

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE ODONTOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA  
MESTRADO

DIEGO FABRIS FERREIRA DA SILVA

**EFEITO DO ULTRASSOM NA RESISTÊNCIA DE UNIÃO DE CIMENTOS  
RESINOSOS AUTOADESIVOS À DENTINA**

Profa. Dra. Ana Maria Spohr  
Orientadora

Porto Alegre

2012

DIEGO FABRIS FERREIRA DA SILVA

**EFEITO DO ULTRASSOM NA RESISTÊNCIA DE UNIÃO DE CIMENTOS  
RESINOSOS AUTOADESIVOS À DENTINA**

Dissertação apresentada à Faculdade de Odontologia da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Odontologia, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Odontologia - Área de concentração em Dentística Restauradora.

Orientadora: Profa. Dra. Ana Maria Spohr

Porto Alegre  
2012

DIEGO FABRIS FERREIRA DA SILVA

**EFEITO DO ULTRASSOM NA RESISTÊNCIA DE UNIÃO DE CIMENTOS  
RESINOSOS AUTOADESIVOS À DENTINA**

Dissertação apresentada à Faculdade de Odontologia da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Odontologia, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Odontologia - Área de concentração em Dentística Restauradora.

BANCA EXAMINADORA:

---

Profa. Dra. Ana Maria Spohr – PUCRS

---

Prof. Dr. Eduardo Galia Reston – ULBRA

---

Profa. Dra. Rejane Maria Holderbaum – PUCRS

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais, João Cláudio e Gilca, por tudo que me ensinaram até hoje e por sempre me incentivarem a ir em busca dos meus objetivos.

Aos meus irmãos, Cláudia e Joner, pelos bons exemplos e pela cumplicidade que sempre fizeram parte da nossa família.

À minha noiva, Carolina, pela compreensão e carinho presente em todos os instantes.

À minha sogra, Lucila, que sempre me ouviu e me deu força.

À minha orientadora, Ana Maria, pela disponibilidade e dedicação na orientação desse trabalho. Por todo conhecimento transmitido e também por me cobrar resultado toda vez que houvesse algum desânimo.

Ao professor Luis Henrique pelos ensinamentos muito proveitosos na clínica e no meu estágio docente.

Ao professor José Antônio Poli de Figueiredo, coordenador do curso de Pós-Graduação em Odontologia da PUCRS, por sua competência.

Aos funcionários da secretaria de Pós-Graduação, Ana, Carlos, Davenir e Marcos, pela gentileza e prontidão.

A CAPES que me proporcionou a bolsa que custeou meus estudos.

À minha colega Fernanda Montini, pelo companheirismo e amizade ao longo do curso.

A todos que de alguma forma participaram dessa etapa que está sendo concluída.

“O único lugar onde o êxito chega antes do trabalho é no dicionário.”  
Vidal Sassoon

## RESUMO

O objetivo desse estudo foi avaliar a influência da vibração ultrassônica na resistência de união de cimentos resinosos autoadesivos à dentina. Vinte e quatro dentes terceiros molares foram divididos aleatoriamente em quatro grupos (n=6/grupo): G1 – RelyX Unicem; G2 – Maxcem Elite; G3 – RelyX Unicem com vibração ultrassônica; G4 – Maxcem Elite com vibração ultrassônica. Blocos de resina composta foram cimentados sobre dentina plana com carga de 500 g por 2 min, seguido de fotoativação nos G1 e G2. Em G3 e G4, a vibração ultrassônica foi aplicada por 20 s sobre o bloco de resina composta, seguido de carga de 500 g por 1 min e 40 s e fotoativação. Após armazenagem em água destilada a 37° C por 24 h, seis conjuntos dente/resina foram cortados paralelamente ao longo eixo do dente, nos sentidos x e y, com secção de aproximadamente 0,8 mm<sup>2</sup>. Foram obtidos 24 corpos de prova para cada grupo, sendo então submetidos ao teste de resistência à microtração (R<sub>µt</sub>) em máquina de ensaio universal com velocidade de 0,5 mm/min. De acordo com Análise de Variância Fatorial, as variáveis tipo de cimento resinoso (p=0,000) e tipo de cimentação (p=0,002) foram significativas. A interação das duas variáveis não foi significativa (p=0,676). De acordo com o teste t-student (α=0,05) a média de R<sub>µt</sub> com uso da vibração ultrassônica (13,74 MPa) foi estatisticamente superior sem aplicação da vibração ultrassônica (10,57 MPa)). A média de R<sub>µt</sub> do RelyX Unicem (13,95 MPa) foi estatisticamente superior ao Maxcem Elite (10,36 MPa). A vibração ultrassônica aumentou a resistência de união dos cimentos resinosos autoadesivos RelyX Unicem e Maxcem Elite à dentina.

Palavras-chave: dentina, resistência de união, cimentos, ultrassom.

## ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the influence of ultrasonic application on bond strength of self-adhesives resin cements to dentin. Twenty-four third molars were randomly divided into 4 groups (n=6/group): G1 - Rely X Unicem; G2 – Maxcem Elite; G3 – RelyX Unicem and ultrasonic application; G4 – Maxcem Elite and ultrasonic application. Composite resin blocks were luted to flat dentin with a load of 500 g for 2 min, followed by light polymerization in G1 and G2. In G3 and G4, the ultrasonic device was applied for 20 s on the composite resin block, followed by 500 g load for 1 min and 40 s, and light polymerization. After storage in distilled water at 37°C for 24 h, six tooth/resin sets were cut parallel to the long axis of the tooth, in the x and y directions, with a section of about 0.8 mm<sup>2</sup>. Twenty-four specimens were obtained to each group, and submitted to microtensile bond strength ( $\mu$ TBS) test in an universal testing machine at 0,5 mm/min crosshead speed. According to two-way ANOVA, type of cement factor ( $p=0.000$ ) and type of luting factor ( $p=0.002$ ) were significant. The interaction was not significant ( $p=0.676$ ). According to student-t test ( $\alpha=0.05$ ), the  $\mu$ TBS mean with ultrasonic application (13.74 MPa) was statistically higher than without this treatment (10.57 MPa). The  $\mu$ TBS mean of RelyX Unicem (13.95 MPa) was statistically higher than Maxcem Elite (10.36 MPa). The ultrasonic application increased the  $\mu$ TBS of the RelyX Unicem and Maxcem Elite to dentin.

Keywords: dentin, bond strength, cements, ultrasound.

## LISTA DE FIGURAS, TABELAS E QUADRO

Figura 1: Superfície plana em dentina.....	32
Figura 2a: Procedimento de cimentação do bloco de resina composta com o dispositivo específico para este procedimento.....	34
Figura 2b: Vista aproximada da cimentação do bloco de resina composta.....	34
Figura 3: Corpo-de-prova posicionado na matriz de microtração.....	36
Figura 4a: Falha do tipo mista, dentina.....	39
Figura 4b: Falha do tipo mista, cimento resinoso .....	39
Quadro 1: Materiais empregados no estudo.....	31
Tabela 1: Resultados da Análise de Variância Fatorial.....	38
Tabela 2: Valores de resistência à microtração.....	39



## LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

%	Porcentagem
µm	Micrometro
°C	Grau Celsius
α	Nível de significância
CIV	Cimento de lônomo de Vidro
cm	Centímetro
et al.	Abreviatura de et allii (e outros)
EDX	Espectometria de energia dispersiva por raio x
g/mm <sup>2</sup>	Gramas por milímetro quadrado
GPDM	Glicerol dimetacrilato de éster fosfórico
h	Hora
Kg	Quilogramas
min	Minutos
mm	Milímetro
mm <sup>2</sup>	Milímetro quadrado
mm/min	Milímetro por minuto
MEV	Microscopia eletrônica de varredura
MET	Microscopia eletrônica de transmissão
MPa	Mega Pascal
mW/cm <sup>2</sup>	Miliwatt por centímetro quadrado
N	Newton
n	Número de corpos-de-prova
nº	Número
p	Valor de probabilidade
pH	Potencial de Hidrogênio
psi	Medida de pressão ou libra por polegada quadrada
PUCRS	Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul
rpm	Rotações por Minuto
Rµt	Resistência à microtração
s	Segundos

T	<i>Tags</i> de resina
X	Vêzes
XPS	Espectroscopia de fotoelétrons por raios X

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
2 OBJETIVOS.....	14
3 REVISÃO DA LITERATURA.....	15
3 a VIBRAÇÃO ULTRASSÔNICA.....	15
3 b CIMENTOS E TRATAMENTO DE SUPERFÍCIE.....	19
4 MATERIAIS E MÉTODOS.....	31
4.1 MATERIAIS.....	31
4.2 MÉTODO.....	31
4.2.1 Obtenção dos corpos de prova.....	31
4.2.2 Ensaio de Microtração.....	36
4.2.3 Análise Estatística.....	37
5 RESULTADOS.....	38
6 DISCUSSÃO.....	40
7 CONCLUSÃO.....	45
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	46
ANEXOS.....	48

## 1 INTRODUÇÃO

Os cimentos resinosos ganharam grande popularidade nos últimos anos devido às suas propriedades mecânicas (resistência à compressão, baixa solubilidade, maior resistência ao desgaste), estética e possibilidade de união a materiais restauradores quando comparados com os cimentos convencionais. Os cimentos resinosos podem ser classificados de acordo com o tamanho das partículas de carga, a viscosidade e a forma de polimerização. Estes podem ser ativados quimicamente, fotoativados ou duais (BURKE, 2005).

Os cimentos resinosos convencionais apresentam maior complexidade na técnica de aplicação pelo fato de estarem associados a um sistema adesivo. Com o objetivo de simplificar os procedimentos clínicos diminuindo o número de passos e, assim, a sensibilidade da técnica, os cimentos resinosos autoadesivos passaram a ganhar preferência (GORACCI *et al.*, 2006; CHAIYABUTR; KOIS, 2008 LÜHRS *et al.*, 2010; PAVAN *et al.*, 2010).

Alguns estudos evidenciaram que cimentos resinosos autoadesivos interagem superficialmente com o esmalte e com a dentina, havendo uma menor resistência de união destes materiais aos substratos dentários quando comparado com a técnica tradicional de fixação adesiva (DE MUNCK *et al.*, 2004; YANG *et al.*, 2006). Desta forma, a união destes materiais ocorre basicamente com a *smear layer*. Para melhorar esta união, tem sido sugerido o condicionamento com ácido fosfórico do esmalte (DUARTE *et al.*, 2008). No entanto, sobre a dentina, este condicionamento é prejudicial para a efetividade

da união, provavelmente pela inadequada infiltração do cimento resinoso na rede de fibras colágenas (DE MUNCK *et al.*, 2004).

Visando aumentar a união dos cimentos resinosos autoadesivos ao substrato dentário, outros tratamentos foram testados, como o emprego do ácido poliacrílico sobre a dentina previamente ao procedimento de cimentação. Estudos evidenciaram que o ácido poliacrílico remove a *smear layer* sem desmineralizar a dentina (ARAÚJO *et al.*, 1998) e favorece uma melhor união destes cimentos resinosos ao substrato dentinário (TONIAL *et al.*, 2010; PAVAN *et al.*, 2010).

Outra variação na técnica de cimentação é o emprego da vibração ultrassônica durante o procedimento de cimentação. Este procedimento afeta as propriedades tixotrópicas dos cimentos, levando à redução na viscosidade dos mesmos (YU *et al.*, 1995) e, conseqüentemente, melhor umedecimento e adaptação de cimentos resinosos ao substrato dental (SCHMIDLIN *et al.*, 2005). Para o CIV, a vibração ultrassônica reduziu as porosidades internas do material (COLDEBELLA; SANTOS-PINTO; ZUANON, 2011), aumentou a temperatura do cimento e acelerou a presa, proporcionando maior resistência de união ao substrato dentário (ALGERA *et al.*, 2005). Em relação aos cimentos resinosos autoadesivos, seria interessante verificar o efeito da vibração ultrassônica durante o procedimento de cimentação sobre a capacidade de união destes materiais à dentina.

Este trabalho partiu da hipótese nula de que a vibração ultrassônica não influencia na resistência de união dos cimentos resinosos autoadesivos à dentina.

## **2 OBJETIVOS**

Avaliar a resistência de união dos cimentos resinosos autoadesivos à dentina, com e sem aplicação de vibração ultrassônica no momento da cimentação, por meio da metodologia de microtração.

### 3 REVISÃO DE LITERATURA

A revisão de literatura foi dividida em dois capítulos: a) artigos sobre aplicação da vibração ultrassônica; b) artigos sobre cimentos e tratamento de superfície.

#### **a) Vibração ultrassônica**

Yu *et al.* (1995) investigaram o efeito de três diferentes métodos de aplicação de carga sobre a espessura de película do cimento de fosfato de zinco, cimento de ionômero de vidro (CIV), resina composta e policarboxilato. No grupo controle, os cimentos foram colocados entre duas placas de vidro e receberam carga estática de 15 Kg. No grupo experimental, os cimentos receberam carga estática de 15 Kg seguido de três diferentes métodos de aplicação de carga dinâmica pelo tempo de 30 s: a) simulação de paciente abrindo e fechando a boca para ocluir; b) aplicação de vibração com dispositivo que transmite corrente elétrica; c) aplicação de vibração ultrassônica. Os resultados mostraram que as três cargas dinâmicas reduziram a espessura dos cimentos, sendo a vibração ultrassônica o método mais efetivo.

Nomoto e McCabe (2001) avaliaram o efeito do método de mistura dos CIV sobre a resistência à compressão e a formação de porosidades. Foi empregada a mistura manual do pó e do líquido, e a mistura utilizando cápsulas que são osciladas em equipamento de alta frequência. A mistura manual forneceu menores valores de resistência à compressão. Porosidades foram incorporadas em todas as amostras, e baixos valores de resistência à

compressão foram associadas com amostras que continham poros maiores. Os autores concluíram que a resistência dos CIV é afetada pela incorporação de porosidades, sendo esta dependente do método de mistura empregado.

Towler *et al.* (2001) verificaram o efeito da vibração ultrassônica sobre a presa do CIV Fuji IX. Metade das amostras recebeu vibração ultrassônica e, a outra metade, não recebeu este procedimento. A dureza superficial foi avaliada por meio da metodologia de nano-edentação. Os resultados mostraram que a aplicação do ultrassom aumentou a dureza superficial do CIV, especialmente nas primeiras 24 h. Os autores comentaram que uma rápida reação de presa reduz o tempo de atendimento clínico.

Em 2001, Cantoro *et al.* estudaram, *in vitro*, a influência da aplicação ultrassônica sobre a resistência de união e na adaptação marginal de *inlays* cimentadas com cimentos resinosos autoadesivos. Foram confeccionadas restaurações indiretas classe II em terceiros molares usando resina composta. As amostras foram divididas aleatoriamente em dois grupos (n=28) de acordo com o material de cimentação. Metade das amostras foram cimentados sob uma carga estática, enquanto que, a outra metade, sob vibração ultrassônica. As *inlays* foram cimentados utilizando os cimentos resinosos G-Cem (automix e cápsula) e RelyX Unicem (clicker e Aplicap). Foram obtidos corpos de prova em forma de palitos para o ensaio de resistência à microtração e corpos de prova para análise em MEV. Os resultados mostraram que a resistência à microtração foi influenciada pela técnica de cimentação, sendo maiores os valores quando empregada a vibração ultrassônica. A análise em MEV revelou estrutura homogênea e redução das porosidades para ambos os cimentos resinosos devido à aplicação ultrassônica.



Schimidlin *et al.* (2005) investigaram o efeito da inserção manual e da inserção com o uso da vibração ultrassônica em *inlays* classes I empregando três resinas compostas com diferentes viscosidades (Tetric Flow1, Tetric1 e Tetric Ceram1). Foram estudadas as seguintes variáveis: tempo de assentamento, espessura de película, e distribuição das partículas dentro dos materiais. Inicialmente, as cargas médias para inserção manual e com vibração ultrassônica foram medidas usando o compósito de alta viscosidade (Tetric ceram). Estas cargas foram então aplicadas em todos os compósitos para avaliar o tempo necessário para o assentamento da *inlay*. A espessura de película foi analisada usando MEV, e a distribuição de carga (porcentagem em peso de silício, bário e itérbio) utilizando a espectroscopia de energia dispersiva. Os resultados mostraram que a vibração ultrassônica reduziu a média de carga necessária para o assentamento da *inlay* em comparação com a inserção manual. O compósito de maior viscosidade demorou mais tempo para ter o assentamento pleno da peça, seguido da média e da baixa viscosidade. Quando as *inlays* foram inseridas com vibração ultrassônica, nenhuma diferença entre os compósitos de alta e média viscosidade foi observada em comparação à baixa viscosidade. A maior espessura de película foi registrada para o compósito de alta viscosidade com inserção manual. No entanto, quando utilizada a vibração ultrassônica, não houve diferença na espessura de película entre os compósitos de diferentes viscosidades. Não houve também diferença significativa na distribuição da carga entre os grupos experimentais. Concluíram que compósitos de alta viscosidade podem ser usados em combinação com a vibração ultrassônica para o assentamento de *inlays*.

Em 2005, Algera *et al.* verificaram a influência da aplicação ultrassônica e do calor na reação de presa dos CIV e na resistência de união deste material ao esmalte quando usado para a cimentação de bráquetes. Foram utilizados os CIV Fuji IX Fast, além dos modificados por resina Fuji Orto LC e Fuji Plus. Foram analisadas três diferentes formas de presa: a) de acordo com as recomendações do fabricante; b) com 60 s de aplicação de calor; c) com 60 s de aplicação ultrassônica. Os resultados mostraram que o calor e a vibração ultrassônica reduziram significativamente o tempo de presa e aumentaram a resistência de união ao esmalte.

Fagundes *et al.* (2006) estudaram a influência da vibração ultrassônica na resistência de união dos CIV à dentina. Foram testados dois cimentos convencionais (Fuji II e Ketac-Fil Plus), dois modificados por resina (Fuji II LC, Photac-Fil), e um convencional mais viscoso (Ketac Molar). Cinquenta molares humanos foram seccionados no sentido méso-distal e incluídos em resina epóxica com a face vestibular ou lingual exposta, sendo desgastada até obter superfície plana em dentina. Os materiais foram aplicados na superfície dentinária com matriz em forma de cone. No grupo controle, o material foi aplicado sem vibração ultrassônica e, nos grupos experimentais, a vibração ultrassônica foi aplicada na superfície da matriz e na superfície dos cimentos de ionômero de vidro. Após 24 h de armazenagem em água deionizada a 37° C, os corpos de prova foram submetidos ao teste de resistência de união. De acordo com ANOVA e Tukey, o tratamento com vibração ultrassônica aumentou a resistência de união à dentina para todos os cimentos testados.

Em 2011, Coldebella, Santos-Pinto e Zuanon analisaram o efeito da vibração ultrassônica na porosidade do CIV. Dezesesseis amostras do Fuji IX GP,

Ketac Molar e Ketac Molar Easymix foram obtidas. Metade das amostras recebeu 30 s de aplicação ultrassônica durante a fase inicial de presa. Após a conclusão da presa do material, as amostras foram fraturadas e observadas em MEV. O vibração ultrassônica reduziu a porosidade para todos os materiais. As seguintes reduções foram alcançados: Fuji IX- de 3,9% para 2,8%; Ketac Molar Easymix de 4,4% para 2,6%, e Ketac Molar-de 2,4% para 1,6%. Nas condições testadas, a vibração ultrassônica foi um método eficaz para a redução da porosidade no interior do material.

### **b) Cimentos e tratamento de superfície**

A morfologia da superfície dentinária cortada e tratada com diferentes substâncias para a sua limpeza foi analisada por Araújo *et al.* (1998) através de MEV. A dentina de 20 pré-molares superiores íntegros foi exposta, sendo padronizada a espessura da camada de *smear layer*. Em seguida, essa superfície foi tratada com diferentes substâncias e lavada por 30 s com jato de ar / água. No grupo controle, foi utilizado somente o jato de ar / água. Os espécimes foram montados em suportes metálicos, preparados e visualizados em microscópio eletrônico de varredura. O jato de ar / água não causou alteração da camada de *smear layer*; o fluoreto de sódio a 2%, a associação de Dakin / Tergensol e a água oxigenada a 3% não desobstruíram os túbulos dentinários, apenas desorganizaram a camada de *smear layer*; o jateamento de partículas de óxido de alumínio 50  $\mu\text{m}$  causou apenas uma maior irregularidade da camada de *smear layer*; o flúor fosfato acidulado 1,27% causou uma maior desmineralização da camada de *smear layer* e os túbulos dentinários permaneceram obliterados; o ácido poliacrílico a 25% causou maior

desmineralização, de forma que a aparência tubular da dentina foi nítida, mas os túbulos e a superfície dentinária apresentaram vestígios da camada de *smear layer*; o ácido fosfórico a 10% desobstruiu totalmente os túbulos e a superfície dentinária, causando abertura e alargamento dos túbulos dentinários. Os autores concluíram que as substâncias ácidas desmineralizantes foram mais eficientes na remoção da camada de *smear layer*.

De Munck *et al.* (2004) avaliaram a resistência à microtração do cimento resinoso autoadesivo RelyX Unicem e do cimento resinoso Panavia F ao esmalte e à dentina. Os procedimentos adesivos para RelyX Unicem foram realizados de duas maneiras: sem condicionamento prévio e com condicionamento prévio com ácido fosfórico a 35% nas estruturas dentais. O cimento Panavia F foi utilizado de acordo com as instruções do fabricante. As interfaces adesivas foram avaliadas ultra-morfologicamente por MEV e MET. Os valores de microtração foram sempre maiores para o Panavia F tanto em esmalte como em dentina. A resistência à microtração do RelyX Unicem em esmalte foi significativamente menor quando comparado ao Panavia F, mas nenhuma diferença foi encontrada quando os cimentos foram utilizados em dentina. O somatório da aplicação de condicionamento ácido e RelyX Unicem aumentou significativamente os valores de união para o esmalte, mas não diferiu estatisticamente do Panavia F unido ao esmalte. A superfície dentinária tratada com ácido + RelyX Unicem forneceu os menores valores (5,9 MPa). O modo de falha revelou que todos os espécimes de esmalte não condicionados falharam adesivamente, havendo falhas mistas e coesivas quando o esmalte foi condicionado. Para a dentina condicionada, todas as falhas foram adesivas, já quando a dentina não foi tratada houve falhas mistas. Quando os espécimes

de RelyX Unicem foram observadas em MEV nenhuma camada híbrida ou *tags* de resina foram observados. A MET demonstrou não haver a formação de uma camada híbrida real, mas uma pequena interação irregular com profundidade de 2  $\mu\text{m}$ . Os autores enfatizaram que este cimento deve ser aplicado com alguma pressão para assegurar que ocorra uma íntima adaptação às paredes cavitárias devido a sua alta viscosidade. Os autores concluíram que o cimento reagiu superficialmente com o esmalte e a dentina e os melhores resultados, para o RelyX Unicem, foram encontrados após o condicionamento ácido prévio do esmalte.

De acordo com Burke (2005), os cimentos resinosos apresentam propriedades mecânicas que superam a dos cimentos convencionais, como o fosfato de zinco. A resistência à compressão, a baixa solubilidade, a maior resistência ao desgaste, a estética e a possibilidade de união aos materiais restauradores tornaram esses cimentos uma opção interessante na odontologia restauradora. Os cimentos resinosos podem ser classificados de acordo com o tamanho das partículas de carga, a viscosidade e a forma de polimerização. Estes podem ser ativados quimicamente, fotoativados ou duais.

Gerth *et al.* (2006) avaliaram a composição dos cimentos resinosos Bifix e RelyX Unicem, incluindo traços de elementos e sua determinante nas propriedades dos materiais. Também investigaram se a fase de resina orgânica polimeriza completamente após a aplicação de uma fase insolúvel, e a ainda avaliaram a interação química entre os dois diferentes materiais com hidroxiapatita sintética. Ambos os materiais apresentam características radiopacas e são de dupla polimerização, entretanto diferenças são encontradas no modo de utilização dos produtos. O Bifix necessita de um pré-

tratamento com ácido fosfórico e aplicação de sistema adesivo, enquanto que o RelyX Unicem, por ser autoadesivo, não necessita de nenhum tipo de pré-tratamento para as estruturas dentais. Os resultados quantitativos para a composição de cada elemento, revelados por XPS e EDX, demonstrou a presença de cálcio, alumínio, flúor, oxigênio e outros elementos em ambos os produtos. Houve um maior peso de cálcio e alumínio para o RelyX Unicem que para o Bifix. Os autores concluíram que o RelyX Unicem apresentou maior interação química com cálcio e hidroxiapatita, o que poderia explicar as propriedades mecânicas do material.

Goracci *et al.* (2006) estudaram a resistência de união e a interface adesiva de diferentes cimentos resinosos cimentados em dentina e esmalte sob diferentes pressões de cimentação. Fragmentos de dentina e esmalte foram adquiridos de terceiros molares hígidos. Os fragmentos foram divididos de acordo com o cimento utilizado e a pressão de cimentação (20g/mm<sup>2</sup> ou 40g/mm<sup>2</sup>). Os seguintes cimentos foram usados: RelyX Unicem, Maxcem e Panavia F 2.0. Blocos de resina composta (Paradigman MZ100) foram confeccionados e unidos aos substratos dentais de acordo com as instruções dos fabricantes. Dez fragmentos de cada grupo experimental foram preparados para serem visualizados em MEV. O tipo de cimento e a pressão utilizada tiveram influência significativa na resistência de união à dentina. Os valores médios de resistência de união para o Panavia F 2.0 e RelyX Unicem, em dentina, foram similares e significativamente superiores ao Maxcem. Quando foi usado 40g/mm<sup>2</sup> de pressão na cimentação, o RelyX Unicem e Panavia F 2.0 apresentaram maior resistência de união em dentina quando comparado com a pressão de 20g/mm<sup>2</sup>. A pressão de cimentação não influenciou o Maxcem.

Panavia F 2.0 apresentou resistência de união significativamente superior em esmalte que os outros cimentos, independente da pressão de cimentação. O Maxcem não apresentou sinais de retenção micro-mecânica, e o Maxcem e o RelyX Unicem não mostraram formação de camada híbrida. Os autores concluíram que uma pressão de cimentação deve ser realizada para o Panavia F 2.0 e RelyX Unicem para melhores resultados na resistência de união.

Em 2006, Yang *et al.* determinaram as características ultraestruturais, por meio de MEV e MET, e a capacidade de união à dentina por meio do ensaio de microtração, dos cimentos resinosos Super-Bond C&B, Panavia F 2.0 e RelyX Unicem, utilizados somente no modo autopolimerizável e com e sem condicionamento. Os materiais foram aplicados em amostras de dentina humana em diferentes profundidades: dentina superficial, profunda e cervical. Os resultados revelaram que a região dentinária e o tipo de cimento resinoso utilizado tiveram influência significativa nos valores de microtração. A média de resistência de união na dentina superficial, para os três cimentos testados, foi significativamente maior quando comparado com a dentina profunda e a cervical, que não apresentaram diferenças estatísticas entre si. A resistência de união do Super Bond C&B (31,9 N) e do Panavia F 2.0 (29,1 N), na dentina superficial, foram estatisticamente superiores ao RelyX Unicem (8,2 N) na mesma região. Em comparação com os outros dois cimentos, o RelyX Unicem apresentou resistência de união estatisticamente inferior em todas as regiões analisadas. Em relação às falhas, 68% foram coesivas para o Super Bond C&B na dentina superficial, enquanto apenas 33% para o RelyX Unicem. De acordo com as análises em MEV, para os grupos do Super Bond e Panavia, os quais foram condicionados com ácido cítrico, houve a remoção da *smear plug* e

abertura dos túbulos dentinários. O grupo do RelyX Unicem apresentou uma camada de *smear layer* sob a dentina, o que pode ser explicada pela ausência de uma camada híbrida. Os autores concluíram que diferentes formulações químicas e técnicas de aplicação produziram microestruturas morfológicamente diferentes nas diferentes regiões dentinárias

Al-Assaf *et al.* (2007) avaliaram as características interfaciais de cinco agentes de cimentação adesivos com a dentina, incluindo resistência à tração, modo de falha, extensão de desmineralização, alterações morfológicas e formação de camada híbrida. Os produtos testados foram Bistite II DC (BDC), C&B Super-Bond (CMB), M-Bond (MDB), Panavia-F (PAF) e RelyX Unicem (RXU). Os valores da resistência à tração do BDC (13,01 MPa), MBD (9,19 MPa) e PAF (7,07 MPa) foram significativamente diferente dos valores do CBM (4,79 MPa) e RXU (4,47 MPa). A extensão de desmineralização para o CBM foi 100%. Não encontraram diferença estatística entre o BDC (60,86%), MBD (60,22%) e PAF (51,99%). RXU (45,03%) apresentou o menor valor. CBM induziu o maior afunilamento dos túbulos e dissolução intertubular, seguido do PAF, BDC e MDB. RXU removeu parcialmente a *smear layer* sem abrir os túbulos. A camada híbrida mais espessa foi encontrada no CBM (4,17  $\mu\text{m}$ ), seguido do MBD (2,39  $\mu\text{m}$ ). Não constataram diferença estatística entre o PAF (0,95  $\mu\text{m}$ ) e o BDC (1,12  $\mu\text{m}$ ), enquanto que não verificaram camada híbrida no RXU. Concluíram que as diferenças significativas encontradas na interface dos materiais podem levar à variação em seu comportamento clínico.

O estudo de Han *et al.* (2007) analisou o pH, espessura de película, porcentagem de partículas de carga e variações morfológicas de cimentos resinosos autoadesivos. Foram testados G-Cem, Maxcem, Smart Cem e RelyX



Unicem. O pH dos cimentos foi mensurado com papel para teste de pH específico. A porcentagem de partículas de carga foi calculada após amostras de cimentos serem incineradas à 750°C. Para o teste da espessura de película, uma quantidade dos cimentos era colocada entre dois pratos de vidro e comprimidos com um dispositivo de carga. Para as alterações morfológicas, a superfície das amostras foi observada em MEV. Houve diferença significativa entre o pH dos cimentos mensurados após 20 s de fotopolimerização, após 90 s e após 48 h. A porcentagem de partículas de carga foi diretamente proporcional à espessura de película. A degradação da superfície dos cimentos também foi detectada após polimento e imersão em água, ácido acético e acetona. Concluíram que diferenças significativas foram encontradas nos materiais testados, e essas diferenças podem levar à diferenças em seu comportamento clínico.

Duarte *et al.* (2008) avaliaram a resistência adesiva de cimentos resinosos autoadesivos e auto-condicionantes aplicados em esmalte, com e sem pré-tratamento com ácido fosfórico. Vinte terceiros molares foram selecionados. Em uma proximal, o esmalte foi condicionado, enquanto que no lado oposto o cimento foi aplicado conforme instruções do fabricante. Os seguintes cimentos foram testados: RelyX Unicem, Multilink e RelyX ARC. Blocos de resina composta Z250 foram cimentados no esmalte. Um pré-tratamento foi realizado com óxido de alumínio e aplicação de silano. Amostras foram preparadas para serem observadas em microscopia. A maior média de resistência de união foi para o RelyX Unicem com condicionamento ácido (32,92 MPa), enquanto que a mais baixa foi para o Multilink com condicionamento (5,23 MPa) e sem este tratamento (5,38MPa). Diferenças significativas foram encontradas para os

diferentes tratamentos no esmalte. As amostras condicionadas revelaram uma penetração mais profunda no esmalte interprismático em comparação com a ausência de condicionamento. Os autores concluíram que o condicionamento do esmalte com ácido fosfórico aumentou significativamente a resistência de união para o RelyX Unicem, mas não houve diferença para o Multilink.

Monticelli *et al.* (2008) realizaram uma comparação qualitativa da interface dentina/cimento de diferentes marcas comerciais de cimentos resinosos. Terceiros molares tiveram sua porção coronária seccionada e a dentina exposta foi polida com pontas de carbetto de silício. Discos de resina composta, com 2 mm de espessura, foram obtidos e cimentados, conforme as instruções do fabricante de cada cimento utilizado: Grupo 1: cimento dual com condicionamento ácido (Calibra); Grupo 2: Panavia F 2.0; Grupo 3: Multilink; Grupo 4: RelyX Unicem; Grupo 5: G-Cem; Grupo 6: Bis-Cem. Após a mistura, o valor do pH foi mensurado para todos os cimentos testados. Os grupos foram preparados para avaliação em MEV. Os resultados revelaram que, com o cimento convencional, formou-se uma camada híbrida e *tags* de resina. Para o Panavia, uma desmineralização da superfície de dentina foi detectada. Já para o Multilink Sprint, foi observada uma camada descalcificada e não-infiltrada. Nenhuma desmineralização e infiltração foi observada para os cimentos RelyX Unicem, G-Cem e Bis-Cem, e nenhuma camada híbrida ou formação de *tags* foi observada para os cimentos autoadesivos. A taxa de pH variou de 2,1 a 4,2 após a mistura. Os autores concluíram que os cimentos autoadesivos não são capazes de dissolver completamente a *smear layer*, não havendo descalcificação e infiltração.

De acordo com informações obtidas na página virtual Espertise 3M/ESPE (2008), o fabricante do RelyX Unicem informa que este é um cimento autoadesivo que não necessita associação com sistema adesivo. Este material apresenta um conjunto de duas reações na sua química de presa: uma reação de redução de cura dual, para polimerizar a fase resinosa, e outra reação ácido-base, resultando na formação de fosfato de cálcio. A união com a dentina é estabelecida pelos ácidos fosfóricos metacrilatos ionizados da mistura do monômero. A ionização ocorre tanto a partir da água presente na dentina, como da água produzida durante a reação de neutralização dos monômeros fosfatados com partículas básicas.

Em estudo *in vitro*, Chaiyabutr e Kois (2008) avaliaram a resistência de união de cimentos resinosos autoadesivos após o uso de quatro diferentes técnicas de limpeza da superfície contaminada da dentina: instrumento manual (curetas), profilaxia com pedra pomes e água, abrasão com óxido de alumínio com partículas de 27 µm a 40 psi e abrasão com óxido de alumínio com partículas de 40 µm a 40 psi. Utilizaram 32 terceiros molares, que foram preparados e receberam coroas provisórias cimentadas com cimento provisório contendo óxido de zinco e eugenol. Após a remoção das coroas provisória, e da limpeza da superfície dentinária com cada um dos protocolos selecionados, coroas cerâmicas foram cimentadas com o RelyX Unicem. A utilização de abrasão com partículas de óxido de alumínio como pré-tratamento da dentina resultou em valores mais altos de resistência de união, enquanto limpeza com instrumentos manuais resultou em valores mais baixos ( $p < 0,05$ ). O tamanho das partículas de óxido de alumínio não teve influência significativa na resistência de união a 40 psi.

Lührs *et al.* (2010) compararam, *in vitro*, a resistência de união ao cisalhamento de cimentos resinosos autoadesivos ao esmalte e à dentina. Foram utilizados 60 molares, e amostras de cerâmica foram unidas à superfície dentária com os seguintes cimentos: Variolink/ Syntac Classic (VSC), Panavia F2.0 (PAF), RelyX Unicem (RLX), Maxcem Elite (MCE), iCem (IC), ou com cimento resinoso experimental (EXP). No esmalte, VSC teve a resistência de união ao cisalhamento mais alta (42,9 MPa) e IC a mais baixa (10,5 MPa). Na dentina, a resistência de união mais alta também foi obtida para o VSC (39,2±8,9 MPa) e, a mais baixa, para o EXP (7,8±3,9 MPa). Os cimentos resinosos autoadesivos fraturaram principalmente entre resina e esmalte ou dentina. A resistência de união ao cisalhamento dos cimentos resinosos autoadesivos foi inferior a dos cimentos resinosos convencionais.

Ao avaliarem o efeito do pré-tratamento da dentina na resistência à microtração de cimentos resinosos autoadesivos, Pavan *et al.* (2010) relataram que o ácido poliacrílico pode ser incorporado como uma etapa de limpeza a fim de melhorar a união durante o processo de cimentação com cimentos autoadesivos. Foram usados 18 molares divididos em grupos de acordo com o pré-tratamento utilizado na dentina: (1) controle, sem tratamento de superfície; (2) solução de ácido poliacrílico 25%; (3) ácido tânico 20%. Blocos de resina composta (Tescera- Bisco) foram cimentados sobre a superfície dentinária com dois cimentos autoadesivos (RelyX Unicem ou Maxcem Elite). O ácido poliacrílico melhorou significativamente a resistência de união à microtração do RelyX Unicem (14,92 MPa) quando comparado ao grupo controle (8,35 MPa) e ao ácido tânico (8,38 MPa). O tratamento de superfície dentinária não afetou de

forma significativa a resistência de união nos grupos do Maxcem Elite (controle, 8,45 MPa; ácido poliacrílico, 9,53 MPa; ácido tânico, 6,89 MPa).

Tonial *et al.* (2010) avaliaram, *in vitro*, a resistência de união à microtração de cimentos resinosos autoadesivos à dentina, assim como a influência do pré-tratamento com ácido poliacrílico nessa união. Em terceiros molares humanos extraídos foi obtida uma superfície oclusal plana em dentina. Os dentes foram divididos aleatoriamente em cinco grupos: Grupo 1 – RelyX ARC (controle); Grupo 2 – RelyX Unicem; Grupo 3 – Maxcem; Grupo 4 – ácido poliacrílico 22,5% e RelyX Unicem; Grupo 5: ácido poliacrílico e Maxcem. Após a aplicação dos cimentos resinosos, foram construídos blocos de resina composta com 6 mm de altura. As amostras foram armazenadas em água destilada a 37° C por 24 horas. Os conjuntos dente/resina foram cortados paralelamente ao longo eixo do dente, nos sentidos vestibulo-lingual e mesio-distal, com secção de aproximadamente 0,7 mm. Foram obtidos 20 corpos de prova para cada grupo, sendo então submetidos ao teste de resistência à microtração em máquina de ensaio universal com velocidade de 0,5 mm/min. De acordo com a Análise de Variância e o teste de Tukey ( $\alpha=0,05$ ), a maior média de resistência à microtração foi para o RelyX ARC (21,38 MPa), não diferindo estatisticamente do Maxcem associado ao ácido poliacrílico (19,22 MPa) e RelyX Unicem associado ao ácido poliacrílico (17,75 MPa) ( $p>0,05$ ). Estes dois últimos grupos não diferiram estatisticamente do RelyX Unicem (16,98 MPa) ( $p>0,05$ ). A menor média foi obtida para o Maxcem (6,43 MPa), diferindo estatisticamente dos outros grupos ( $p<0,05$ ). O cimento resinoso RelyX ARC proporcionou maior resistência de união à dentina em relação aos cimentos resinosos autoadesivos, e o pré-tratamento com ácido poliacrílico foi

efetivo no aumento da resistência de união para o Maxcem, não influenciando na resistência de união do RelyX Unicem.

## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1 MATERIAIS

Para o presente estudo foram utilizados dois cimentos resinosos autoadesivos. A composição, lote e respectivos fabricantes encontram-se no Quadro 1.

Quadro 1: Materiais empregados no estudo.

Produto	Descrição	Lote	Composição	Fabricante
RelyX Unicem	Cimento resinoso autoadesivo	440148	Pó: Partículas de vidro, sílica, hidróxido de cálcio, pigmentos, iniciadores de polimerização química e por luz. Líquido: Éster fosfórico metacrilato, dimetacrilato, acetato, iniciador, estabilizador.	3M/ESPE, St. Paul, MN, EUA
Maxcem Elite	Cimento resinoso autoadesivo	3668021	Pasta base: Uretanodimetacrilato, caforoquinona, fluoraminosilicato e outros. Pasta catalisadora: GPDM, bis-GMA co-monomeros (mono-, di-e tri-funcional monômeros metacrilato), elementos de ativação redox.	Kerr, Orange, CA, EUA

### 4.2 MÉTODO

#### 4.2.1 Obtenção dos corpos de prova

Foram utilizados 24 terceiros molares humanos hígidos inclusos, extraídos por razões terapêuticas, e obtidos no Banco de Dentes da Faculdade de Odontologia da PUCRS e em consultórios por meio do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Os dentes foram limpos com curetas

periodontais, desinfetados em cloramina a 0,5% por 24 horas e então armazenados em água destilada à 4°C por um período de, no máximo, 6 meses, sendo a água trocada semanalmente.

Durante o tempo de armazenamento, os dentes foram incluídos em resina acrílica quimicamente ativada Jet (Clássico, São Paulo, SP, Brasil) com auxílio de uma matriz cilíndrica de tal forma que a coroa do dente ficou exposta e a superfície oclusal paralela à base da resina acrílica. A superfície oclusal de esmalte foi removida com disco diamantado de dupla face (Extec, Londres, Inglaterra) montado em uma máquina de corte (Labcut 1010 – Extec, Londres, Inglaterra), sob refrigeração à água, expondo uma superfície plana de dentina oclusal (Figura 1). Após, as áreas de dentina foram regularizadas em uma politriz (Panambra, São Paulo, Brasil) com lixas de carbeto de silício de granulação 600.



Figura 1: Superfície plana em dentina.

Os dentes foram divididos aleatoriamente em quatro grupos com seis dentes cada :



**Grupo 1** – RelyX Unicem: comprimentos iguais da pasta base e da pasta catalisadora foram misturados sobre uma placa de vidro com espátula nº 72 por 15 s, e aplicado sobre a dentina em uma espessura de aproximadamente 1 mm. Para cada dente foi confeccionado um bloco de resina composta Z250 (3M/ESPE, Saint Louis, Minnessota, EUA) empregando uma matriz de silicone com 5 mm de espessura e 10 mm de diâmetro. A superfície do bloco de resina composta foi jateada com partículas de óxido de alumínio de 50 µm pelo tempo de 5 s, seguido de lavagem, secagem e aplicação de uma camada de silano (Angelus, Londrina, PR, Brasil) e adesivo (Adhese, Ivoclar Vivadent, Liechtenstein), seguido de fotoativação por 10 s. O bloco de resina composta foi posicionado sobre o cimento com carga de 500 g, pelo tempo de 2 min, empregando um dispositivo específico para este fim (Figura 2). Excessos do cimento foram removidos, seguido de fotoativação por 40 s em cada face com o aparelho XL 3000 (3M, St. Paul, MN, EUA). A intensidade de luz do aparelho fotopolimerizador foi monitorada com radiômetro (modelo 100, Demetron Inc, Saint Louis, Minnessota, EUA), permanecendo na intensidade de 400 a 450 mW/cm<sup>2</sup>.

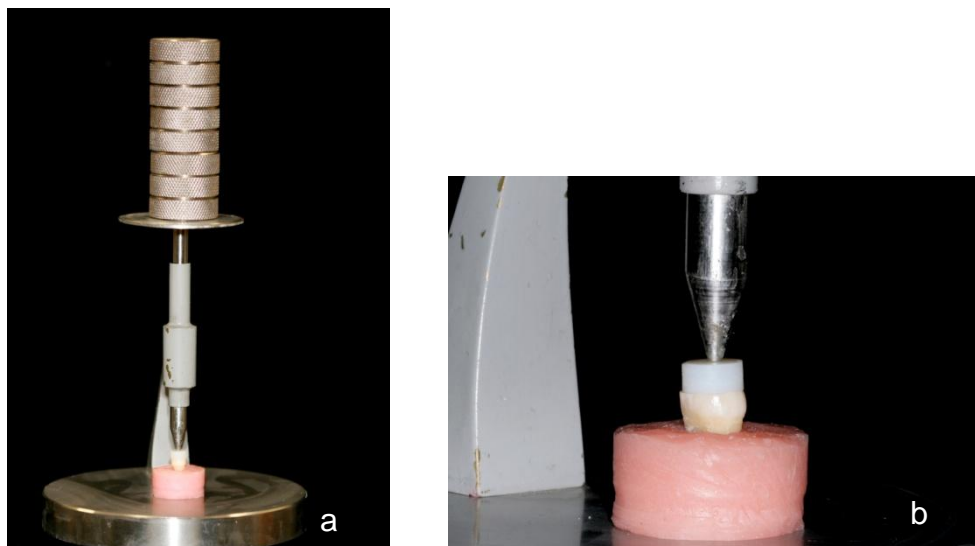


Figura 2: a) Procedimento de cimentação do bloco de resina composta com o dispositivo específico para este procedimento; b) Vista aproximada da cimentação do bloco de resina composta.

**Grupo 2** – Maxcem Elite: comprimentos iguais da pasta base e da pasta catalisadora foram misturados sobre uma placa de vidro com espátula nº 72 por 15 s, e aplicado sobre a dentina em uma espessura de aproximadamente 1 mm. O bloco de resina composta foi aplicado como descrito para o grupo 1.

**Grupo 3** - Rely X Unicem com vibração ultrassônica: a manipulação do material e o procedimento de cimentação foi como descrito para o grupo 1. A diferença consiste na utilização da ponteira C20 (Gnatus, Ribeirão Preto, SP, Brasil), que foi adaptada no aparelho ultrassônico Jet Sonic Four Plus (Gnatus, Ribeirão Preto, SP, Brasil), sendo aplicada perpendicularmente à superfície do bloco de resina composta de forma intermitente, na potência de 30% do aparelho. A aplicação foi realizada manualmente por um único operador, durante os 20 s. A carga de aplicação foi de, aproximadamente, 100 g, carga esta que foi previamente treinada pelo operador sobre uma balança de

precisão. Após aplicação da vibração ultrassônica, a carga de 500 g foi aplicada por 1 min e 40 s.

**Grupo 4** – Maxcem Elite com vibração ultrassônica: a manipulação do material e o procedimento de cimentação foi como descrito para o grupo 2, tendo apenas a variável da aplicação ultrassônica como descrito para o grupo 3.

Os conjuntos dente/bloco de resina composta foram armazenados em água destilada por 24 h a 37°C em estufa de cultura (FANEM, São Paulo, SP, Brasil). Passado esse período, os conjuntos foram seccionados para obtenção de corpos de prova em forma de “palitos”. Os cortes foram realizados paralelamente ao longo eixo do dente nos eixos x e y, em uma máquina de corte Labcut 1010 (Extec Corp., Londres, Inglaterra) com um disco diamantado de dupla face na velocidade de 500 rpm sob refrigeração com água. Dessa forma foram obtidos os corpos de prova, onde a metade superior era de resina composta e, a inferior, de dentina, com aproximadamente 0,80 mm<sup>2</sup>. Foram utilizados quatro a seis corpos de prova da região central de cada dente. Esses corpos de prova foram examinados em microscópio óptico com aumento de 25 vezes para análise da área adesiva, sendo descartados os que apresentaram defeitos como bolhas, falhas no processo adesivo, falta de material ou área irregular. Desta forma, foram obtidos 24 corpos de prova por grupo.

A área adesiva foi mensurada em mm<sup>2</sup> com um paquímetro digital Mitutoyo (Mitutoyo Sul Americana Ltda, Suzano, SP, Brasil), com erro declarado máximo de 0,01 mm, sendo então submetidos ao ensaio de microtração.

#### 4.2.2 Ensaio de microtração

Os corpos de prova serão fixados individualmente ao dispositivo de microtração com adesivo a base de cianocrilato (Superbond Gel – Loctite, São Paulo, SP, Brasil) associado a um acelerador (Zip Kicker, Pacer, Rancho Cucamonga, CA, EUA) pelas suas extremidades, de forma a posicionar a área adesiva perpendicularmente ao longo eixo da força de tração (Figura 3). O teste foi realizado na máquina de ensaio universal EMIC DL-2000 (São José dos Pinhais, PR, Brasil), operada por computador através do software MTest, a uma velocidade de 0,5 mm/min e com célula de carga de 50N até ocorrer a fratura. O valor de força máxima (N) foi dividido pela área ( $\text{mm}^2$ ), obtendo-se os valores de resistência de união em MPa.



Figura 3: Corpo de prova posicionado na matriz de microtração.

Após o teste de microtração, foi selecionada, aleatoriamente, a porção correspondente à dentina de oito corpos de prova de cada grupo para

observação em MEV (Phillips XL30 (Philips Electronic Instruments Inc., Mahwah, NJ, USA) para determinar o tipo de falha ocorrido. Para isso, a extremidade de cada porção dentinária foi fixada lado a lado em *stubs* com a interface de fratura voltada para cima, metalizada com ouro (Bal-Tec, Balzers, Liechtenstein) para observação em MEV com aumento de 200 vezes. Os padrões de falha foram classificados em quatro tipos: a) adesiva (entre a dentina e o cimento resinoso); b) coesiva em dentina; c) coesiva em cimento resinoso; d) mista (presença de falha adesiva e coesiva em dentina e/ou coesiva no cimento resinoso).

#### **4.2.3 Análise estatística**

Os resultados obtidos no teste de microtração foram submetidos ao teste de normalidade Shapiro Wilk. Pelo fato de ter havido normalidade, foi aplicada Análise da Variância (ANOVA) Fatorial, seguido do teste de Tukey. O nível de significância foi de 5%.

## 5 RESULTADOS

De acordo com Análise de Variância Fatorial (Tabela 1), as variáveis tipo de cimento resinoso ( $p=0,000$ ) e tipo de cimentação ( $p=0,002$ ) foram significativas. A interação das duas variáveis não foi significativa ( $p=0,676$ ).

Tabela 1. Resultados da Análise de Variância Fatorial.

<i>Fonte de Variação</i>	<i>Soma de</i>		<i>Quadrado</i>		<i>P</i>
	<i>Quadrados</i>	<i>gl</i>	<i>Médio</i>	<i>F</i>	
Tipo de cimento	310,61	1	310,61	13,20	0,000**
Tipo de cimentação	241,36	1	241,36	10,25	0,002**
Tipo de cimento * Tipo de cimentação	4,14	1	4,14	0,18	0,676 ns
Erro	2165,53	92	23,54		
Total	16902,16	96			

\*\* significativo  $p \leq 0,05$ ; ns = não significativo

De acordo com o teste t-student, a média de resistência à microtração com uso da vibração ultrassônica (13,74 MPa) foi estatisticamente superior sem aplicação da vibração ultrassônica (10,57 MPa) ( $p=0,003$ ). A média de resistência à microtração do RelyX Unicem (13,95 MPa) foi estatisticamente superior ao Maxcem Elite (10,36 MPa) ( $p=0,001$ ) (Tabela 2).

Tabela 2. Valores de resistência à microtração.

<i>Variável</i>	<i>Comparação</i>	<i>N</i>	<i>Média</i> (MPa)	<i>Desvio-</i> <i>padrão</i> (MPa)	<i>Coefficiente</i> <i>de</i> <i>Variação</i> (%)	<i>P</i>
Tipo de cimentação	Com ultrassom	48	13,74	5,45	39	0,003
	Sem ultrassom	48	10,57	4,80	45	
Tipo de cimento	RelyX Unicem	48	13,95	5,49	39	0,001
	Maxcem Elite	48	10,36	4,60	44	

O padrão de falha predominante foi do tipo mista em todos os grupos, ou seja, falha adesiva com falha coesiva no cimento resinoso (Figura 4).

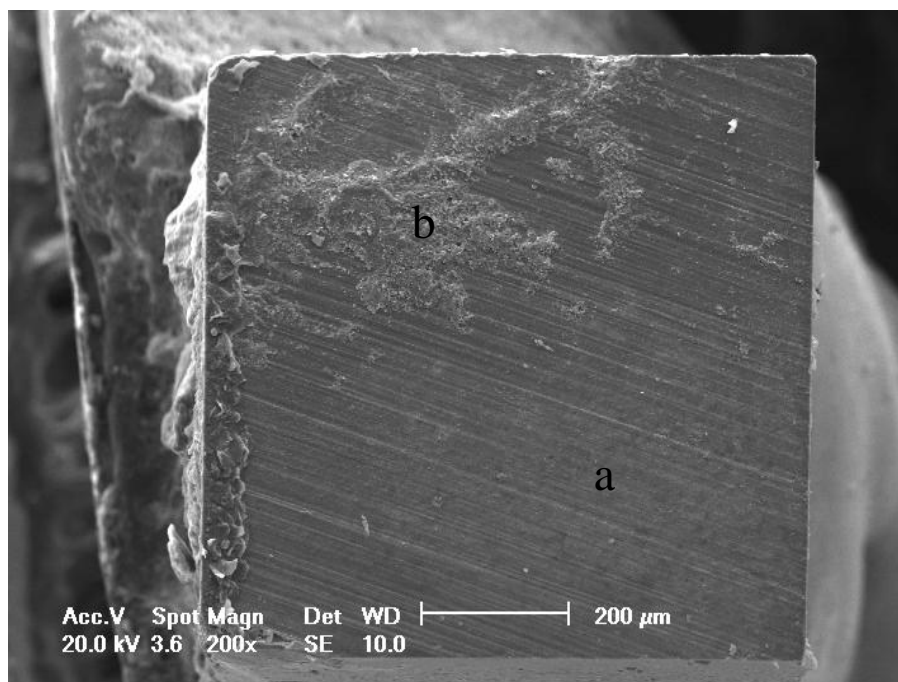


Figura 4: Falha do tipo mista (aumento de 200 x): a) dentina;  
b) cimento resinoso.

## 6 DISCUSSÃO

A hipótese nula foi rejeitada, pois a vibração ultrassônica aumentou a resistência de união dos cimentos resinosos autoadesivos RelyX Unicem e Maxcem Elite à dentina.

No presente estudo, a vibração ultrassônica foi aplicada pelo tempo de 20 s durante o procedimento de cimentação do bloco de resina composta, permitindo o escoamento do cimento resinoso e o assentamento do bloco de resina composta sobre a dentina. Em seguida, uma carga estática de 500 g foi aplicada. Apesar do tempo de 20 s corresponder a um procedimento rápido, este foi suficiente para influenciar nos valores de resistência de união.

Sempre que dois materiais são misturados, seja pó e líquido, ou sistema pasta – pasta, bolhas de ar são incorporadas, tornando o material mais poroso. Esta porosidade reduz a resistência intrínseca do material (NOMOTO; McCABE, 2001), podendo reduzir a capacidade de união a algum substrato. Cantoro *et al.* (2011) verificaram, por meio de MEV, que a vibração ultrassônica reduziu as porosidades dos cimentos resinosos autoadesivos RelyX Unicem e G-Cem, tornando o material mais homogêneo. Este mesmo efeito foi observado sobre os CIV (COLDEBELLA; SANTOS-PINTO; ZUANON, 2011). Possivelmente a redução das porosidades dos cimentos resinosos permitiu melhor umedecimento destes materiais ao substrato dentinário, promovendo maior valor médio de resistência à microtração quando a cimentação foi associada à vibração ultrassônica.

Tem sido relatado que a vibração ultrassônica aumenta as propriedades mecânicas dos CIV, especialmente nas primeiras 24 h (TOWLER *et al.*, 2001),



assim como a resistência de união à dentina (FAGUNDES *et al.*, 2006). Algera *et al.* (2005), estudando o CIV modificado por resina, relataram que o calor local produzido pela vibração ultrassônica poderia catalisar radicais livres durante a polimerização, favorecendo à melhora das propriedades mecânicas e melhor união ao substrato. Fagundes *et al.* (2006) demonstraram que a vibração ultrassônica aumentou a resistência de união do CIV à dentina. Em relação aos cimentos resinosos autoadesivos, Cantoro *et al.* (2011) relataram que a vibração ultrassônica também pode favorecer à maior reação inicial entre o hidróxido de cálcio e os monômeros resinosos ácidos do RelyX Unicem, reação esta na qual a água necessária para a ionização dos monômeros funcionais é gerada. Além disto, a reação ácido-base entre os monômeros ácidos e as partículas inorgânicas básicas do material também deve ter aumentado (CANTORO *et al.*, 2011). Portanto, sugere-se que a aplicação ultrassônica favoreceu a uma maior reação de presa em ambos os cimentos resinosos autoadesivos estudados, proporcionando aumento das propriedades mecânicas nas primeiras 24 h e, desta forma, maior resistência de união.

Outro efeito importante da vibração ultrassônica é sobre as propriedades tixotrópicas dos agentes de cimentação. Foi demonstrado que carga oscilatória sobre o cimento aumenta a fluidez do mesmo, levando à redução da viscosidade (YU *et al.*, 1995). De Munck *et al.* (2004) observaram, para o RelyX Unicem, uma alta viscosidade e a presença de espaços na camada de cimento resinoso, resultando em insuficiente adaptação ao substrato dental. Portanto, sugere-se que a vibração ultrassônica, ao atingir os cimentos resinosos RelyX Unicem e Maxcem Elite, causou uma vibração intrínseca das moléculas e partículas dos cimentos resinosos justamente no momento em que forças de

cisalhamento estavam sendo inseridas sobre o material pela carga de cimentação. Isto favoreceu à diminuição da viscosidade do cimento resinoso, maior capacidade de umedecimento e adaptação sobre a dentina, e maior valor de resistência de união, visto que as interações químicas e físicas com a dentina são favorecidas pela maior adaptação entre o cimento e o substrato.

O padrão de falhas foi o mesmo, ou seja, tipo mista, independente do cimento resinoso e da aplicação ou não da vibração ultrassônica. Esta falha se caracteriza pela ruptura ao nível da interface dentina – cimento resinoso (adesiva), com presença de falha coesiva no próprio cimento resinoso, fazendo com que certa quantidade de cimento resinoso permanecesse unida à dentina após o ensaio de microtração. Este tipo de falha demonstra que a interface adesiva é o local mais frágil e susceptível à ruptura, mas que certa união existe entre os cimentos resinosos autoadesivos e a dentina, ao ponto destes materiais permanecerem unidos ao substrato.

Comparando as médias de resistência à microtração entre os cimentos resinosos autoadesivos, o Rely X Unicem (13,95 MPa) obteve valor estatisticamente superior ao Maxcem Elite (10,36 MPa). Goracci *et al.* (2006) também encontraram maior resistência de união para o RelyX Unicem em comparação ao Maxcem Elite. Em geral, os cimentos resinosos autoadesivos têm limitada capacidade de descalcificar as estruturas duras e baixa capacidade de infiltrar dentro da *smear layer*, sendo que existem algumas hipóteses para estes achados: (1) o pH desses cimentos, aproximadamente 2,1 (MONTICELLI *et al.*, 2008), não é suficientemente baixo, (2) alta viscosidade do cimento (DE MUNCK *et al.*, 2004), (3) um efeito de neutralização pode ocorrer durante a mistura devido à reação química que libera água ou

partículas alcalinas que podem aumentar o pH (MONTICELLI *et al.*, 2008). Portanto, imagens em MEV da interface de união evidenciaram que estes cimentos resinosos autoadesivos não causam desmineralização da dentina superficial e formação da camada híbrida (DE MUNCK *et al.*, 2004; YANG *et al.*, 2006; AL-ASSAF *et al.*, 2007).

O mecanismo de união do RelyX Unicem com a dentina parece ser mais químico que micromecânico (DUARTE *et al.*, 2008), sendo esta união estabelecida pelo monômero ácido éster fosfórico metacrilato que é ionizado no momento da mistura e que reage com a hidroxiapatita dos tecidos minerais do dente (GERTH *et al.*, 2006; 3M/ESPE, 2008). Isto poderia explicar sua união à dentina e o maior valor numérico de resistência de união em comparação ao Maxcem Elite.

De acordo com informações do fabricante, o Maxcem Elite também contém monômero ácido em sua composição, que é o éster fosfórico glicerol dimetacrilato (GPDM), sendo responsável, em parte, pelo efeito de condicionamento e de adesão à estrutura dentária (Kerr, Sybron Dental, 2007).

Vários outros fatores podem influenciar a capacidade de união e adesão dos cimentos resinosos à dentina, como a composição química, a viscosidade e o próprio pH. O Maxcem Elite tende a manter seu pH baixo (2,2), enquanto o RelyX Unicem tem elevação de seu pH após 48 horas (2,8 para 7,0). Embora o baixo pH seja necessário para adequado condicionamento da dentina, especula-se que, se o pH for mantido por muito tempo, como no caso do Maxcem Elite, poderia haver efeito adverso na união entre o cimento e a estrutura dentária (HAN *et al.*, 2007). Portanto, esta característica do pH do

Maxcem Elite pode ser um dos fatores que faz com que este material tenha tido resistência de união inferior ao RelyX Unicem.

A diferença numérica média da resistência à microtração, com e sem a aplicação da vibração ultrassônica, foi de 3 MPa. Apesar desta diferença ter sido estatisticamente significativa, questiona-se se haveria significância clínica. Até o momento, a literatura não estipulou qual a resistência de união mínima que um material deve ter ao substrato dentário para garantir sucesso e longevidade no procedimento de cimentação. No entanto, o presente estudo demonstrou que a aplicação da vibração ultrassônica poderia ser realizada sem haver um efeito negativo no processo de união ao substrato dentinário, mas sim positivo. Além disto, a cimentação com aplicação ultrassônica resulta em adaptação da peça protética de forma mais rápida no preparo, assim como menor carga de cimentação para assentar a peça em comparação com a carga estática, e menor espessura da linha de cimentação (SCHMIDLIN *et al.*, 2005).

O dispositivo utilizado para a aplicação ultrassônica consiste em uma ponta fornecida pelo fabricante para utilização específica durante a cimentação. Contudo, foi observado que esta ponta, aplicada pelo tempo de 20 s e com a intensidade empregada no presente estudo, danificou a superfície do bloco de resina composta de forma a causar um aprofundamento no local em que foi aplicada. Clinicamente isto é indesejável, uma vez que irá remover parte da superfície da restauração e possivelmente danificar a escultura dental. Portanto, seria interessante interpor algum material entre a ponta e a resina composta como, por exemplo, um pedaço de banda matriz. No entanto, teria que ser verificado se este procedimento pode reduzir a transmissão das vibrações ultrassônicas até o cimento resinoso.

## 7 CONCLUSÃO

Por meio da metodologia empregada, pode-se concluir que:

- a vibração ultrassônica aumentou a resistência de união dos cimentos resinosos autoadesivos RelyX Unicem e Maxcem Elite à dentina;
- o RelyX Unicem obteve maior resistência de união à dentina em comparação ao Maxcem Elite.

## 8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Al-Assaf K, Chakmakchi M, Palaghias G, Karanika-Kouma A, Eliades G. Interfacial characteristics of adhesive luting resins and composites with dentine. *Dent Mater* 2007;23:829-839.

Algera TJ, Kleverlaan CJ, de Gee AJ, Pahl-Anderson B, Feilzer AJ. The influence of accelerating the setting rate by ultrasound or heat on the bond strength of glass ionomers used as orthodontic bracket cements. *Eur J Orthodont* 2005;27:472-476.

Araújo MAJ, Rode SM, Villela LC, Gonçalves RD. Avaliação qualitativa do efeito de agentes de limpeza na camada de lama dentinária: Estudo ultra-estrutural em microscopia eletrônica de varredura. *Rev Odontol USP* 1998;12:99-104.

Burke FJ. Trends in indirect dentistry: 3. Luting materials. *Dent Update* 2005;32:257-60.

Cantoro A, Goracci C, Conoglio I, Magni E, Polimeni A, Ferrari M. Influence of ultrasound application on inlays luting with self-adhesive resin cements. *Clin Oral Invest* 2011;15:617-623.

Chaiyabutr Y, Kois JC. The effects of tooth preparation cleansing protocols on the bond strength of self-adhesive resin luting cement to contaminated dentin. *Oper Dent* 2008;33:556-563.

Coldebella CR, Santos-Pinto L, Zuanon ACC. Effect of ultrasonic excitation on the porosity of glass ionomer cement: A scanning electron microscope evaluation. *Microscop Res Tech* 2001;74:54-57.

De Munck J, Vargas M, Van Landuyt K, Hikita K, Lambrechts P, Van Meerbeek B. Bonding of auto-adhesive luting material to enamel and dentin. *Dent Mater* 2004 ; 20 :963-971.

Duarte S Jr, Botta AC, Meire M, Sadan A. Microtensile bond strengths and scanning electron microscopic evaluation of self-adhesive and self-etch resin cements to intact and etched enamel. J Prosthet Dent 2008;100:203-210.

Fagundes TC, Barata TJE, Bresciani E, Cefaly DFG, Carvalho CAR, Navarro MFL. Influence of ultrasonic seating on tensile bond strength of glass-ionomer cement to dentin. J Adhes Dent 2006;8:401-407.

Gerth HUV, Dammaschke T, Züchner H, Schäfer E. Chemical analysis and bonding reaction of RelyX Unicem and Bifix composites--a comparative study. Dent Mater 2006;22:934-941.

Goracci C, Cury AH, Cantoro A, Papacchini F, Tay FR, Ferrari M. Microtensile bond strength and interfacial properties of self-etching and self-adhesive resin cements used to lute composite onlays under different seating forces. J Adhes Dent 2006;8:327-335.

Han L, Okamoto A, Fukushima M, Okiji T. Evaluation of physical properties and surface degradation of self adhesive resin cements. Dent Mater J 2007;26:906-914.

Lürs AK, Guhr S, Günay H, Geurtsen W. Shear bond strength of self-adhesive resins compared to resin cements with etch and rinse adhesives to enamel and dentin in vitro. Clin Oral Investig 2010;14:193-199.

Monticelli F, Osorio R, Mazzitelli C, Ferrari M, Toledano M. Limited decalcification/diffusion of self-adhesive cements into dentin. J Dent Res 2008;87:974-979.

Nomoto R, McCabe JF. Effect of mixing methods on the compressive strength of glass ionomer cements. J Dent 2001;29:205-210.

Pavan S, dos Santos PH, Berger S, Bedran-Russo AK. The effect of dentin pretreatment on the microtensile bond strength of self-adhesive resin cements. J Prosthet Dent 2010;104:258-264.

Schmidlin PR, Zehnder M, Mityko CS, Göhring TN. Interface evaluation after manual and ultrasonic insertion of standardized class I inlays using composite resin materials of different viscosity. Acta Odontol Scandinav 2005;63:205-212.

Technical Bulletin, Kerr, Sybron Dental Specialities, Orange, CA; 2007.  
<http://www.kerrdental.com/index/cms-filesystem-action?file=/kerrdental-products-techspecs/maxcemelite-technicalbulletin.pdf>

Technical data sheet (2008) Expertise; RelyX Unicem. 3M ESPE Dental Products, Seefeld, Germany; Retrieved online July 10, 2008 from:<http://multimedia.mmm.com/mws/mediawebserver.dyn?666666Zjc61V6iFCOrrrrQ->

Tonial D, Ghiggi PC, Lise AA, Burnett-Júnior LH, Oshima HMS, Spohr AM. Effect of conditioner on microtensile bond strength of self-adhesive resin cements to dentin. *Stomatol* 2010;12:73-79.

Towler MR, Bushby AJ, Billington RW, Hill RG. A preliminary comparison of the mechanical properties of chemically cured and ultrasonically cured glass ionomer cements, using nano-indentation techniques. *Biomaterials* 2001; 22:1401-1406.

Yang B, Ludwig K, Adelung R, Kern M. Micro-tensile bond strength of three luting resins to human regional dentin. *Dent Mater* 2006;22:45-56.

Yu Z, Strutz JM, Kipnis V, White SN. Effect of dynamic loading methods on cement film thickness in vitro. *J Prosthodont* 1995;4:251-255.



**ANEXO**