



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA



## **CURSO DE GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA**

Trabalho de Conclusão de Curso

Aluno(a): Daniel de Souza Pereira

Orientador(a): Regina Maria Puppim Rontani

**Ano de Conclusão do Curso: 2011**

A handwritten signature in blue ink, reading "Regina Maria Puppim Rontani", written over a horizontal line.

Assinatura do(a) Orientador(a)



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA



**Resistência de união em restaurações de compósito após  
simulação de mastigação: Influência da elasticidade dos  
forradores resinosos**

Trabalho de conclusão de curso

Daniel de Souza Pereira

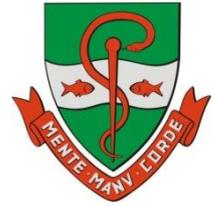
Piracicaba

2011



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS**

**FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA**



Daniel de Souza Pereira

**Resistência de união em restaurações de compósito após  
simulação de mastigação: Influência da elasticidade dos  
forradores resinosos**

Orientadora: Regina Maria Puppim Rontani

PIRACICABA

2011

Ficha catalográfica  
Universidade Estadual de Campinas  
Biblioteca da Faculdade de Odontologia de Piracicaba  
Marilene Girello - CRB 8/6159

P414r      Pereira, Daniel de Souza, 1990-  
Resistência de união em restaurações de compósito  
após simulação de mastigação: influência da  
elasticidade dos forradores resinosos / Daniel de  
Souza Pereira. -- Piracicaba, SP: [s.n.], 2011.

Orientador: Regina Maria Puppín Rontani.  
Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) –  
Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de  
Odontologia de Piracicaba.

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

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA  
BIBLIOTECA DA FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA**

## ***Dedicatória***

*Dedico aos meus pais, Donizetti e Maria Helena, exemplos da minha vida, que sempre acreditaram na minha capacidade e dignidade, e não mediram esforços para que todos os meus sonhos fossem transformados em realidade. Tenho o maior orgulho de ser filho de duas pessoas tão incríveis que me proporcionaram tantas alegrias e um aprendizado inenarrável.*

## **Agradecimentos**

*Primeiramente a Deus, meu refúgio e força, onde sempre me apoiei para continuar independente do problema.*

*Aos meus pais, Donizetti e Maria Helena, que sempre me proporcionaram todo amparo e amor que precisei.*

*Ao meu irmão, André, por todos os conselhos e amizade que me concedeu durante a vida; à minha namorada, Fernanda, a qual foi responsável por inúmeras superações pessoais e profissionais que conquistei, me mostrando a cada dia como é bom o estar cercado de pessoas que eu amo.*

*À minha adorada avó, Lourdes, que dedica tanto carinho aos netos e está sempre disposta a ajudar.*

*Ao meu padrinho, Rogério, o qual terminou de me fazer apaixonar pela mais linda das profissões, e mostrar o quanto podemos ir longe com o nosso trabalho, suor e dedicação.*

*À minha madrinha, Patrícia, um exemplo de profissional e pessoa, minha mais profunda admiração e gratidão por fazer parte da minha vida.*

*Aos meus amigos de faculdade, Bruno Vitti, Bruno Micaroni, Guilherme Pietrobon, Lucas Sicca, Renato Menoti, Staline Fatuda, Mario Rodolpho, Tiago Ameixa Tavares, Bruno Zen, Conrado Caetano, André Furlan, André Pinho, Igor Claes, Fernando Saka, Alexandre Aurélio, Henrique Giannetto.*

*Ao meu professor, Rafael Consani, por sua amizade e competência, que, com certeza, me motivaram muito na trajetória final do curso.*

*Roberta, que me acompanhou grande parte do curso, sempre disposta a me ajudar, independente da distância, e pela sua dedicação ao trabalho.*

## RESUMO

Forradores resinosos com baixo módulo de elasticidade quando aplicados sob restaurações de compósito podem reduzir os efeitos deletérios da contração de polimerização na interface de união do material restaurador com a estrutura dental devido às suas propriedades relativamente elásticas. Entretanto, devido às suas propriedades mecânicas inferiores podem reduzir a resistência da restauração a tensões mecânicas, como a mastigação. Diante desta possibilidade de efeitos antagônicos, este estudo teve como objetivo avaliar a resistência de união de e a formação de fendas restaurações de compósito confeccionadas com diferentes forradores resinosos, submetidas ou não a degradação termo-mecânica, através do teste push out e análise em Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV). Para tanto, 80 incisivos bovinos foram selecionados e desgastados vestibular e lingual até a obtenção de um bloco de dentina com 2 mm de espessura. Na região central deste bloco foi confeccionada uma cavidade cônica com auxílio da ponta diamantada #3131, acoplada em caneta de alta rotação em máquina padronizadora de preparos. Os dentes foram distribuídos em 8 grupos (n=10), segundo a técnica restauradora (G1 – técnica convencional - nenhum forramento; G2 - forramento com 3 camadas de resina hidrofoba (bond) do sistema de união Scotchbond Multi Purpose; G3 - Forramento com Fluoroshield; G4 - Forramento com Filtek Z350 flow) e protocolo de degradação (C: controle - nenhuma degradação; CTM: ciclagem termo-mecânica com 500 ciclos térmicos e 100.000 ciclos mecânicos realizados simultaneamente em máquina de ciclagem termo-mecânica Erios). Em todas as cavidades o procedimento restaurador foi padronizado: o sistema de união Single Bond 2 foi aplicado de acordo com as instruções do fabricante e o compósito Filtek P60 foi inserido em incremento único, o forramento foi realizado de acordo com o grupo. Vinte e quatro horas após o procedimento restaurador, as restaurações foram submetidas a acabamento e polimento com lixas d'água de granulação decrescente (#600 e 1200) em politriz automática. As amostras foram então submetidas ao protocolo de degradação segundo o grupo a que pertencem. Após os protocolos de degradação, uma réplica de cada restauração foi obtida em resina epóxica para avaliação das margens superficiais em MEV. Em seguida, a resistência de união foi determinada em máquina de ensaios universal Instron, com carregamento

compressivo com velocidade de 0,5 mm/min até o deslocamento da restauração. Os valores obtidos em N foram convertidos em MPa, considerando a área de união. Os dados de resistência de união e fendas superficiais foram submetidos a análise de variância (ANOVA 2 critérios) e ao teste de Tukey, com 5% de significância. Os resultados mostraram que a resistência de união e a formação de fendas não foram influenciadas pela técnica restauradora e nem pela ciclagem termo-mecânica. Todos os grupos apresentam resultados similares. Conclui-se que a utilização de forradores resinosos não melhora a adaptação superficial nem aumenta a resistência de união de restaurações de compósito. Ainda a ciclagem termo-mecânica não acarreta em efeito deletério na interface de união nas condições testadas neste estudo.

**Palavras- chave:** forradores resinosos, resistência de união, contração de polimerização

## ABSTRACT

Resin liners with low modulus of elasticity when applied under composite restorations can reduce the deleterious effects of polymerization shrinkage at the bonded interfaces of the restorative material to tooth structure due to its relatively elastic properties. However, due to their inferior mechanical properties can reduce the mechanical strength of the restoration, to chewing, for example. Given this possibility of antagonistic effects, this study aimed to evaluate the bond strength and gap formation of composite restorations with different liners, when submitted or not to thermo-mechanical degradation, using push-out bond strength test and Scanning Electron Microscopy (SEM). For this, 80 bovine incisors were selected and ground flat at buccal and lingual surfaces in order to obtain a block of dentin with 2 mm thick. At the central area of the dentin block, a conical cavity was prepared with a diamond tip # 3131, in a standard preparation machine. The teeth were distributed into eight groups (n = 10), according to the restorative technique (G1 – conventional technique – no liner; G2 – 3 layers of liner with hydrophobic resin (bond) of the adhesive system Scotchbond Multi Purpose; G3 – Lining with Fluoroshield; G4 – Lining with Filtek Z350 flow) and degradation protocol (C: control – no degradation, TMC: thermo-mechanical cycling with 500 thermal cycles and 100,000 cycles mechanical machine made simultaneously in thermo-mechanical cycling machine Erios). For all groups, the restorative procedure was standardized: the adhesive system Single Bond 2 was applied according to the manufacturer's instructions and the composite Filtek P60 was inserted in a single increment, the liner was performed in accordance with the group. Twenty-four hours after the restorative procedure, the restorations were subjected to finishing and polishing using sandpaper (# 600 and 1200) in automatic polishing. The specimens were then subjected to the protocol of degradation according to the group they belong to. Following the protocol of degradation, a replica of each restoration was obtained in epoxy resin surface for evaluation of margins in SEM. Bond strength was determined in a universal testing machine Instron, with compressive loading speed of 0.5 mm / min until the displacement of the restoration. The values obtained in N were converted into MPa, considering the bonding area. Data were submitted to two way ANOVA and Tukey's test, with 5% significance level. The results showed that the adaptation of the restorative material was neither influenced by the restorative technique, nor by the

thermo-mechanical cycling. All groups showed similar results. In conclusion, the use of resin liners neither improves marginal quality, nor increases bond strength of composite restorations. Also, thermo-mechanical cycling does not jeopardize bonding interface at the conditions tested in this study.

**Keywords:** resin liners, bond strength, polymerization shrinkage

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO / 2. REVISÃO DA LITERATURA.....	11
3. PROPOSIÇÃO .....	14
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	14
5. RESULTADOS .....	21
6 .DISCUSSÃO .....	24
7. CONCLUSÃO .....	26
REFERÊNCIAS .....	27

## 1. INTRODUÇÃO / 2. REVISÃO DA LITERATURA

A busca pela melhora das propriedades físicas e mecânicas dos compósitos odontológicos tem sido um ponto de convergência de muitos estudos na odontologia moderna. Introduzidos em meados da década de 60 para restauração de dentes anteriores, o desenvolvimento dos compósitos permitiu um aumento considerável em sua eficiência clínica, permitindo assim a expansão de sua indicação para dentes posteriores. Esta expansão da aplicação dos compósitos também é resultado de intensas pesquisas na área que aperfeiçoaram a união dos compósitos aos substratos dentais, através dos sistemas de união.

Apesar do evidente aprimoramento, a contração de polimerização ainda representa uma desvantagem considerável, que impõe dificuldades técnicas às restaurações de compósito.<sup>1, 2</sup>

A taxa de contração dos compósitos a base de metacrilato pode variar entre 1 e 3%, segundo Miyasaka e Okamura (2009).<sup>3</sup> A contração pode gerar na interface dente-restauração tensão suficiente para gerar rompimento da união e conseqüente desadaptação marginal, podendo resultar em infiltração de fluidos e bactérias na interface dente/restauração, o que pode acarretar em degradação e manchamento da interface, hipersensibilidade pós-operatória, culminando no fracasso do tratamento restaurador pela instalação de cárie recorrente ou mesmo patologias pulpares.<sup>4-6</sup> Considera-se, portanto, que o primeiro desafio ao qual a integridade marginal das restaurações em compósito é submetida é a contração de polimerização.

Em função disto, diversas técnicas para minimizar os efeitos deletérios da contração de polimerização vêm sendo propostas. Dentre elas pode-se citar o controle da configuração cavitária (Fator C),<sup>7-10</sup> a modulação da intensidade luminosa durante a fotoativação,<sup>8, 11-19</sup> técnica restauradora incremental<sup>20-22</sup> e o uso de forramento com materiais com baixo módulo de elasticidade.<sup>13, 23-30</sup> Paralelamente a isso, alterações na formulação dos compósitos e o desenvolvimento de novos materiais também vêm sendo propostos na tentativa de

controlar a contração.<sup>31</sup> Neste sentido, o mais recente avanço foi o desenvolvimento do monômero silorano, que apresenta expansão da molécula por abertura de anel durante a reação de polimerização que compensa a contração advinda da aproximação molecular pela polimerização.<sup>32, 33</sup>

Considerando a técnica restauradora que emprega o forramento cavitário com materiais com baixo módulo de elasticidade, atualmente, resinas sem carga e compósitos de baixa viscosidade têm sido aplicados para tal fim em virtude de seu baixo módulo de elasticidade e conseqüente resiliência (em relação aos compósitos restauradores), possibilidade de íntimo contato com as paredes cavitárias em função da sua baixa viscosidade, além da facilidade de aplicação. Materiais resilientes apresentam a capacidade de se deformar frente às tensões de contração de modo a minimizar a tensão que de fato incide na interface adesiva. A incorporação de modificadores reológicos nos compósitos de baixa viscosidade possibilitou aumento na deformação frente a tensões de tração, o que vem ao encontro da necessidade de deformação quando da contração do compósito restaurador mais rígido.

A literatura tem demonstrado a ambigüidade no que se refere a eficiência da técnica restauradora que emprega os compósitos de baixa viscosidade como forradores resilientes. Resultados positivos e encorajadores foram obtidos por Alonso *et al*,<sup>13, 24</sup> Correr *et al*,<sup>34</sup> Cunha *et al*,<sup>27</sup> Sadegui *et al*,<sup>35, 36</sup> Panduric *et al*,<sup>37</sup> Korkmaz *et al*,<sup>28</sup> Chuang *et al*,<sup>38</sup> Nikolaenko *et al*.<sup>9</sup> Para exemplificar, Alonso *et al*<sup>13</sup> demonstrou melhora significativa da adaptação marginal de restaurações confeccionadas com o uso de forradores resilientes; Sadeghi<sup>36</sup> observou melhor selamento de margens em cavidades classe II com a aplicação de uma camada de compósito de baixa viscosidade na parede gengival da caixa proximal; Cunha *et al*<sup>27</sup> demonstrou haver redução significativa dos valores de tensão de contração quando o compósito de baixa viscosidade foi empregado. Por outro lado, Felix *et al*,<sup>20</sup> Alonso *et al*,<sup>39</sup> Gueders *et al*,<sup>40</sup> Browning *et al*,<sup>41</sup> Lindberg *et al*,<sup>42</sup> Ziskind *et al*,<sup>43</sup> Ozgunaltay *et al*,<sup>29</sup> Miguez *et al*,<sup>44</sup> demonstraram que estes materiais não geram benefício algum ou podem apresentar efeitos negativos nas restaurações a longo prazo.

Adicionalmente à contração de polimerização falhas na interface de união também pode ser provenientes das tensões mastigatórias e variações de

temperatura na cavidade bucal.<sup>45-49</sup> E, uma vez que a aplicação dos forradores resilientes tem mostrado eficiência na redução das tensões advindas da contração de polimerização, talvez esta estratégia também possa ser utilizada para reduzir a deterioração da união das restaurações em compósito que ocorre em função das tensões termo-mecânicas.

Tensões mastigatórias podem produzir tensões assimétricas nas restaurações e interface de união, acarretando em perda de resistência de união, o que foi descrito por Jørgensen<sup>48</sup> como "percolação mecânica". Além disso, Qvist<sup>49</sup> observaram que restaurações submetidas às tensões mastigatórias do dente antagonista apresentaram maior incidência de infiltração marginal que as restaurações não sujeitas às tensões funcionais. Nesse sentido, os resultados obtidos por Nikaido *et al*<sup>47</sup> sugerem que a fadiga mecânica pode acelerar a degradação do substrato adjacente a camada híbrida. A fadiga por tensão mecânica na cavidade oral tende a enfraquecer a união do compósito restaurador à dentina, especialmente nas áreas mais profundas onde a resistência de união é menor. Além disso, deformações na restauração podem ocorrer devido à ciclagem mecânica, o que pode culminar na criação de microseparações entre na interface adesiva ou na deformação plástica dessa interface (dependendo de seu módulo de elasticidade). Portanto, deve-se considerar que se a integridade marginal durante e imediatamente após o procedimento restaurador puder ser estabelecida, a interface de união ainda pode ser degradada quando a restauração estiver em função devido às tensões mecânicas e térmicas. Abdalla & Davidson<sup>50</sup> observaram que há aumento dos níveis de microinfiltração em decorrência da ciclagem mecânica e que o módulo de elasticidade do compósito restaurador deve ser maior que o da dentina para que este possa resistir à deformação por tensões oclusais. Entretanto, deve-se considerar que materiais mais rígidos aumentam a tensão incidente na interface favorecendo a desadaptação marginal. Deste modo, a técnica restauradora com o uso de forradores resilientes em conjunto com compósitos restauradores mais rígidos parece ser uma alternativa viável para reduzir a tensão na interface (devido à característica elástica do material forrador) e evitar as deformações por carga oclusal, uma vez que o compósito restaurador apresenta módulo de elasticidade superior ao da dentina.

Assim, de acordo com a literatura pertinente, observa-se a necessidade de pesquisas com o propósito de melhorar a qualidade de união das restaurações em compósito, objetivando aumentar sua longevidade, especialmente quando estas estão sujeitas às tensões mastigatórias.

### **3. PROPOSIÇÃO**

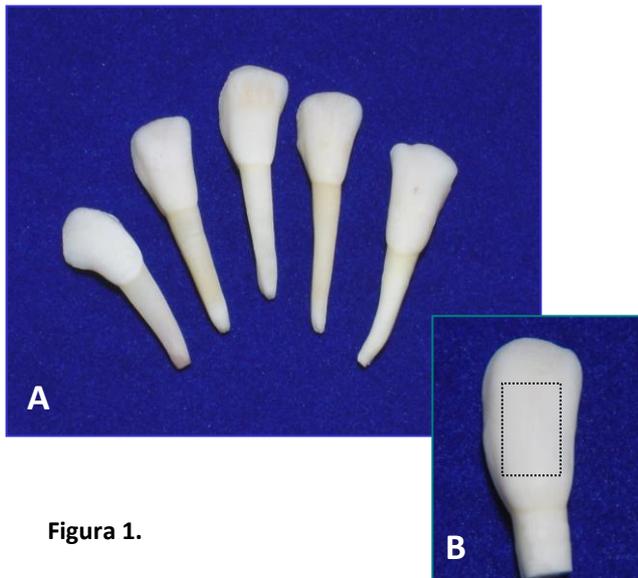
O objetivo deste estudo foi avaliar a qualidade interfacial de restaurações de compósito confeccionadas com forradores resinosos com diferentes características elásticas, submetidas ou não a degradação termo-mecânica, através da avaliação da formação de fendas e do teste de resistência de união *push out* para cavidades.

### **4. MATERIAIS E MÉTODOS**

#### **Confecção dos espécimes**

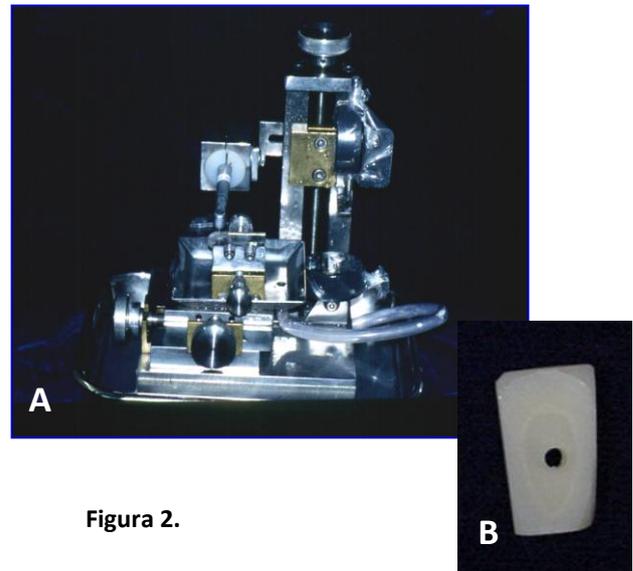
Foram selecionados 80 incisivos bovinos recém-extraídos (Figura 1A), os quais tiveram a raiz seccionada e a superfície vestibular desgastada de modo a expor uma área plana em esmalte com pelo menos 6 mm de diâmetro (Figura 1B). Considerando a área planificada, a coroa dental foi seccionada de modo a se obter um bloco com 2 mm de espessura, onde foi confeccionada uma cavidade cônica com 2,0 mm em altura, diâmetro superficial de 4,0 mm e de diâmetro de fundo de 3,0 mm (Figura 2B) com auxílio de uma ponta diamantada (#3131, KG Sorensen) acoplada em caneta de alta rotação em máquina padronizadora de preparos (Figura 2A). Nesta condição o volume da cavidade é de 19,33 mm<sup>3</sup> e o fator C é 3,6.

Após o preparo das cavidades, as amostras foram incluídas com resina acrílica em tubos de PVC de ¾ de polegada e aleatoriamente distribuídas em 4 grupos de acordo com o forrador resinoso a ser utilizado (1 – controle – nenhum forramento; 2 – forramento com 3 camadas de resina hidrofoba (bond) do sistema sistema SBMP; 3 – Forramento com Fluoroshield; 4 – Forramento com Filtek Z350 flow).



**Figura 1.**

- A) Dentes bovinos selecionados.  
 B) Secção radicular e desgaste



**Figura 2.**

- A) Máquina padronizadora de preparos cavitários.  
 B) Preparo Cavitário com formato

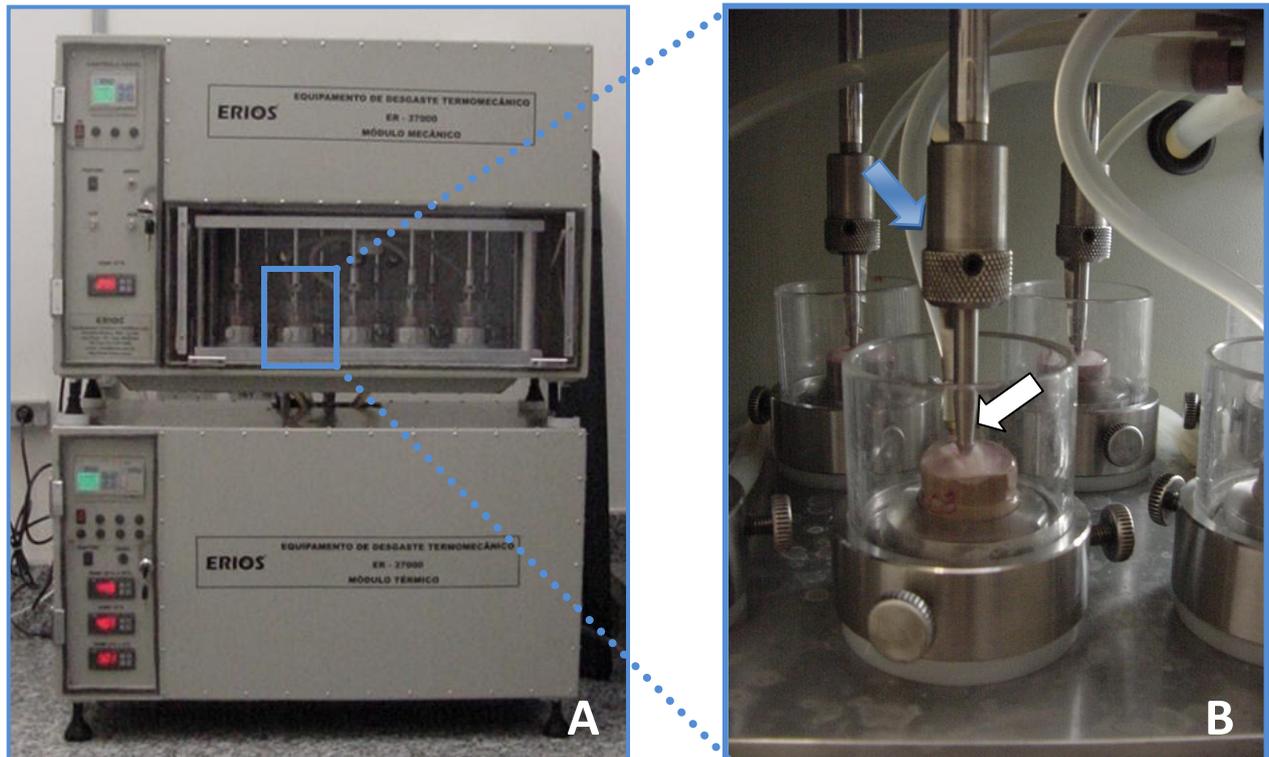
O sistema de união Single Bond 2 (3M ESPE, St Paul, EUA) foi aplicado de acordo com as instruções do fabricante e todas as cavidades foram restauradas em incremento único com o compósito P60 (3M ESPE, St Paul, EUA) e fotoativadas com aparelho LED Flash Light (Discus) com intensidade de  $1200 \text{ mW/cm}^2$  durante 20 s.

Desta forma, os procedimentos restauradores para cada grupo foram:

- 1) **Técnica convencional:** aplicação sistema de união Single Bond 2 de acordo com as instruções do fabricante e restauração da cavidade em incremento único com o compósito Filtek P60.
- 2) **Forramento com resina de menor módulo de elasticidade:** aplicação sistema de união Single Bond 2 de acordo com as instruções do fabricante, aplicação nas paredes cavitárias de 3 camadas do adesivo (*Bond*) do sistema de união Scotchbond Multi Uso com fotoativação individualizada por 10s cada e restauração da cavidade em incremento único com o compósito Filtek P60.
- 3) **Forramento com resina de módulo de elasticidade intermediário:** Aplicação sistema de união aplicação sistema de união Single Bond 2 de acordo com as instruções do fabricante, aplicação de 1 camada do selante



2) Degradação termo-mecânica: 100.000 ciclos mecânicos realizados em ambiente úmido, com frequência de 4Hz e carga de 60N e 500 ciclos térmicos com banhos de 30s a 5°C, 37°C e 55°C realizados simultaneamente em máquina de ciclagem termo-mecânica Erios (Figura 4).<sup>39, 51, 52</sup>



**Figura 4.** A – Máquina de ciclagem termo-mecânica Erios; B – Detalhe do posicionamento do espécime nos tubos de PVC dentro da máquina. A seta branca indica o pistão que incide a carga de 60N e a seta azul indica a cânula que irriga o espécime com água nas temperaturas de 5°, 37° e 55°C, sendo a temperatura alternada a cada 30s .

### **Avaliação da adaptação superficial**

Finalizados os procedimentos de degradação, os espécimes foram removidos dos tubos de PVC e, para avaliação da adaptação superficial, foi realizada moldagem das restaurações com polivinilsiloxano (Aquasil, Dentsply DeTrey, Konstanz, Germany) (Figura 4), as quais foram vazadas com resina epóxica (Buehler, Lake Buff, IL, EUA) (Figuras 5 e 6). Em seguida, as réplicas foram metalizadas (Balzers-SCD 050 Sputter Coater, Liechtenstein) (Figura 7 e 8) e

observadas em MEV (JEOL, JSM-5600LV, Scanning Electron Microscope, Japão) (Figura 9) para avaliação das margens e mensuração das fendas formadas.



Figura 4. Dispositivo para moldagem com polivinilsiloxano.



Figura 5. Resina epóxica.



Figura 6. Molde vazado em resina epóxica para obtenção da réplica.



Figura 7. Metalizador Balzers-SCD 050 Sputter Coater, Liechtenstein



Figura 8. Réplicas metalizadas das amostras para avaliação em Microscopia Eletrônica de Varredura.



Figura 9. Microscópio Eletrônico de Varredura.

## Forma de análise dos resultados – Avaliação em MEV

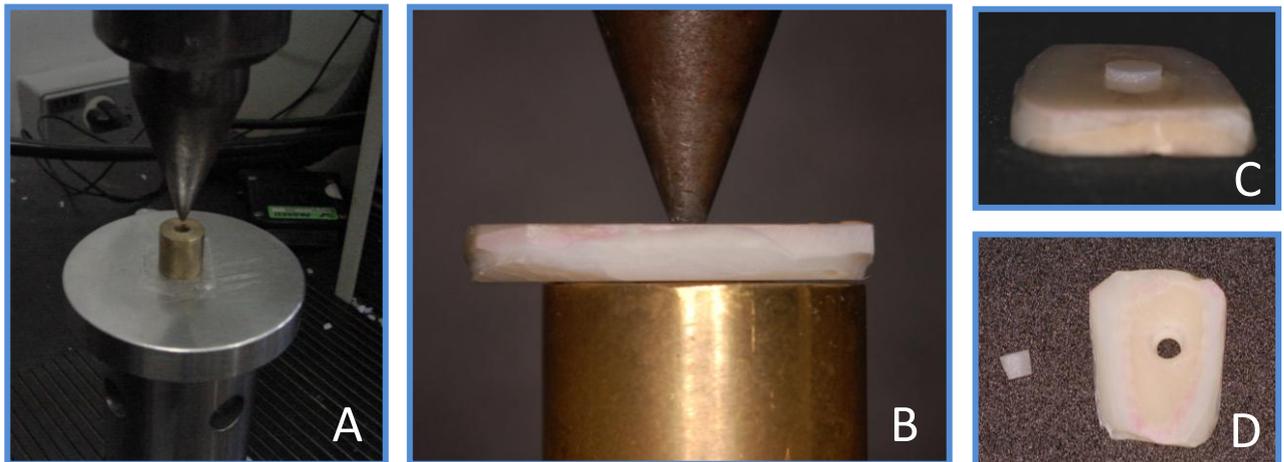
Para avaliação da adaptação superficial, inicialmente as amostras foram visualizadas com 25X de aumento, em seguida, as margens foram observadas com aumentos de até 200X para elucidar possíveis dúvidas na qualidade da margem. Em seguida, a mensuração das fendas foi feita diretamente no monitor do microscópio, utilizando a ferramenta *Multi point measuring device*, com aumento de 30X, observando-se o perímetro total das cavidades. Regiões da margem cavitária em que foi observada uma transição contínua e sem fendas entre a restauração e a estrutura dentária foram classificadas como margem perfeita, enquanto regiões que apresentaram perda de adesão interfacial, com ausência de continuidade entre a restauração e a estrutura dentária foram classificadas como fenda marginal e mensuradas. Adicionalmente, o comprimento total da margem cavitária foi medido para determinação da porcentagem de fendas.

A formação de fendas (marginais e internas) foi calculada e expressa em porcentagem do perímetro de cada cavidade, através da equação:

$$(1) \quad \% \text{ fendas} = \frac{\text{Soma das Fendas mensuradas } (\mu\text{m}) \times 100}{\text{Margem total mensurada } (\mu\text{m})}$$

## Avaliação da resistência de união – teste push

Finalizados os procedimentos de moldagem e obtenção das réplicas, a resistência de união das restaurações foi avaliada através de teste *push out* em Máquina de testes universal (Instron, modelo 4411, Buckinghamshire, Inglaterra).<sup>12</sup>  
<sup>18</sup> Para tanto, os espécimes foram posicionados na máquina através de uma peça metálica contendo um orifício central (onde o espécime é posicionado – Figura 4 A e B) adaptada à base da máquina. Na região superior da máquina foi adaptada uma ponta metálica que exerce esforço de compressão na região de fundo da restauração (região de menor diâmetro) até sua extrusão (Figura 5 C e D). A velocidade do carregamento será de 0,5 mm/min e a célula de carga utilizada será de 500 N. Os valores obtidos em N foram divididos pela área de união e, convertidos em MPa.



**Figura 5** – Teste de resistência de união *push out*. A – Dispositivos metálicos para posicionamento do espécime (parte inferior) e ponta para o carregamento compressivo (parte superior); B – Posicionamento do espécime, sendo que a face vestibular fica voltada para baixo; C – Extrusão da restauração após o teste; D – Espécime fraturado após o teste – a restauração é removida do preparo.

Após o ensaio de resistência de união, as amostras fraturadas foram observadas em uma lupa estereoscópica (Carl Zeiss) com aumento de 40X, para determinação do padrão de fratura (adesiva, mista, coesiva em dentina, coesiva em compósito, coesiva em compósito/dentina) a classificação do padrão de fratura será realizada de acordo com o padrão predominante. Esta metodologia é baseada nos estudos de Alonso *et al*<sup>12</sup> e Cunha *et al*.<sup>18</sup>

### 3.4. Análise estatística

Os dados (resistência de união e fendas marginais), foram submetidos a teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnove, sendo observada distribuição normal dos dados, os quais foram então submetidos a análise de variância – 2 critérios (considerando os fatores técnica restauradora em 4 níveis e protocolo de degradação em 2 níveis) e teste de Tukey, com nível de significância de 5%.

## 5. RESULTADOS

Os resultados de adaptação superficial estão apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1.** Média de fendas internas (%) em relação à técnica restauradora e o protocolo de degradação empregado.

Formação de fendas superficiais	Controle	Degradação Termo-mecânica
Técnica convencional	0,00 aA	0,08 aA
3 camadas de adesivo	0,14 aA	0,03 aA
Forramento Fluoroshield	0,03 aA	0,00 aA
Forramento Filtek Z350 Flow	0,00 aA	0,00 aA

Letras diferentes minúsculas em coluna e maiúsculas em linha indicam diferença significativa de acordo com o Teste de Kruskal Wallis, com nível de significância de 5%.

De acordo com a Tabelanas 2, observa-se que também não houve diferença significativa entre os grupos considerando a formação de fendas superficiais. A degradação termo-mecânica não gerou aumento significativo na formação de fendas. Também, não houve diferença entre as técnicas restauradoras, tanto na situação controle, como após a ciclagem termo-mecânica. É importante ressaltar que a maior parte dos espécimes de todos os grupos não apresentou fendas nas margens superficiais (Figura 10). Na figura 11, uma fotomicrografia de uma restauração com presença de fenda superficial pode ser observada.

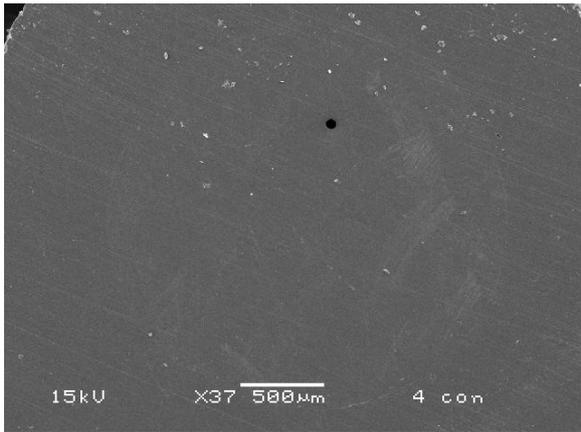


Figura 10. Fotomicrografia mostrando restauração com selamento superficial perfeito.

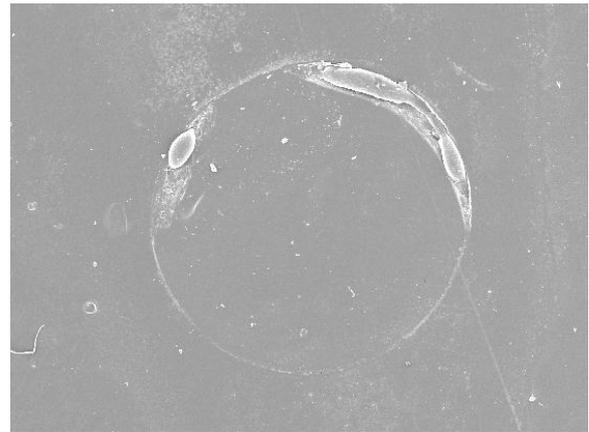


Figura 11. Fotomicrografia mostrando restauração com presença de fenda superficial.

Os resultados de resistência de união *push out* obtidos estão apresentados na Tabela 1.

**Tabela 2.** Média de resistência de união (MPa) em relação à técnica restauradora e o protocolo de degradação empregado.

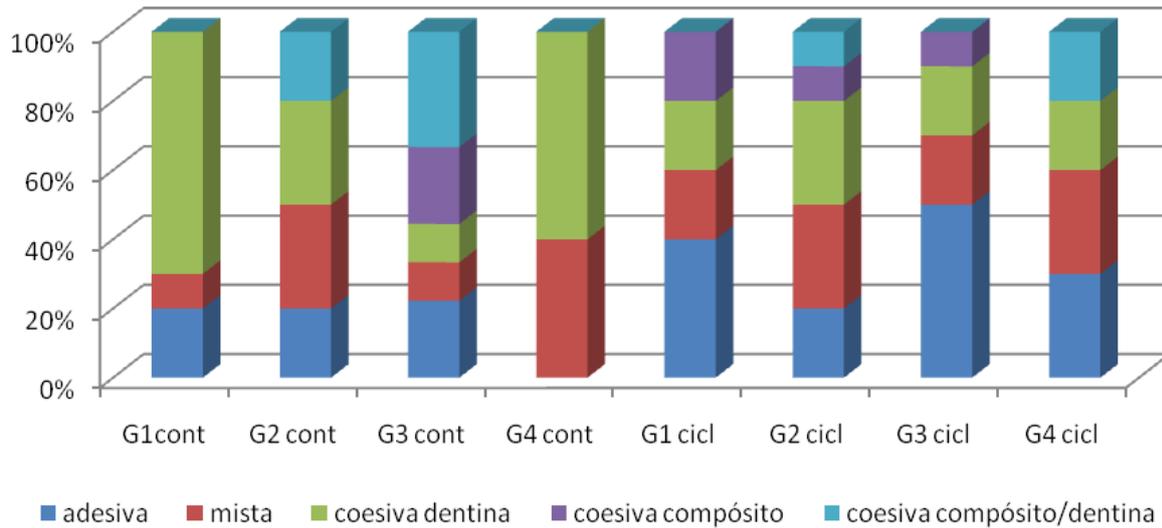
Resistência de união	Controle	Degradação Termo-mecânica
Técnica convencional	20,12 aA	21,15 aA
3 camadas de adesivo	18,34 aA	22,40 aA
Forramento Fluoroshield	17,98 aA	18,67 aA
Forramento Filtek Z350 Flow	22,53 aA	20,47 aA

Letras diferentes minúsculas em coluna e maiúsculas em linha indicam diferença significativa de acordo com o Teste de Kruskal Wallis, com nível de significância de 5%.

De acordo com a Tabela 2, observa-se que não houve diferença significativa entre os grupos considerando a resistência de união. A degradação termo-mecânica não gerou redução significativa da resistência de união. Também, não houve

diferença entre as técnicas restauradoras, tanto na situação controle, como após a ciclagem termo-mecânica.

A distribuição dos padrões de fratura está apresentada no gráfico 1.



De acordo com o gráfico 1, observa-se uma distribuição bastante variada do padrão de fratura para todos os grupos. Observa-se tb uma tendência de maior incidência de falhas adesivas para os grupos submetidos à ciclagem termo-mecânica, enquanto que nos grupos controle houve maior incidência de falhas coesivas, tanto em dentina quanto em compósito. Adicionalmente, pode-se notar que o grupo 4 (forramento com Filtek Z350 flow) não apresentou falhas adesivas, além de um alta prevalência de falhas coesivas em dentina.

## 6 .DISCUSSÃO

O sucesso de um tratamento restaurador adesivo direto encontra-se em função da sua capacidade de manter a estabilidade e a integridade adesiva. Esta capacidade se evidencia na resistência à microinfiltração marginal e na permanência da restauração na cavidade (Larson 2005).

A boa adaptação marginal das restaurações em compósito odontológico é um fator importante para seu sucesso clínico. A qualidade e durabilidade da adaptação influenciam na estética e a longevidade dessas restaurações. A falta de selamento nas restaurações em compósito pode acarretar em infiltração marginal, que é a passagem de fluidos bucais e/ou bactérias na interface dente–restauração, favorecendo o aparecimento de cárie recorrente, manchamento e sensibilidade pós-operatória, afetando dessa forma, a durabilidade das restaurações. (KIDD, 1976).

Entretanto, testes de microinfiltração não têm sido aceitos como preditores de falhas nas restaurações. Nesse sentido a determinação da presença de fendas parece ser mais confiável, uma vez que as fendas são consideradas o primeiro sinal de falha, podendo ser clinicamente evidenciada pelo manchamento marginal (ALONSO ET AL., 2004; DIETSCHI ET AL.,1993). Assim, a identificação das primeiras alterações marginais poderia facilitar o prognóstico da longevidade das restaurações em compósito.

Neste estudo, considerando-se a formação de fendas nas margens externas, não houve diferença significativa entre os grupos, independente da técnica restauradora ou do protocolo de degradação empregado. A grande maioria dos espécimes mostrou perfeito selamento destas margens. Isso pode ser atribuído ao sucesso do procedimento adesivo, que, de acordo com Robinson PB, Moore BK, Swartz ML, é o fator determinante da formação de fendas em restaurações de compósito. Além disso, deve-se considerar a geometria favorável da cavidade utilizada neste estudo, uma vez que esta apresenta face livre onde normalmente seria observada a parede pulpar. Estudos tem apontado que a região da parede pulpar é o local de maior incidência de fendas (CORRER ET AL., 2005). Neste sentido, as tensões de contração puderam ser aliviadas pela área livre da restauração, uma

vez que tal área permite maior liberação dessas tensões pela maior possibilidade alteração volumétrica nesse local.

Assim, os resultados deste estudo sugerem a efetividade de todas as técnicas restauradoras testadas, proporcionando restaurações sem a presença de fendas marginais e com resistência adesiva satisfatória. Portanto, uma vez que as diferentes técnicas restauradoras apresentam resultados similares, apresentando características de resistência de união e adaptação superficial adequadas, fica a critério da indicação clínica a utilização ou não de forradores resinosos. Porém, deve-se ter em mente que a complexidade do procedimento de aplicação do forramento pode aumentar o tempo clínico e incorporar erros devido ao aumento de etapas no processo restaurador

O efeito adverso da ciclagem térmica sobre as restaurações advém da diferença entre os coeficientes de expansão térmica da estrutura dental e do compósito resinoso, o que pode acarretar em um comportamento diferente frente às variações de temperatura. Neste sentido, quando submetidos a baixas temperaturas, os compósitos (maior coeficiente de expansão térmica) poderiam contrair mais que a estrutura dental (menor coeficiente de expansão térmica), o que favoreceria o aparecimento ou a propagação das fendas ao longo da margem cavitária e interface de união e reduziria a resistência de união do material restaurador às paredes cavitárias. Também são relatados efeitos deletérios associados com a alteração do volume das fendas pela variação da temperatura gerando um fluxo cíclico de fluídos para dentro e fora das fendas. Neste estudo, os espécimes foram submetidos a 500 ciclos térmicos e as temperaturas extremas de 5 e 55 °C foram selecionadas por serem as mais frequentemente encontradas na literatura e por serem compatíveis com a temperatura em que bebidas frias e quentes, respectivamente, são consumidas. O banho intermediário a 37 °C foi introduzido com base na temperatura corporal, para evitar o choque térmico pelas temperaturas extremas, uma vez que este choque dificilmente ocorreria em condições clínicas. O efeito do estresse mecânico ocorre devido à diferença de módulo de elasticidade entre os componentes da interface adesiva, os quais podem proporcionar diferentes graus de deformação elástica ou plástica, criando desta maneira microseparações entre o piso da cavidade e a camada de adesivo (Nikaido *et al*, 2002). Esta deformação é

de aproximadamente 0,1 a 1  $\mu\text{m}/\text{kg}$  (Jorgensen, 1976), sendo que o estresse se concentra principalmente entre o adesivo e o topo da camada híbrida. Apesar disso, neste estudo, nenhum efeito da ciclagem termo-mecânica foi observado, o que mais uma vez pode ser atribuído a qualidade da interface adesiva promovida pelo sistema de união empregado e também pela geometria da cavidade, que favoreceu a dissipação das tensões.

Assim, os resultados do presente estudo apontam que a realização da ciclagem termo-mecânica não é unicamente o fator determinante da degradação da interface de união, e que fatores como a conformação da cavidade, o número de ciclos, a maneira e a magnitude como uma força é aplicada, podem gerar resultados discrepantes entre os estudos.

## **7. CONCLUSÃO**

Com base dos resultados obtidos pôde-se concluir que:

1. A utilização de forradores resinosos não melhora a adaptação superficial nem aumenta a resistência de união de restaurações de compósito quando comparada à técnica restauradora convencional.
2. A ciclagem termo-mecânica não acarreta em efeito deletério na interface de união nas condições testadas neste estudo.

## REFERÊNCIAS

1. Alomari Q, Ajlouni R, Omar R. Managing the polymerization shrinkage of resin composite restorations: a review. *SADJ* 2007;62(1):12, 14, 16 passim.
2. Cabrera E, de la Macorra JC. Polymerization shrinkage influences microtensile bond strength. *J Dent Res* 2007;86(3):227-231.
3. Miyasaka T, Okamura H. Dimensional change measurements of conventional and flowable composite resins using a laser displacement sensor. *Dent Mater J* 2009;28(5):544-551.
4. Cox CF. Evaluation and treatment of bacterial microleakage. *Am J Dent* 1994;7(5):293-295.
5. Kidd EA. Microleakage: a review. *J Dent* 1976;4(5):199-206.
6. Hannig C, Kupilas FJ, Wolkewitz M, Attin T. [Validity of decision criteria for replacement of fillings]. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 2009;119(4):328-338.
7. Cunha LG, Alonso RC, Neves AC, de Goes MF, Ferracane JL, Sinhoreti MA. Degree of conversion and contraction stress development of a resin composite irradiated using halogen and LED at two C-factor levels. *Oper Dent* 2009;34(1):24-31.
8. Cunha LG, Alonso RC, Pfeifer CS, Correr-Sobrinho L, Ferracane JL, Sinhoreti MA. Contraction stress and physical properties development of a resin-based composite irradiated using modulated curing methods at two C-factor levels. *Dent Mater* 2008;24(3):392-398.
9. Nikolaenko SA, Lohbauer U, Roggendorf M, Petschelt A, Dasch W, Frankenberger R. Influence of c-factor and layering technique on microtensile bond strength to dentin. *Dent Mater* 2004;20(6):579-585.
10. Watts DC, Satterthwaite JD. Axial shrinkage-stress depends upon both C-factor and composite mass. *Dent Mater* 2008;24(1):1-8.

11. Alonso RC, Correr GM, Cunha LG, De Moraes Souto Pantoja CA, Puppini-Rontani RM, Sinhoreti MA. Modulated photoactivation methods--effect on marginal and internal gap formation of restorations using different restorative composites. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 2007;82(2):346-351.
12. Alonso RC, Cunha LG, Correr GM, Cunha Brandt W, Correr-Sobrinho L, Sinhoreti MA. Relationship between bond strength and marginal and internal adaptation of composite restorations photocured by different methods. *Acta Odontol Scand* 2006;64(5):306-313.
13. Alonso RC, Cunha LG, Correr GM, De Goes MF, Correr-Sobrinho L, Puppini-Rontani RM, et al. Association of photoactivation methods and low modulus liners on marginal adaptation of composite restorations. *Acta Odontol Scand* 2004;62(6):298-304.
14. Alves EB, Alonso RC, Correr GM, Correr AB, de Moraes RR, Sinhoreti MA, et al. Transdental photo-activation technique: hardness and marginal adaptation of composite restorations using different light sources. *Oper Dent* 2008;33(4):421-425.
15. Cunha LG, Alonso RC, de Souza-Junior EJ, Neves AC, Correr-Sobrinho L, Sinhoreti MA. Influence of the curing method on the post-polymerization shrinkage stress of a composite resin. *J Appl Oral Sci* 2008;16(4):266-270.
16. Cunha LG, Alonso RC, Pfeifer CS, Correr-Sobrinho L, Ferracane JL, Sinhoreti MA. Modulated photoactivation methods: Influence on contraction stress, degree of conversion and push-out bond strength of composite restoratives. *J Dent* 2007;35(4):318-324.
17. Chan DC, Browning WD, Frazier KB, Brackett MG. Clinical evaluation of the soft-start (pulse-delay) polymerization technique in Class I and II composite restorations. *Oper Dent* 2008;33(3):265-271.
18. Cunha LG, Alonso RC, Correr GM, Brandt WC, Correr-Sobrinho L, Sinhoreti MA. Effect of different photoactivation methods on the bond strength of composite resin restorations by push-out test. *Quintessence Int* 2008;39(3):243-249.
19. Goncalves F, Calheiros FC, Witzel MF, Kawano Y, Braga RR. Effect of photoactivation protocol and radiant exposure on monomer conversion and flexural

strength of a resin composite after water and ethanol storage. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 2007;82(1):89-92.

20. Felix SA, Gonzalez-Lopez S, Mauricio PD, Aguilar-Mendoza JA, Bolanos-Carmona MV. Effects of filling techniques on the regional bond strength to lateral walls in Class I cavities. *Oper Dent* 2007;32(6):602-609.

21. He Z, Shimada Y, Sadr A, Ikeda M, Tagami J. The effects of cavity size and filling method on the bonding to Class I cavities. *J Adhes Dent* 2008;10(6):447-453.

22. Park J, Chang J, Ferracane J, Lee IB. How should composite be layered to reduce shrinkage stress: incremental or bulk filling? *Dent Mater* 2008;24(11):1501-1505.

23. Alomari QD, Reinhardt JW, Boyer DB. Effect of liners on cusp deflection and gap formation in composite restorations. *Oper Dent* 2001;26(4):406-411.

24. Alonso RC, Cunha LG, Correr GM, Puppini-Rontani RM, Correr-Sobrinho L, Sinhoreti MA. Marginal adaptation of composite restorations photoactivated by LED, plasma arc, and QTH light using low-modulus resin liners. *J Adhes Dent* 2006;8(4):223-228.

25. Cho E, Chikawa H, Kishikawa R, Inai N, Otsuki M, Foxton RM, et al. Influence of elasticity on gap formation in a lining technique with flowable composite. *Dent Mater J* 2006;25(3):538-544.

26. Chuang SF, Jin YT, Lin TS, Chang CH, Garcia-Godoy F. Effects of lining materials on microleakage and internal voids of Class II resin-based composite restorations. *Am J Dent* 2003;16(2):84-90.

27. Cunha LG, Alonso RC, Sobrinho LC, Sinhoreti MA. Effect of resin liners and photoactivation methods on the shrinkage stress of a resin composite. *J Esthet Restor Dent* 2006;18(1):29-36; discussion 36-27.

28. Korkmaz Y, Ozel E, Attar N. Effect of flowable composite lining on microleakage and internal voids in Class II composite restorations. *J Adhes Dent* 2007;9(2):189-194.

29. Ozgunaltay G, Gorucu J. Fracture resistance of class II packable composite restorations with and without flowable liners. *J Oral Rehabil* 2005;32(2):111-115.
30. Yazici AR, Baseren M, Dayangac B. The effect of flowable resin composite on microleakage in class V cavities. *Oper Dent* 2003;28(1):42-46.
31. Jandt KD, Sigusch BW. Future perspectives of resin-based dental materials. *Dent Mater* 2009;25(8):1001-1006.
32. Eick JD, Kotha SP, Chappelow CC, Kilway KV, Giese GJ, Glaros AG, et al. Properties of silorane-based dental resins and composites containing a stress-reducing monomer. *Dent Mater* 2007;23(8):1011-1017.
33. Ilie N, Jelen E, Clementino-Luedemann T, Hickel R. Low-shrinkage composite for dental application. *Dent Mater J* 2007;26(2):149-155.
34. Correr GM, Bruschi Alonso RC, Puppini-Rontani RM, Correr-Sobrinho L, Coelho Sinhoreti MA. Marginal and internal adaptation of composite restorations using a resin liner on deproteinized substrate. *Acta Odontol Scand* 2005;63(4):227-232.
35. Sadeghi M, Lynch CD. The effect of flowable materials on the microleakage of Class II composite restorations that extend apical to the cemento-enamel junction. *Oper Dent* 2009;34(3):306-311.
36. Sadeghi M. Influence of flowable materials on microleakage of nanofilled and hybrid Class II composite restorations with LED and QTH LCUs. *Indian J Dent Res* 2009;20(2):159-163.
37. Panduric V, Demoli N, Tarle Z, Sariri K, Mandic VN, Knezevic A, et al. Visualization of marginal integrity of resin-enamel interface by holographic interferometry. *Oper Dent* 2007;32(3):266-272.
38. Chuang SF, Jin YT, Liu JK, Chang CH, Shieh DB. Influence of flowable composite lining thickness on Class II composite restorations. *Oper Dent* 2004;29(3):301-308.

39. Alonso RC, Vieira EB, Correr GM, Cunha LG, Correr-Sobrinho L, Sinhoreti MA. Effect of mechanical loading on microleakage of resin composite restorations lined with low modulus materials. *Oral Science* 2005;1(1):23-28.
40. Gueders AM, Charpentier JF, Albert AI, Geerts SO. Microleakage after thermocycling of 4 etch and rinse and 3 self-etch adhesives with and without a flowable composite lining. *Oper Dent* 2006;31(4):450-455.
41. Browning WD, Myers ML, Chan DC, Downey MC, Pohjola RM, Frazier KB. Performance of 2 packable composites at 12 months. *Quintessence Int* 2006;37(5):361-368.
42. Lindberg A, van Dijken JW, Horstedt P. In vivo interfacial adaptation of class II resin composite restorations with and without a flowable resin composite liner. *Clin Oral Investig* 2005;9(2):77-83.
43. Ziskind D, Adell I, Teperovich E, Peretz B. The effect of an intermediate layer of flowable composite resin on microleakage in packable composite restorations. *Int J Paediatr Dent* 2005;15(5):349-354.
44. Miguez PA, Pereira PN, Foxton RM, Walter R, Nunes MF, Swift EJ, Jr. Effects of flowable resin on bond strength and gap formation in Class I restorations. *Dent Mater* 2004;20(9):839-845.
45. Momoi Y, Iwase H, Nakano Y, Kohno A, Asanuma A, Yanagisawa K. Gradual increases in marginal leakage of resin composite restorations with thermal stress. *J Dent Res* 1990;69(10):1659-1663.
46. Cenci MS, Pereira-Cenci T, Donassollo TA, Sommer L, Strapasson A, Demarco FF. Influence of thermal stress on marginal integrity of restorative materials. *J Appl Oral Sci* 2008;16(2):106-110.
47. Nikaido T, Kunzelmann KH, Chen H, Ogata M, Harada N, Yamaguchi S, et al. Evaluation of thermal cycling and mechanical loading on bond strength of a self-etching primer system to dentin. *Dent Mater* 2002;18(3):269-275.
48. Jorgensen KD. Some observations on silicate cement. *Acta Odontol Scand* 1970;28(1):117-127.

49. Qvist V. The effect of mastication on marginal adaptation of composite restorations in vivo. *J Dent Res* 1983;62(8):904-906.
50. Abdalla AI, Davidson CL. Effect of mechanical load cycling on the marginal integrity of adhesive Class I resin composite restorations. *J Dent* 1996;24(1-2):87-90.
51. Bedran-de-Castro AK, Pereira PN, Pimenta LA, Thompson JY. Effect of thermal and mechanical load cycling on microtensile bond strength of a total-etch adhesive system. *Oper Dent* 2004;29(2):150-156.
52. Gale MS, Darvell BW. Thermal cycling procedures for laboratory testing of dental restorations. *J Dent* 1999;27(2):89-99.
53. KEMP-SCHOLTE CM, DAVIDSON CL. Complete marginal seal of class V resin composite restoration effected by increased flexibility. *J Dent Res*, v.69, p.1240-1243, 1990.
54. JØRGENSEN KD. Some observations on silicate cement. *Acta Odontol Scand*,v.28, p.117-127, 1970.
55. QVIST V. The effect of mastication on marginal adaptation of composite restorations in vivo. *J Dent Res*, v.62, p.904-906, 1983.
56. ALONSO RCB. Efeito dos métodos de fotoativação e de forradores resinosos na adaptação marginal de restaurações em compósito. 136p. Piracicaba, 2003. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de odontologia de Piracicaba, Universidade Estadual de Campinas.
57. PEREIRA O. Influência da resina composta de baixa viscosidade no selamento marginal em restaurações de compósito odontológico. 120p. Piracicaba, 2000. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de odontologia de Piracicaba, Universidade Estadual de Campinas.
58. SWIFT JR EJ, TRIOLO JR PT, BARKMEIER WW. Effect of low-viscosity resins on the performance of dental adhesives. *Am J Dent*, v.9, p.100-104, 1996.
59. CUNHA LG. Efeito de diferentes métodos de fotoativação e materiais forradores resinosos sobre a tensão gerada pela contração de polimerização de um compósito

odontológico. 126p. Piracicaba, 2003. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de odontologia de Piracicaba, Universidade Estadual de Campinas.

60. ALONSO R. C. B., SINHORETI M. A. C., CORRER SOBRINHO L., CONSANI S., GOES M. F. Effect of resin liners on the microleakage of class V dental composite restorations. *J Appl Oral Sci*, v.12(1), p.56-61, 2004.

61. Cunha LG, Alonso RC, Pfeifer CS, Correr-Sobrinho L, Ferracane JL, Sinhoreti MA. Modulated photoactivation methods: Influence on contraction stress, degree of conversion and push-out bond strength of composite restoratives. *J Dent* 2007;35(4):318-324.

63. NIKAIDO T, KUNZELMANN KH, CHEN H, OGATA M, HARADA N, YAMAGUCHI S, COX CF, HICKEL R, TAGAMI J. Evaluation of thermal cycling and mechanical loading on bond strength of a self-etching primer system to dentin. *Dent Mat*, v.18, p.269-275, 2002.

64. Nikaido T, Kunzelmann KH, Chen h, Ogata M, Harada N, Yamaguchi S, et al. Evaluation of thermal cycling and mechanical loading on Bond trength of a self-etching primer system to dentin. *Dente Mater*.2002; 18(3):269-75.

65. Bredan-de-Castro AKB, Cardoso PEC, Ambrosano GMB, Pimenta LAF. Thermal and mechanical load cycling on microleakage and shear Bond strength to dentin. *Oper Dent* 2004; 29(1): 42-8.

66. Rocha RO. Influencia das ciclagens termica, mecanica e de pJ na Resistencia de união de sistema adesivos à dentina de dentes decíduos.[tese]. São Paulo. Universidade de São Paulo, Faculdade de Odontologia; 2004.

67. Robinson PB, Moore BK, Swartz ML. Comparison of microleakage in direct and indirect composite resin restorations in vitro. *Oper Dent*. 1987 Summer; 12(3):113-6.