a maior instabilidade adesiva nesse substrato. Para as amostras submetidas à ciclagem térmica, os percentuais de espécimes sem infiltração por nitrato de prata diminuíram, é possível atribuir isso à hidrofilia do material, que teria permitido a presença de degradação hidrolítica. Isso pode ser explicado pelo mesmo motivo anteriormente citado para as amostras avaliadas em OCT, isto é, a sorção de água favorecida pela maior temperatura. Esses dois tipos de estresse simultâneos (imersão em água e alterações de temperatura) podem desestabilizar a união adesivo/dente (Van Meerbeek *et al.*, 2010), e promover a degradação hidrolítica dos componentes resinosos na interface adesiva (Hashimoto *et al.*, 2000 ; Hashimoto *et al.*, 2003) ou ainda pela contração e expansão geradas devido a estresses térmicos (Nelsen *et al.*, 1952).

Como observado pelos resultados obtidos neste estudo, previamente à TC, ambos os sistemas adesivos apresentaram similares porcentagens de fendas em dentina, que aumentaram após a TC (Tabela 2). Esses resultados corroboram os obtidos por Blunck *et al.*, 2007 e Makishi *et al.*, 2011; embora esses autores tenham realizado cavidades com margens em esmalte, também visualizados em OCT.

Os compósitos utilizados não demonstraram diferença significativa entre si, tanto quando submetidos à TC como quando antes da degradação. Este resultado pode estar também relacionado à profundidade da cavidade utilizada neste estudo. Segundo Braga *et al.*, (2006), existe uma relação direta entre o estresse gerado pela contração de polimerização e a profundidade da cavidade. Braga *et al.*, (2006), concluíram que o volume de contração do compósito dobra conforme a profundidade da cavidade aumenta de 1 para 2 mm. Portanto, supõe-se que cavidades mais profundas

apresentem maior estresse de contração e conseqüentemente maior desadaptação interfacial.

Arrais et al., 2013, compararam a contração de polimerização de compósitos de baixa contração, e observou que a resina composta Aelite LS Posterior, a mesma utilizada neste estudo, demonstrou menores valores de contração quando comparadas a resinas de dimetacrilato convencionais, porém, mostrou menores valores de resistência a flexão.

Em outro estudo, Yamamoto et al., 2012, concluíram que a resina composta Venus Diamond, também utilizada neste estudo, demonstrou menores valores de contração de polimerização em comparação a compósitos convencionais. Porém, devido a vários fatores que influenciam o desenvolvimento da tensão de polimerização, a contração de polimerização por si só nem sempre gera uma menor tensão.

Possivelmente, a limitação de profundidade de visualização da restauração pelo aparelho de OCT, que não permitiu a realização de cavidades mais profundas, foi um fator limitante para esta metodologia. Materiais com diferentes índices de refração podem permitir cavidades mais ou menos profundas utilizando-se essa técnica e equipamento para avaliação.

Em estudos clínicos, restaurações classe V são bons modelos para a avaliação da efetividade de sistemas adesivos, pois geralmente são de difícil obtenção de retenções macro-mecânicas, logo, se uma união resina/dente fosse inadequada, causaria a falha precoce da restauração. Além disso, outro fator relacionado a essas cavidades são suas margens em esmalte e em dentina. Ainda, nesse tipo de cavidades, o 'fator C' é relativamente pequeno, e as propriedades mecânicas do compósito utilizado relativamente irrelevantes, sendo que o desempenho do sistema adesivo parece ser o que realmente determina o resultado clínico final, como observado por Van Meerbeek *et al.*, 2010.

No presente estudo, a Tomografia por Coerência Óptica (OCT), através de imagens instantâneas e não-invasivas, foi eficaz na visualização de desadaptações na interface de restaurações classe V realizadas com compósitos, e corroboram os

resultados de outros estudos recentes, mas que não utilizaram este tipo de cavidade (Monteiro *et al.*, 2011, Makishi *et al.*, 2011, Bakhsh *et al.*, 2011).

A deterioração da interface neste estudo está de acordo com os trabalhos anteriormente citados, em que houve prejuízo na adaptação marginal entre dente/restauração quando da avaliação desta interface posteriormente à TC, quando em comparação a avaliação prévia.

A partir dos resultados obtidos nesta dissertação, estudos futuros sobre a adaptação interfacial de restaurações classe V em compósitos, com relação à TC e degradação em longo prazo devem ser realizados. O aprimoramento dos sistemas de Tomografia por Coerência Óptica ainda deve ser alcançado para possibilitar a investigação em restaurações com maiores profundidades, além da realização de mais estudos *in vivo* com este tipo de sistema. Assim, a OCT pode ser considerada uma metodologia não destrutiva a ser utilizada para a avaliação da estabilidade da interface resina/esmalte e resina/dentina simultaneamente, com potencial para uso clínico.

## 7. Conclusão

De acordo com os resultados obtidos, pode-se concluir que:

1. As margens em esmalte apresentaram estabilidade da interface resina/esmalte, independente do compósito, sistema adesivo ou TC, demonstrada tanto pelo OCT quanto pela ausência de penetração de prata.
2. As margens em dentina de cavidades restauradas com o sistema adesivo Clearfil SE Bond apresentaram melhor adaptação marginal que as realizadas com Adper Single Bond 2 quando submetidas à TC.
3. As margens em dentina apresentaram aumento na infiltração de prata nas interfaces resina/dentina em todos os grupos, após a realização da TC.
4. O tipo de compósito não influenciou a adaptação interfacial de restaurações de cavidade classe V.

## Referências\*

Alonso RCB, Correr GM, Cunha LG, Borges AFS, Puppim Rontani RM, & Sinhoreti MAC (2006) Dye staining gap test: An alternative method for assessing marginal gap formation in composite restorations *Acta Odontologica Scandinavica* 64(3) 141-145.

Amaechi BT, Podoleanu AG, Higham SM, Jackson DA. Correlation of quantitative light-induced fluorescence and optical coherence tomography applied for detection and quantification of early dental caries. *J Biomed Opt* 2003; 8: 642-647.

Arrais CAG, Giannini M. Morphology and thickness of the diffusion of resin through demineralized or unconditioned dentinal matrix. *Pesqui Odontol Bras.* 2002 Apr-Jun;16(2):115-20

Arrais CAG, Oliveira MT, Mettenburg D, Rueggeberg FA, Giannini M. Silorane- and high filled-based “low-shrinkage” resin composites: shrinkage, flexural strength and modulus. *Braz Oral Res.* 2013 Apr;27(2):97-102. Epub 2013 Mar 1

Armstrong SR, Vargas MA, Fang Q, Laffoon JE. Microtensile bond strength test of a total-etch 3-step, total-etch 2-step, self-etch 2-step and a self-etch 1-step dentin bonding system through 15-month water storage. *J Adhes Dent* 2003;5:47-56.

Asmussen E, Uno S. Adhesion of restorative resin to dentin: chemical and physicochemical aspects. *Oper Dent Suppl* 1992;5:68–74.

Auschill TM, Koch CA, Wolkewitz M, Hellwig E, Arweiler NB. Occurrence and causing stimuli of postoperative sensitivity in composite restorations. *Oper Dent* 2009; 34: 3-10.

Bakhsh TA, Sadr A, Shimada Y, Tagami J, Sumi Y. Non-invasive quantification of resin-dentin interfacial gaps using optical coherence tomography: validation against confocal microscopy. *Dental Materials* 27 (2011) 915-925.

Baier RE. Principles of adhesion. *Oper Dent Suppl* 1992;5:1–9.

\*De acordo com a norma da UNICAMP/FOP, baseadas na norma do International Committee of Medical Journal Editors – Grupo de Vancouver. Abreviatura dos periódicos em conformidade com o Medline.

Bergstrom J, Eliasson S. Cervical abrasion in relation to toothbrushing and periodontal health. *Scandinavian Journal of Dental Research* 1988;96:405–11.

Boaro LC, Gonçalves F, Guimarães TC, Ferracane JL, Versluis A, Braga RR. Polymerization stress, shrinkage and elastic modulus of current low-shrinkage restorative composites. *Dental Materials* 26 (2010) 1144-1150.

Boehm RF. Thermal environment of teeth during open mouth respiration. *J Dent Res* 1972, Jan-Feb; 51(1):75-8

Bowen RL. Adhesive bonding of various materials to hard tissues. VI. Forces developing in direct-filling materials during hardening. *J Am Dent Assoc* 1967;74:439–45.

Blunck U, Zaslansky P. Effectiveness of all-in-one adhesive systems tested by thermocycling following short and long-term water storage. *Journal of Adhesive Dentistry* 2007;9:231–40.

Braem M, Lambrechts P, Vanherle G. Clinical relevance of laboratory fatigue studies. *J Dent* 1994; 22:97-102

Braga RR, Boaro LCC, Kuroe T, Azevedo CLN, Singer JM. Influence of cavity dimensions and their derivatives (volume and 'C' factor) on shrinkage stress development and microleakage of composite restorations dental materials 22 (2006) 818–823.

Braga RR, Ferracane JL. Alternatives in polymerization contraction stress management. *Critical reviews in Oral Biology and Medicine* 2004; 15:176-85

Brunton PA, Cowan AJ, Wilson MA, Wilson NH (1999). A three-year evaluation of restorations placed with a smear layer-mediated dentin bonding agent in-carious cervical lesions. *J Adhes Dent* 1:333-341.

Cara RR, Fleming GJP, Palin WM, Walmsley AD, Burke FJT. Cuspal deflection and microleakage in premolar teeth restored with resin-based composites with and without an intermediary flowable liner. *Journal of Dentistry*, 2007. 35:482-9

Cardoso MV, de Almeida Neves A, Mine A, Coutinho E, Van Landuyt K, De Munck J, Van Meerbeek B. Current aspects on bonding effectiveness and stability in adhesive dentistry. *Aust Dent J*. 2011 Jun;56 Suppl 1:31-44. doi: 10.1111/j.1834-7819.2011.01294.x.

Carvalho FG, Sampaio CS, Fucio SBP, Carlo HL, Correr-Sobrinho L, Puppini-Rontani RM. Effect of chemical and mechanical degradation on surface roughness of three glass ionomers and nanofilled resin composite. *Operative Dentistry*, 2012, 37-5, 509-517

Ceruti P, Menicucci G, Mariani GD. Non carious cervical lesions: a review. *Minerva Stomatol*. 2006; 55:43-57.

Condon JR, Ferracane JL. Assessing the effect of composite formulation on polymerization stress. *J Am Dent Assoc* 2000; 131 (4): 497-503.

Crabtree MG, Atkinson HF. A preliminary report on the solubility of decalcified dentine in water. *Austral J Dentistry*, 1955;55:340–342.

Craig RG, Dootz ER ( 1996). Effect of mixed silanes on the hydrolytic stability of composites. *Oral Rehabil* 23:751-756. 1, 2012

De Munck J, Van Meerbeek B, Yoshida Y, Inoue S, Vargas M, Suzuki K, et al. Four-year water degradation of total-etch adhesives bonded to dentin. *J Dent Res* 2003;82:136–40

De Munck J, Van Landuyt K, Peumans M, Poitevin A, Lambrechts P, Braem M, et. al. A critical review of the durability of adhesion to tooth tissue: methods and results. *J Dent Res* 2005; 84:118-32

Drummond JL, Botsis J, Zhao D, Samyn J (1998). Fracture properties of aged and post-processed dental composites. *Eur J Oral Sci* 106:661-666.

Ferracane JL & Mitchem JC. Relationship between composite contraction stress and leakage in class V cavities. *Am J Dent*. 2003; 16: 239-43.

Ferracane JL. Developing a more complete understanding of stresses produced in dental composites during polymerization. *Dental Materials* (2005) 21, 36–42

Ferracane JL. Resin composite--state of the art. *Dent Mater.* 2011 Jan;27(1):29-38

Ferracane JL. Resin-based composite performance: are there some things we can't predict?. *Dent Mater.* 2013 Jan;29(1):51-8.

Finger WJ, Balkenhol M. Practitioner variability effects on dentin bonding with an acetone-based one-bottle adhesive. *JAdhes Dent* 1999;1:311–314. Van Meerbeek B, Van Landuyt K, De Munck J, et al. Technique-sensitivity of contemporary adhesives. *Dent Mater J* 2005;24:1– 13.

Frankenberger R, Kramer N, Pelka M, Petschelt A. Internal adaptation and overhang formation of direct Class II resin composite restorations. *Clinical Oral Investigations* 1999; 3:208–15.

Frankenberger R, Strobel WO, Krämer N, Winterscheidt J, Winterscheidt B, Petschelt A. Fatigue behaviour of the resin-dentin bond using different evaluation methods. *J Biomed Mater Res* 2003; 67B:712-21

Frankenberger R & Tay FR. Self-etch vs etch-and-rinse adhesives: effect of thermo-mechanical fatigue loading on marginal quality of bonded resin composite restorations. *Dental Materials* 2005; 21,397-412

Frankenberger R, Pashley, Reich SM, Lohbauer U, Petschelt A, Tay FR. Characterisation of resin–dentine interfaces by compressive cyclic loading. *DH Biomaterials* 26 (2005) 2043–2052

Frankenberger R, Lohbauer U, Roggendorf MJ, Naumann M, Taschner M. Selective enamel etching reconsidered: better than etch-and-rinse and self-etch? *Journal of Adhesive Dentistry* 2008;10:339–44.

Freeman R, Varanasi S, Meyers IA, Symons AL. Effect of air abrasion and thermocycling on resin adaptation and shear bond strength to dentin for an etch-and-rinse and self-etch resin adhesive. *Dental Materials Journal* 2012; 31(2):180-188.

Freitas AZ, Zezell DM, Mayer MPA, Ribeiro AC, Gomes ASL, Vieira Jr ND. Determination of dental decay rates with optical coherence tomography. *Laser Phys*. 2009; 6: 896-900.

Fried D, Featherstone JDB, Darling CL, Jones RS, Ngaotheppitak P, Buhler CM. Early caries imaging and monitoring with near-infrared light. *Dent Clin North Am* 2005; 49: 771-793

Fujimoto J, Drexler W. Introduction to optical coherence tomography; In: Drexler W, Fujimoto JG, editors. *Optical coherence tomography: technology and applications (Biological and medical physics, biomedical engineering)*. Springer; 2008. p. 1-45

Garcia-Godoy F, Kramer N, Feilzer AJ, Frankenberger R. Long-term degradation of enamel and dentin bonds: 6-year results in vitro vs. in vivo. *Dental Materials* 2010;26:1113–8.

Gale MS, Darvell BW. Thermal cycling procedures for laboratory testing of dental materials restorations. *J Dent* 1999; 27: 89-99.

Grippio JO. Abrasions: a new classification of hard tissue lesions of teeth. *Journal of Esthetic Dentistry* 1991;3:14–9.

Grippio JO. Non-cariou cervical lesions: the decision to ignore or restore. *Journal of Esthetic Dentistry* 1992;4:155–64.

Haak R, Wicht MJ, Hellmich M, Noack MJ. Detection of marginal defects of composite restorations with conventional and digital radiographs. *Eur J Oral Sci* 2002;110:282-6

Hashimoto M, Ohno H, Kaga M, Endo K, Sano H, Oguchi H. In vivo degradation of resin-dentin bonds in humans over 1 to 3 years. *J Dent Res* 2000; 79: 1385–1391.

Hashimoto M, Ohno H, Sano H, Tay FR, Kaga M, Kudou Y, Oguchi H, Araki Y, Kubota M. Micromorphological changes in resin-dentin bonds after 1 year of water storage. *J Biomed Mater Res* 2002; 63: 306–311.

Hashimoto M, Ohno H, Sano H, Kaga M, Oguchi H. In vitro degradation of resin-dentin bonds analyzed by microtensile bond test, scanning and transmission electron microscopy. *Biomaterials* 2003; 24: 3795–3803.

Helvatjoglu-Antoniades M, Papadogiannis Y, Lakes RS, Dionysopoulos P, Papadogiannis D. Dynamic and static elastic moduli of packable and flowable composite resins and their development after initial photo curing. *Dent Mater* 2006; 22: 450–459

Heymann HO, Sturdevant JR, Bayne S, Wilder AD, Sluder TB, Brunson WD. Examining tooth flexure effects on cervical restorations: a two-year clinical study. *J Am Dent Assoc.* 1991; 122: 41-7.

Huang D, Swanson EA, Lin CP, Schuman JS, Stinson WG, Chang W, et. al. Optical Coherence Tomography. *Science* 1991;254:1178-81

International Organization for Standardization. ISO TR11405. Dental materials-guidance on testing of adhesion to tooth structure. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization, 1994; 1-15.

Inoue S, Koshiro K, Yoshida Y, De Munck J, Nagakane K, Suzuki K, et al. Hydrolytic stability of self-etch adhesives bonded to dentin. *J Dent Res* 2005; 84:1160–4

Ishikiriama SK, Mondelli RFL, Kano SC, Ishikiriama A, Mondelli J. Role of additional retention on marginal adaptation and sealing of large resin composite class II restorations. *Oper Dent* 2007;32:564-70

Ishibashi K, Ozawa N, Tagami J, Sumi Y. Swept-source optical coherence tomography as a new tool to evaluate defects os resin-based composite restorations. *Journal of Dentistry* 39 (2011) 543-548.

Ittharagun A, Tay FR (2000). Self-contamination of deep dentin by dentin fluid. *Am J Dent* 13:195-200.

Jacobsen T, Söderholm K-JM, Yang M, Watson TF. Effect of composition and complexity of dentin-bonding agents on operator variability – analysis of gap formation using confocal microscopy. *Eur J Oral Sci* 2003;111: 523-528.

Kramer N, Garcia-Godoy F, Frankenberger R. Evaluation of resin composite materials. Part II. In vivo investigations. *American Journal of Dentistry* 2005;18:75–81.

Kwon Y, Ferracane J, Lee IB. Effect of layering methods, composite type, and flowable liner on the polymerization shrinkage stress of light cured composites. *Dental Materials* 28 (2012) 801-809).

Lee WC & Eakle WS. Stress-induced cervical lesions: review of advances in the past 10 years. *J Prosthet Dent.* 1996; 75:487-94.

Levitz D, Hinds MT, Ardeshiri A, Hanson SR, Jacques SL. Non-destructive label-free monitoring of collagen gel remodeling using optical coherence tomography. *Biomaterials*; 2010;31:8210-7.

Loomans BAC, Opdam NJM, Roeters FJM, Burgersdijk RCW. Use of posterior composite resin restorations by Dutch dental practitioners. *Trans Acad Dent Mater* 2001;15:190.

Makishi P, Shimada Y, Sadr A, Tagami J, Sumi Y. Non-destructive 3D imaging of composite restorations using optical coherence tomography: marginal adaptation of self-etch adhesives. *J Dent* 2011;39:316–25.

Monteiro GQ, Montes MA, Gomes AS, Mota CC, Campello SL, Freitas AZ. Marginal analysis of resin composite restorative systems using optical coherence tomography. *Dent Mater.* 2011; 27: 213-23.

Nakabayashi N. Resin reinforced dentine due to infiltration of monomers into dentine at the adhesive interface. *Dent Mater* 1982;1:78–81.

Nakabayashi N, Kojima K, Masuhara E. The promotion of adhesion by the infiltration of monomers into tooth substrates. *J Biomed Mat Res* 1982; 16:265-273.

Nakabayashi N, Nakamura M, Yasuda N. Hybrid layer as a dentin-bonding mechanism. *J Esthet Dent* 1991; 3: 133-138.

Naoum SJ, Ellakwa A, Morgan L, White K, Martin FE, Lee IB. Polymerization profile analysis of resin composite dental restorative materials in real time. *J Dent.* 2012 Jan;40(1):64-70.

Nelsen RJ, Wolcott RB, Paffenbarger GC. Fluid exchanges at the margins of dental restorations. *J Amer Dent Assoc,* 1952;44:288–295.

Nurrohman H, Nikaido T, Takagaki T, Sadr A, Ichinose S, Tagami J. Apatite crystal protection against acid-attack beneath resin–dentin interface with four adhesives: TEM and crystallography evidence. *Dental Materials* 28 (2012) e89-e98.

Ortega VL, Pegoraro LF, Conti PC, do Valle AL, Bonfante G. Evaluation of fracture resistance of endodontically treated maxillary premolars, restored with ceromer or heat-pressed ceramic inlays and fixed with dual-resin cements. *J Oral Rehabil.* 2004;31(4):393-7.

Otis LL, Everett MJ, Sathyam US, Colston Jr BW. Optical coherence tomography: a new imaging technology for dentistry. *J Am Dent Assoc.* 2000; 131: 511–4.

Owen BM, Gallien GS. Non-carious dental abfraction lesions in an aging population. *Compendium of Continuing Education in Dentistry* 1995;16:552. 554, 557, 558.

Pashley DH. The effects of acid etching on the pulpodentin complex. *Oper Dent* 1992; 17: 229-242.

Pashley EL, Agee KA, Pashley DH, Tay FR. Effects of one versus two applications of an unfilled, all-in-one adhesive on dentin bonding. *J Dent* 2002;30:83-90.

Pashley DH, Tay FR, Yiu C, Hashimoto M, Breschi L, Carvalho RM, et al. Collagen degradation by host-derived enzymes during aging. *J Dent Res* 2004;83:216–21

Pashley DH, Tay FR, Breschi L, Tjäderhane L, Carvalho RM, Carrilho M, Tezvergil-Mutluay A. State of the art etch-and-rinse adhesives. *Dent Mater.* 2011 Jan;27(1):1-16. Epub 2010 Nov 27.

Pereira AFV & Miranda Junior WG. Avaliação in vitro da microinfiltração e adaptação marginal em restaurações classe v simulando lesões de abfração: estudo piloto *Arquivos em Odontologia* 2008; 44: 66-73.

Perdigão J. New developments in dental adhesion. *Dent Clin North Am* 2007; 51: 333-357

Perdigão J, Lopes MM, & Gomes G (2008) In vitro bonding performance of self-etch adhesives: II—Ultramorphological evaluation *Operative Dentistry* 33(5)534-549.

Perdigão J, Monteiro P, & Gomes G (2009) In vitro enamel sealing of self-etch adhesives *Operative Dentistry* 40(3) 225-233.

Peumans M, De Munk J, Van Landuyt K, Lambrechts P, & Van Meerbeek B (2007) Five-year clinical effectiveness of a two-step self-etching adhesive *Journal of Adhesive Dentistry* 9(1) 7-10. Pongprueksa P, Kuphasuk W, Senawongse P. Effect of elastic cavity wall and occlusal loading on microleakage and dentin bond strength. *Oper Dent* 2007; 32: 466-475.

Peutzfeldt A. Resin composites in dentistry: the monomer system. *Eur J Oral Sci*, Copenhagen, v.105, n.2, p.97-116, Apr. 1997.

Potiket N, Chiche G, Finger IM. In vitro fracture strength of teeth restored with different all-ceramic crown systems. *J Prosthet Dent*. 2004;92(5):491-5

Radentz WH, Barnes GP, Cutright DE. A survey of factors possibly associated with cervical abrasion of tooth surfaces. *Journal of Periodontology* 1976;47:210–3.

Rasheed AA. Effect of bonding amalgam on the reinforcement of teeth. *J Prosthet Dent*. 2005;93(1):51-5

Reis AF, Arrais CA, Novaes PD, Carvalho RM, De Goes MF, Giannini M. Ultramorphological analysis of resin–dentin interfaces produced with water-based single-step and two-step adhesives: nanoleakage expression. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater*. 2004 Oct 15; 71(1):90-8.

Retief DH. Do adhesives prevent microleakage? *Int Dent J* 1994;44:19-26

Rigsby DF, Retief DH, Russell CM, Denys FR. Marginal leakage and marginal gap dimensions of three dentinal bonding systems. *Am J Dent* 1990;3:289–94.

Roulet JF. Marginal integrity: clinical significance. *J Dent* 1994;22(Suppl. 1):S9–12.

Sacramento PA, De Carvalho FG, Pascon FM, Borges AF, Alves MC, Hosoya Y, Rontani RM. Influence of NaOCl irrigation and water storage on the degradation and microstructure of the resin/primary dentin interface. *J Adhes Dent*. 2011 Jun; 13(3):213-20.

Sadr A, Mayoral JR, Shimada Y, Bakhsh TA, Cho E, Tagami J. Real-time tomographic monitoring of composite restoration placement using SS-OCT. *J Dent Res* 2010;89(Spec Iss A): 1501.

Sano H, Takatsu T, Ciucchi B, Horner JA, Matthews WG, Pashley DH. Nanoleakage: leakage within the hybrid layer. *Oper Dent*. 1995 Jan-Feb;20(1):18-25.

Santiago SL, Franco EB, Mendonça JS, Lauris JRP, Navarro MFL. One-year clinical evaluation of tooth-colored materials in non-carious cervical lesions. *J Appl Oral Sci* 2003;11:175-180.

Savarino L, Saponara Teutonico A, Tarabusi C, Breschi L, Prati C. Enamel microhardness after in vitro demineralization and role of different restorative materials. *J Biomater Sci Polym Ed* 2002; 13:349-57

Senawongse P, Pongprueksa P, Tagami J. The effect of the elastic modulus of low-viscosity resins on the microleakage of Class V resin composite restorations under occlusal loading. *Dent Mater J* 2010; 29(3): 324–329.

Senawongse P, Pongprueksa P, Harnirattisai C, Sumi Y, Otsuki M, Shimada Y, Junji Tagami J. Non-destructive assessment of cavity wall adaptation of class V composite restoration using swept-source optical coherence tomography. *Dental Materials Journal* 2011; 30: 517–522.

Shemesh H, van Soest G, Wu MK, van der Sluis LWM, Wesselink PR. The ability of optical coherence tomography to characterize the root canal walls. *J Endod* 2007; 33: 1369-1373.

Shimada Y, Sadr A, Burrow MF, Tagami J, Ozawa N, Sumi Y. Validation of swept-source optical coherence tomography (SS-OCT) for the diagnosis of occlusal caries. *J Dent* 2010; 38:655-665.

Shimada Y, Sadr A, Nazari A, Nakagawa H, Otsuki M, Tagami J, Sumi Y. 3D evaluation of composite resin restoration at practical training using swept-source optical coherence tomography (SS-OCT). *Dental Materials Journal* 2012; 31(3): 409-417

Shulman EH, Robinson HG. Salivary citrate content and erosion of teeth. *Journal of Dental Research* 1948;27:541–4.

Sinescu C, Negrutiu M, Todea C, Balabuc C, Filip L, Rominu R, Bradu A, Hughes M, Podoleanu AG. Quality assessment of dental treatments using en-face optical coherence tomography. *J Biomed Opt* 2008; 13: 54-65.

Soares CJ, Martins LR, Fernandes Neto AJ, Giannini M. Marginal adaptation of indirect composites and ceramic inlay systems. *Oper Dent*. 2003;28(6):689-94.

Soares CJ, Fonseca RB, Gomide HA, Correr-Sobrinho L. Cavity preparation machine for the standardization of in vitro preparations. *Braz Oral Res*. 2008; 22: 281-7

Söderholm KJ (1984). Water sorption in a bis(GMA)/TEGDMA resin. *J Biomed Mater Res* 18:271-279.

Spencer P, Wang Y. Adhesive phase separations at the dentin interface under wet bonding conditions. *J Biomed Mater Res* 2002; 62:447-56) 21,22

Suppa P, Breschi I, Ruggeri A, Mazzotti G, Prati C, Chersoni S, et al. Nanoleakage within the hybrid layer: a correlative FEISEM/TEM investigation. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater*. 2005 Apr; 73(1):7-14. Sweet CA. Procedure for treatment of exposed and pulpless deciduous teeth. *J Am Dent Assoc*. 1930; 17:1150-53.

Tagami J, Nikaido T, Nakajima M, Shimada Y. Relationship between bond strength tests and other in vitro phenomena. *Dental Materials* 2010; 26:e94-9.

Tay FR, Pashley DH, Yoshiyama M (2002) Two modes of nanoleakage expression in single-step adhesives. *Journal of Dental Research* 81(7) 472-476.

Tay FR, Pashley DH, Suh BI, Carvalho RM, Itthagarun A. Single-step adhesives are permeable membranes. *J Dent* 2002;30:371-82

Tay FR, Pashley DH. Dentine adhesives: have they become too hydrophilic? *J Can Dent Assoc* 2003;69:724–31.

Teughels W, Van Assche N, Sliepen I, & Quirynen M (2006) Effect of material characteristics and/or surface topography on biofilm development Clinical Oral Implants Research 17(2) 68-81.

Titley KC, Chernecky R, Rossouw PE, Kulkarni GV. The effect of various storage methods and media on shear-bond strengths of dental composite resin to bovine dentine. Arch Oral Biol 1998; 43: 305-11.

Uyama S, Irokawa A, Iwasa M, Tonegawa M, Shibuya Y, Tsubota K, et al. Influence of irradiation time on volumetric shrinkage and flexural properties of flowable resins. Dent Mater J, 2007; 26:892-7

Van Dijken, 2010 JW. Durability of resin composite restorations in high C-factor cavities: a 12-year follow-up. Journal of Dentistry 2010;38:469–74

Van Ende A, De Munck J, Mine A, Lambrechts P, Van Meerbeek B. Does a low-shrinking composite induces less stress at the adhesive interface? Dent Mater 2010;26:215-22.

Van Meerbeek B, Yoshida Y, Snauwaert J, Hellemans L, Lambrechts P, Vanherle G, Wakasa K e Pashley DH (1999) Hybridization effectiveness of a two-step versus a three-step smear ayer removing adhesive system examined correlatively by TEM and AFM. Journal of Adhesive Dentistry 1(1) 7-23.

Van Meerbeek B, De Munck J, Yoshida Y, Inoue S, Vargas M, Vijay P, Van Landuyt K, Lambrechts P, Vanherle G. Buonocore Memorial Lecture: Adhesion to enamel and dentin: current status and future challenges. Oper Dent 2003; 28:215-235

Van Meerbeek B, Van Landuyt KL, De Munck J et al. Technique-sensitivity of contemporary adhesives. Dental Materials Journal 2005;24:1-13.

Van Meerbeek B. The “myth” of nanoleakage. J Adhes Dent. 2007 Dec; 9(6):491-2.

Van Meerbeek B, Peumans M, Poitevin A, Mine A, Van Ende A, Neves A, De Munck J. Relationship between bond-strength tests and clinical outcomes. Dental Materials 26 (2010) e100–e121

Van Meerbeek B, Yoshihara K, Yoshida Y, Mine A, De Munck J, Van Landuyt KL. State of the art of self-etch adhesives. *Dental Materials* 2011;27:17–28.

Walshaw PR, McComb D. SEM evaluation of the resin-dentin interface with proprietary bonding agents in human subjects. *J Dent Res* 1994; 73: 1079-1087.

Watanabe T, Tsubota K, Takamizawa T, Kurokawa H, Rikuta A, & Miyazaki M (2008) Effect of prior acid etching on bonding durability of single-step adhesives *Operative Dentistry* 33(4) 426-433.

Wood I, Jawad Z, Paisley C, Brunton P. Non-cariious cervical tooth surface loss: a literature review. *J Dent* 2008; 36: 759-766.

Xhonga FA. Bruxism and its effect on the teeth. *Journal of Oral Rehabilitation* 1977;4:65–76.

Yamamoto T, Kubota Y, Momoi Y, Ferracane JL. Polymerization stresses in low-shrinkage dental resin composites measured by crack analysis. *Dental Materials* 28 (2012) e143-e149

Yoshida Y, Van Meerbeek B, Nakayama Y, Snauwaert J, Hellemans L, Lambrechts P, et al. Evidence of chemical bonding at biomaterial-hard tissue interfaces. *Journal of Dental Research* 2000;79:709–14.

Zhi-Yue L, Yu-Xing Z. Effects of post-core design and ferrule on fracture resistance of endodontically treated maxillary central incisors. *J Prosthet Dent*. 2003;89(4):368-73.



**COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA  
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA  
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS**



**CERTIFICADO**

O Comitê de Ética em Pesquisa da FOP-UNICAMP certifica que o projeto de pesquisa **"Efeito do sistema restaurador na integridade marginal e nanoinfiltração de restaurações classe V em compósito"**, protocolo nº 104/2012, dos pesquisadores Camila Sobral Sampaio e Regina Maria Puppim Rontani, satisfaz as exigências do Conselho Nacional de Saúde - Ministério da Saúde para as pesquisas em seres humanos e foi aprovado por este comitê em 06/11/2012.

The Ethics Committee in Research of the School of Dentistry of Piracicaba - State University of Campinas, certify that the project **"Effect of the restorative system in marginal integrity and nanoleakage of class V composite restorations"**, register number 104/2012, of Camila Sobral Sampaio and Regina Maria Puppim Rontani, comply with the recommendations of the National Health Council - Ministry of Health of Brazil for research in human subjects and therefore was approved by this committee at 11/06/2012.

  
**Profa. Dra. Livia Maria Andaló Tenuta**  
Secretária  
CEP/FOP/UNICAMP

  
**Prof. Dr. Jacks Jorge Junior**  
Coordenador  
CEP/FOP/UNICAMP

Nota: O título do protocolo aparece como fornecido pelos pesquisadores, sem qualquer edição.  
Notice: The title of the project appears as provided by the authors, without editing.