



CENTRO DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA  
CURSO DE MESTRADO EM ODONTOLOGIA  
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM DENTÍSTICA

**ALEXANDRE MORAIS**

**EFEITO DO PRÉ-AQUECIMENTO DE CIMENTOS RESINOSOS DE DUPLA-  
ATIVÇÃO NA RESISTÊNCIA DE UNIÃO DE RESTAURAÇÕES INDIRETAS DE  
COMPÓSITO**

GUARULHOS

2010

**ALEXANDRE MORAIS**

**EFEITO DO PRÉ-AQUECIMENTO DE CIMENTOS RESINOSOS DE  
DUPLA-ATIVAÇÃO NA RESISTÊNCIA DE UNIÃO DE  
RESTAURAÇÕES INDIRETAS DE COMPÓSITO**

Dissertação apresentada à Universidade Guarulhos para obtenção do título de Mestre em Odontologia, Área de Concentração em Dentística.

Orientador: Prof. Dr. Cesar A. Galvão Arrais

Co-orientador: Prof. Dr. André Figueiredo Reis

GUARULHOS

2010

Morais, Alexandre

M827e Efeito do pré-aquecimento de cimentos resinosos de dupla-ativação na resistência de união de restaurações indiretas de compósito/ Alexandre Moraes. Guarulhos, 2010.

44 f. ; 31 cm

Dissertação (Mestrado em Odontologia, área de concentração em Dentística) - Centro de Pós-Graduação e Pesquisa, Universidade Guarulhos, 2010.

Orientador: Prof. Dr. César Augusto Galvão Arrais

Co-orientador: Prof. Dr. André Figueiredo Reis

Bibliografia: f. 35-37

1. Dentística. 2. Cimentos resinosos duais. 3. Microtração. 4. Polimerização I. Título. II. Universidade Guarulhos.

CDD 22<sup>st</sup> 617.675



A Comissão Julgadora dos trabalhos de Defesa de Dissertação de MESTRADO, intitulada "EFEITO DO PRÉ-AQUECIMENTO DE CIMENTOS RESINOSOS DE DUPLA-ACTIVAÇÃO NA RESISTÊNCIA DE UNIÃO DE RESTAURAÇÕES INDIRETAS DE COMPÓSITO" em sessão pública realizada em 23 de Fevereiro de 2010, considerou o candidato Alexandre Morais aprovado.

**COMISSÃO EXAMINADORA:**

1. Prof. Dr. César Augusto Galvão Arrais (UnG) *César A. Galvão Arrais*

2. Prof. Dr. Edson Alves de Campos (UNESP) *Edson Alves de Campos*

3. Prof. Dr. Marcelo Giannini (UNICAMP) *Marcelo Giannini*

Guarulhos, 23 de Fevereiro de 2010.

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho aos meus pais, Carlos e Lurdes, pelo incessante apoio e incentivo durante todas as fases de estudo e trabalho da minha vida. Desde a minha infância sempre foram a base do que me tornei e o motivo de minha persistência.

À minha esposa Jacqueline pela participação contínua, compreensão e paciência durante toda essa fase de estudos. Sem o seu convívio e amor especial nada disso teria sido alcançado.

## **AGRADECIMENTOS ESPECIAIS**

À minha irmã Erika e meu cunhado Fábio, pelo apoio e palavras de incentivo nos momentos difíceis.

Aos parceiros de profissão Claudio Osiris, Claudio Sato, Hélio Dutra, Erika e Breno Mont'Alverne, Marcos Kiriata e Adriano Sapata que, além de me incentivarem a iniciar essa nova fase, sempre estiveram presente durante a caminhada.

Ao grande amigo e colega José Zacarias de Paula pelo auxílio nos preparativos para a realização do estudo.

A Deus por ter me concedido saúde, sabedoria e pessoas fundamentais para a concretização desse estudo.

## **AGRADECIMENTOS**

À Universidade Guarulhos, por permitir condições satisfatórias para a concretização do Curso de Mestrado em Odontologia.

Aos coordenadores do Programa de Mestrado e Doutorado em Odontologia da Universidade Guarulhos, Magda Feres e Luciene Figueiredo, pela competência e muito trabalho na busca do melhor na condução de todo o curso.

Ao Professor César Augusto Galvão Arrais pela extrema eficiência, dedicação e humildade durante esses dois anos. Em especial pela paciência e profissionalismo na condução desse nosso trabalho.

Ao Professor André Figueiredo Reis pelo auxílio científico em todas as fases de execução do trabalho.

Aos Professores do Mestrado, José Augusto Rodrigues, Alessandra Cassoni, Marcelo de Faveri, Poliana Duarte e Jamil Shibli pelos ensinamentos no decorrer do curso.

À grande amiga e dupla Camila Esteves por toda sua competência e dedicação em nossos casos clínicos durante esses dois anos.

Aos amigos do Mestrado e Doutorado da Dentística, Flávio França, Alline Kazzas, Eduardo Leonetti, Fernando Feitosa e Rodrigo Sversuti pelo convívio, pelas horas boas e pelas difíceis.

Aos amigos do Mestrado da Periodontia, Rafael, Felipe Brilhante e Fábio Borges pela convivência nesses dois anos.

A todos aqueles que auxiliaram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.

“... buscai antes o Reino de Deus e a sua justiça e todas as coisas vos serão dadas  
por acréscimo”

Lucas 12, 31



## RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos do pré-aquecimento de cimentos resinosos polimerizados na resistência à tração por meio do método de microtração (MTBS) de restaurações indiretas à dentina. Superfícies oclusais de dentina de 40 terceiros molares humanos foram expostas e aplainadas. Os dentes foram divididos em 8 grupos ( $n = 5$ ) de acordo com a temperatura dos cimentos resinosos (25°C e 50°C), modos de polimerização (fotoativação ou autopolimerização) e produtos [Excite DSC / Variolink II (VII) e XP Bond / Calibra (Cal)]. Adesivos foram aplicados nas superfícies dentinárias de acordo com as instruções dos fabricantes. Para os materiais pré-aquecidos, os cimentos resinosos e os discos de resina pré-polimerizados (2 mm de espessura / TPH-Spectrum) foram aquecidos a 50°C previamente à mistura sobre uma superfície aquecida de um agitador mecânico. Os cimentos resinosos foram misturados e aplicados nos discos de resina composta, que posteriormente foram aderidos às superfícies dentinárias. O material foi foto-ativado de acordo com instruções do fabricante (PP / Optilux 501), ou foi deixado para autopolimerizar (AP). Em seguida, os dentes restaurados foram armazenados em umidade relativa de 100% a 37°C por 7 dias e foram ambos seccionados mesio-distalmente e buco-lingualmente para obtenção de múltiplos 'palitos' (aproximadamente 1 mm<sup>2</sup> de área transversal). Cada amostra foi testada em tensão a uma velocidade de 1 mm/min até o momento da fratura. Os dados (MPa) foram analisados por ANOVA três fatores e teste Tukey ( $\alpha = 5\%$ ). Os padrões de fratura dos espécimes testados foram analisados usando lupa estereoscópica. VII pré-aquecido mostrou MTBS superior ao VII à 25°C, independentemente do modo de ativação ( $p = 0,02476$ ). Não houve diferença significativa entre Cal à 50°C e Cal à 25°C, independentemente do modo de ativação. A utilização de cimentos resinosos duais com o aumento da temperatura pode melhorar a resistência de união de restaurações indiretas à dentina. No entanto, os efeitos do aumento da temperatura de cimento são produto-dependentes.

**Palavras-chave:** cimentos resinosos duais, ensaio de microtração, temperatura, restauração indireta

## ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the effects of resin cements polymerized with increased temperature on microtensile bond strength ( $\mu$ TBS) of indirect restorations to dentin. Occlusal dentin surfaces of 40 human third molars were exposed and flattened. Teeth were assigned to 8 groups ( $n=5$ ) according to the temperature of the resin cements ( $25^{\circ}\text{C}$  or  $50^{\circ}\text{C}$ ), polymerizing modes (dual- or self-curing modes), and products [(Excite DSC/Variolink II (VII) and XP Bond / Calibra (Cal)]. Bonding agents were applied to dentin surfaces according to manufacturers' instructions. For pre-heated materials, resin cements were heated to  $50^{\circ}\text{C}$  on a heated stirrer surface prior to mixture. Resin cements were mixed and applied to pre-polymerized resin discs (2-mm thick/TPH-Spectrum), which were subsequently bonded to the dentin surfaces. The restored teeth were light-cured according to manufacturers' instructions (Optilux 501), or were allowed to self-cure. Restored teeth were stored in relative humidity at  $37^{\circ}\text{C}$  for 7 days and were both mesio-distally and bucco-lingually sectioned to obtain multiple bonded beams (approximately  $1\text{ mm}^2$  of cross-sectional area). Each specimen was tested in tension at a crosshead speed of  $1\text{ mm/min}$  until failure. Data (MPa) were analyzed by 3-way ANOVA and Tukey's post-hoc test (pre-set alpha of 5%). Failure patterns of tested specimens were analyzed using stereoscopic microscope. Pre-heated VII showed higher  $\mu$ TBS than VII at  $25^{\circ}\text{C}$  regardless of activation mode ( $p=0.02476$ ). No significant difference in  $\mu$ TBS was noted between Cal at  $50^{\circ}\text{C}$  and Cal at  $25^{\circ}\text{C}$  regardless of activation mode. The use of dual-cured resin cements with increased temperature may improve bond strength of indirect restorations to dentin. However, the effects of increased cement temperature were product-dependent.

**Keywords:** Dual-cured resin cements, Microtensile bond strength, temperature, indirect restoration

## SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA .....	11
2. PROPOSIÇÃO .....	14
3. METODOLOGIA E RESULTADOS .....	15
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	35
ANEXOS.....	38

## 1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

Restaurações indiretas em metal, cerâmica ou compósito necessitam ser unidas ao dente por meio de um agente cimentante. Frente às exigências estéticas, a odontologia vem optando por restaurações diretas em compósitos e indiretas em compósitos ou cerâmica ao invés das metálicas. O uso dos cimentos resinosos está presente não somente na cimentação de restaurações indiretas tipo *metal-free*, como também na cimentação de *brackets* ortodônticos, pinos metálicos ou de fibras, e próteses parciais adesivas. Sendo assim, o desenvolvimento de cimentos resinosos com propriedades mecânicas superiores às do cimento de fosfato de zinco é um dos fatores mais importantes para se garantir a longevidade dessas restaurações.

A retenção de restaurações convencionais indiretas e próteses fixas podem ser melhoradas com o uso dos cimentos resinosos (EL-MOWAFY et al., 1996). A indicação e utilização dessas restaurações indiretas em cerâmicas odontológicas ou compósitos têm crescido consideravelmente nos últimos anos. Além da melhora nas propriedades mecânicas desses materiais restauradores, como o aumento na resistência ao desgaste, na resistência à compressão e flexão (LEINFELDER, 2005, MANHART et al., 2004, VAN DIJKEN, 1994), o desenvolvimento e aprimoramento dos sistemas de cimentação (agentes de união/cimentos resinosos) contribuiu para uma melhor união das restaurações indiretas à estrutura dental, promovendo maior segurança aos clínicos no momento da cimentação (INOKOSHI et al., 1993, SJOGREN et al., 1995). A obtenção de uma união efetiva entre os materiais e os tecidos dentários duros tem sido um dos principais objetivos de investigação de muitos pesquisadores (CARVALHO et al., 2004, FUSAYAMA et al., 1979, GIANNINI et al., 2004, REIS et al., 2003). Para se garantir o sucesso do procedimento restaurador indireto, é interessante que os agentes cimentantes sejam biocompatíveis, cariostáticos e capazes de selar as margens da restauração, além de apresentar propriedades mecânicas adequadas (DE LA MACORRA and PRADIES, 2002, LEINFELDER, 2005, MANHART et al., 2004).

Sendo assim, a utilização de cimentos resinosos na cimentação de peças protéticas tem aumentado consideravelmente, por apresentarem algumas vantagens como baixa solubilidade, consistência e espessura da película adequada, propriedades mecânicas melhores do que as apresentadas pelos cimentos

convencionais como o fosfato de zinco, adesão otimizada às estruturas dentais e aos materiais restauradores e reduzida microinfiltração (CAUGHMAN et al., 2001, FONSECA et al., 2005, LEINFELDER, 2005, ROSENSTIEL et al., 1998).

A maioria dos cimentos resinosos é composta por uma matriz de resina de Metacrilato Diglicidil Bisfenol A (Bis-GMA) ou de dimetacrilato uretano (UDMA) reforçada com partículas inorgânicas em diferentes concentrações. Os cimentos resinosos podem ser classificados em fotopolimerizáveis, autopolimerizáveis, ou duais, os quais apresentam tanto componentes fotopolimerizáveis como autopolimerizáveis. A escolha dentre essa classificação é primariamente baseada na sua utilização. Na comparação entre estes diferentes tipos de cimentos, os fotopolimerizáveis oferecem vantagens clínicas de maior tempo e melhor controle do tempo de trabalho e maior estabilidade de cor (BRAUER et al., 1979, ROSENSTIEL et al., 1998). Entretanto, o uso dos cimentos apenas fotopolimerizáveis está limitado às situações em que a espessura e a cor da restauração indireta não afetam drasticamente a transmissão da luz para polimerizar o cimento, como cimentação de facetas ou incrustações muito finas (BREEDING et al., 1991, CHAN and BOYER, 1989, LEE et al., 2008). Os cimentos resinosos duais são indicados quando, no processo restaurador, a opacidade do material a ser cimentado pode atenuar ou inibir a luz fotoativadora que alcança o cimento (ARRAIS et al., 2008, BRAGA et al., 2002, MYERS et al., 1994).

Nessas situações, a intensidade de luz que chega até o cimento pode ser suficiente para iniciar o processo de polimerização, mas um iniciador autopolimerizável é necessário para contribuir para que ocorra a polimerização mesmo quando a luz fotoativadora é severamente atenuada ao atravessar a restauração indireta. Estudos sugerem que a passagem da luz é possível somente quando a espessura do material restaurador indireto é menor que três milímetros (EL-BADRAWY e EL-MOWAFY, 1995, EL-MOWAFY e RUBO, 2000). Procedimentos restauradores nos condutos radiculares e cimentação de peças protéticas são exemplos de indicações de cimentos que apresentem também autopolimerização, uma vez que a ativação pela luz é deficiente (CAUGHMAN et al., 2001).

Tem sido mostrado que resinas compostas aquecidas a uma temperatura entre 40-60°C previamente à polimerização apresentam maior grau de conversão quando comparadas às mesmas resinas quando polimerizadas em temperatura ambiente

(DARONCH et al., 2005, DARONCH et al., 2006). Alguns autores atribuem esse aumento no grau de conversão à diminuição na viscosidade do material, aumentando a mobilidade de radicais livres e a cinética de polimerização dos compósitos (DARONCH et al., 2005, DARONCH et al., 2006, TRUJILLO et al., 2004). Diferenças significantes a esse respeito têm sido levantadas entre a temperatura de estocagem em refrigeração e a temperatura intraoral (DARONCH et al., 2005, DARONCH et al., 2006). Os compósitos estocados em refrigeração obtiveram valores de conversão mais baixos. Ainda com menos tempo de exposição da fonte ativadora, o compósito aquecido teve resultados maiores de conversão do que o compósito em temperatura ambiente (DARONCH et al., 2005). No entanto, ainda são poucos os trabalhos que têm avaliado os efeitos do pré-aquecimento de cimentos resinosos de dupla-ativação na resistência de união de restaurações indiretas em dentina (CANTORO et al., 2009, CANTORO et al., 2008). Uma vez que maior grau de conversão tem efeitos positivos em várias propriedades mecânicas de materiais resinosos, como dureza de superfície, resistência flexural e módulo de flexão, resistência à fratura, resistência à tensão e resistência ao desgaste (FERRACANE, 1985, FERRACANE et al., 1998, PEUTZFELDT, 1995), é esperado que características como resistência à fratura e resistência à tração sejam melhoradas com o pré-aquecimento dos cimentos resinosos.

## **2. PROPOSIÇÃO**

O objetivo desse estudo foi analisar os efeitos do pré-aquecimento de cimentos resinosos de dupla ativação na resistência de união desses sistemas de cimentação entre dentina e restaurações indiretas de resina composta. A hipótese de pesquisa foi que o pré-aquecimento dos cimentos aumenta a resistência de união quando o cimento é fotoativado ou autopolimerizado.

### **3. METODOLOGIA E RESULTADOS**

A presente dissertação está baseada no artigo “Effects of Pre-Heating of Dual-Cured Resin Cements on Tensile Bond Strength of Indirect Restoration to Dentin”



**EFFECTS OF PRE-HEATING OF DUAL-CURED RESIN CEMENTS ON TENSILE BOND STRENGTH OF SIMULATED INDIRECT RESTORATION TO DENTIN**

Alexandre Morais<sup>a</sup>, Alline Rachid dos Santos<sup>b</sup>, Andre Figueiredo Reis<sup>c</sup>, Cesar Augusto Galvao Arrais<sup>c</sup>

<sup>a</sup>DDS, Graduate Student, Department of Operative Dentistry, Guarulhos University, Praça Tereza Cristina, 229, Guarulhos, SP, 07023-070, Brazil

<sup>b</sup>Undergraduate Student, Department of Operative Dentistry, Guarulhos University, Praça Tereza Cristina, 229, Guarulhos, SP, 07023-070, Brazil

<sup>c</sup>DDS, MS, PhD, Assistant professor, Department of Operative Dentistry, Guarulhos University, Praça Tereza Cristina, 229, Guarulhos, SP, 07023-070, Brazil

**Corresponding Author:**

César Augusto Galvão Arrais  
Department of Operative Dentistry, Guarulhos University  
Praça Tereza Cristina, 229  
Guarulhos, SP - 07023-070  
Brazil  
Phone: +55 11 2464-1758

**ABSTRACT**

The aim of this study was to evaluate the effects of resin cements polymerized with increased temperature on microtensile bond strength ( $\mu$ TBS) of indirect restorations to dentin. Occlusal dentin surfaces of 40 human third molars were exposed and flattened. Teeth were assigned to 8 groups ( $n=5$ ) according to the temperature of the resin cements ( $25^{\circ}\text{C}$  or  $50^{\circ}\text{C}$ ), polymerizing modes (dual- or self-curing modes), and products [(Excite DSC/Variolink II (VII) and XP Bond / Calibra (Cal)]. Bonding agents were applied to dentin surfaces according to manufacturers' instructions. For pre-heated materials, resin cements were heated to  $50^{\circ}\text{C}$  on a heated stirrer surface prior to mixture. Resin cements were mixed and applied to pre-polymerized resin discs (2-mm thick/TPH-Spectrum), which were subsequently bonded to the dentin surfaces. The restored teeth were light-cured according to manufacturers' instructions (Optilux 501), or were allowed to self-cure. Restored teeth were stored in relative humidity at  $37^{\circ}\text{C}$  for 7 days and were both mesio-distally and bucco-lingually sectioned to obtain multiple bonded beams (approximately  $1\text{ mm}^2$  of cross-sectional area). Each specimen was tested in tension at a crosshead speed of  $1\text{ mm/min}$  until failure. Data (MPa) were analyzed by 3-way ANOVA and Tukey's post-hoc test (pre-set alpha of 5%). Failure patterns of tested specimens were analyzed using stereoscopic microscope. Pre-heated VII showed higher  $\mu$ TBS than VII at  $25^{\circ}\text{C}$  regardless of activation mode ( $p=0.02476$ ). No significant difference in  $\mu$ TBS was noted between Cal at  $50^{\circ}\text{C}$  and Cal at  $25^{\circ}\text{C}$  regardless of activation mode. The use of dual-cured resin cements with increased temperature may improve bond strength of indirect restorations to dentin. However, the effects of increased cement temperature were product-dependent.

**Keywords:** Dual-cured resin cements, Microtensile bond strength, Temperature, Indirect restoration

## INTRODUCTION

The use of indirect ceramic/composite restorations has increased considerably in the last years. Besides the improved mechanical properties, such as resistance to wear, flexural and compressive strength, in comparison to direct restorative materials,<sup>1-3</sup> indirect restorations can be reliably bonded to the prepared tooth with cementing systems (bonding agents / resin cements). For this reason, clinicians have trusted on the bonding procedures for indirect restorations.<sup>4,5</sup> In order to ensure a successful indirect restoration, the cement must present proper mechanical properties, biocompatibility, cariostatic effects, and ability of sealing the restoration margins.<sup>1,2,6</sup> Resin cements are widely applied for luting the indirect restoration to tooth because of their low solubility, proper consistence and film thickness, better mechanical properties than conventional cements, bonding to both tooth and restorative material, and lower microleakage.<sup>1,7-9</sup>

Resin cements can be classified according to their activation mode, so three types of resin cements are available: light-, self-, and dual-cured resin cements. Light-cured products depend exclusively on curing light to polymerize and have as advantages the working time controlled by the clinician and better color stability.<sup>9,10</sup> However, the use of light-cured resin cements is limited to the clinical situations where the translucency of the indirect restoration does not severely attenuate the curing light that reaches the resin cement layer.<sup>11,12</sup> On the other hand, dual-cured resin cements have both light- and self-curing components to ensure proper polymerization of the resin cement when curing light is attenuated or even totally blocked by the indirect restoration.<sup>13-15</sup> In these clinical situations, the self-curing components can continue the polymerization that was poorly initiated by the curing light reaching the resin cement layer at low intensity.<sup>15-17</sup> However, some studies have demonstrated that the self-curing components are not as effective as the light-curing components to provide proper polymerization.<sup>13-17</sup>

Recently, some studies have shown that pre-heating of resin composites at 40-60°C leads to higher degree of conversion (DC) than composites polymerized at room temperature even when the pre-heated composites were exposed to curing light for a shorter period than that recommended by the manufacturers.<sup>18,19</sup> Daronch et al.<sup>18,19</sup> attributed the higher DC values to the decrease in resin viscosity before curing, which in turn would allow increased free radical mobility. Therefore, it is

reasonable to assume that pre-heated dual-cured resin cements would show higher degree of conversion than the same materials polymerized at room temperature. As monomer conversion is directly related mechanical properties of polymers,<sup>20-22</sup> improved bond strength of indirect restorations to dentin would be expected even when the curing light is totally blocked by the indirect restoration and the cure of resin cement layer depends mostly on the self-curing mode. However, few studies have evaluated the effects of pre-heating resin cements on bond strength of indirect restorations to dentin.<sup>23,24</sup>

Therefore, the aim of the current study was to evaluate the effects of pre-heating dual-cured resin cements on the bond strength of indirect restorations to dentin. The research hypothesis was that pre-heated resin cements provide higher bond strength to dentin than cements at room temperature regardless of the activating mode.

## **MATERIALS AND METHODS**

### ***Indirect restorative procedures***

Forty freshly extracted, human third molars were used in this study. The research protocol was approved by the Human Assurance Committee of Guarulhos University (90/09). Teeth were stored in saturated thymol (Symrise GmbH & Co, Holzminden, Germany) at 5°C for no longer than 3 months. Teeth were sectioned perpendicular to their long axis using diamond double face discs (7020, KG sorensen, SP, Brazil) to expose middle-depth occlusal dentin surface. The exposed dentin surfaces were wet ground (APL 4; Arotec, Cotia, SP, Brazil) with 600-grit SiC papers (Carborundum, Saint-Gobain Abrasivos, Guarulhos, SP, Brazil) to create a flat surface with standard smear layer.

Forty pre-cured, photo-polymerized composite resin discs (2-mm thick and 10 mm in diameter – A2 shade – TPH Spectrum, Dentsply Caulk, Milford, Del, USA) were prepared to simulate overlying laboratory-processed composite resin restorations. One surface of each pre-cured resin disc was airborne-particle abraded with 50 µm aluminum oxide particles (Asfer Indústria Química LTDA, São Caetano do Sul, SP, Brazil) for 10 s (distance from the tip: 1.5 cm) (Microjato Puls, Bio-Art, São Carlos, SP, Brazil). The dentin surfaces were acid etched with 35% phosphoric acid (Brazil Dentsply, Rio de Janeiro, RJ, Brazil) for 15 s, thoroughly water-rinsed, and excess water was removed with absorbent paper. Two dual-cured cementing systems were used (Table 1): Excite DSC/ Variolink II (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) and XP Bond / Calibra (Dentsply Caulk, Milford, Del, USA). Adhesive systems were applied and light-activated according to manufacturers' instructions. The resin cements were applied at 25°C or 50°C, and were subjected to two activating modes, dual- and self-curing mode, so 8 experimental groups were evaluated (n=5). For the experimental groups with resin cements heated to 50°C, base and catalyst pastes of resin cements were equally dispensed on a glass plate laying on heating stirrer surface (Cientec, Piracicaba, SP, Brazil) set at 50°C. The cement and glass plate temperatures were constantly measured with a K-type thermocouple (SmartMether, Novus, Porto Alegre, RS, Brazil) to ensure that base and catalyst pastes reached 50°C. The pre-polymerized composite resin disc was also placed on the heated plate until its temperature reached 50°C, so both resin cement and indirect restoration had the same temperature during cementation. For

experimental groups with resin cements at 25°C, base and catalyst pastes of resin cements were equally dispensed on a glass plate at 25°C. Base and paste were mixed and applied to the airborne-particle abraded surface of the pre-polymerized composite resin discs, which were positioned and fixed to the adhesive-coated dentin surface under load of 500 g.

The restored teeth were either exposed to curing light (dual-cured groups) or were allowed to self-cure (self-cured groups). When the cementing materials were light-cured through the indirect restoration, the composite disc was positioned and fixed to the adhesive-coated dentin surface under load of 500 g for 5 seconds and the light-curing unit tip was positioned against the composite resin disc for 40 seconds (power density: 600 mW/cm<sup>2</sup>, Optilux 501; Demetron Kerr, Danbury, CA, USA). The light intensity of the curing unit was constantly measured with a radiometer (Cure Rite, Dentsply Caulk). For restored teeth that were allowed to self-cure, the composite disc was positioned and fixed to the adhesive-coated dentin surface under load of 500 g for 5 min. A 3-mm thick layer of auto-polymerizing composite resin (Alpha Plast, DFL Indústria e Comércio S.A., Rio de Janeiro, RJ, Brazil) was placed on the untreated, polymerized composite resin surface to facilitate specimen gripping during microtensile testing. For groups using the self-curing mode, the auto-polymerizing composite resin was applied on the composite resin disc only after the auto-polymerization reaction of the cement had passed (5 min).