

UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO

Rafael Vinícius da Rocha

**RESISTÊNCIA DE UNIÃO POR
MICROTRAÇÃO ENTRE MATERIAIS
AUTOADESIVOS E DENTINA**

Passo Fundo

2013

Rafael Vinícius da Rocha

**RESISTÊNCIA DE UNIÃO POR
MICROTRAÇÃO ENTRE MATERIAIS
AUTOADESIVOS E DENTINA**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Odontologia da Faculdade de Odontologia da Universidade de Passo Fundo, para obtenção do título de Mestre em Odontologia – Área de Concentração em Clínica Odontológica, sob orientação do Professor Doutor Bruno Carlini Jr.

Passo Fundo

2013

**(ATA DE APROVAÇÃO DA BANCA
EXAMINADORA)**

(ficha catalográfica)

AGRADECIMENTOS

Ao coordenador do Mestrado em Odontologia Clínica da Faculdade de Odontologia da Universidade de Passo Fundo, Professor Dr. Álvaro Della Bona, por compartilhar seus conhecimentos e pela brilhante condução do programa.

Ao orientador do estudo, Professor Dr. Bruno Carlini Jr., pela paciência e pelo envolvimento durante a realização da pesquisa. A transmissão de seus conhecimentos contribuiu, enriqueceu e tornou possível a concretização deste trabalho. Meus sinceros agradecimentos por tudo.

À Professora Dra. Márcia Borba e ao Professor Dr. Álvaro Della Bona, por fazerem parte da banca de qualificação e pelas sugestões dadas naquele dia.

Ao Professor Delton Gobbi, da Faculdade de Química da Universidade de Passo Fundo, pelo auxílio na obtenção dos materiais e dos produtos utilizados neste trabalho.

Ao amigo e Professor Carlos Roberto Lago, por compreender minhas ausências e pelo incentivo dado durante o curso.

Ao amigo e Professor Carlo Theodoro Raymundi Lago, pela sugestão do tema e pela cooperação com materiais didáticos de pesquisa. Sabe que pode contar comigo sempre.

Ao amigo e Professor Dr. Eduardo Dall Magro, por ter sugerido e

incentivado que eu fizesse parte do programa de mestrado; seus conselhos fizeram com que eu tomasse este caminho.

Ao Tiago (do laboratório do mestrado), por todo o auxílio prestado na etapa experimental. Agradeço muito por sua disponibilidade.

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Odontologia – Mestrado, pelo acompanhamento e pela presteza no andamento do curso.

A todos os meus colegas, por dividirem comigo todos os momentos de luta e de superação que foram exigidos durante este curso.

Aos alunos da graduação Vitor Britto, Priscila Cover e Gabriel da Rocha, por todo auxílio prestado neste trabalho; sem vocês nada seria possível.

Aos meus amigos Jorge Rios, Débora Zimmerman, Janesca Azevedo, Letícia Della Meia, Tiago Viccari, Alvaro da Costa Jr., por entenderem meus momentos de ausência.

À minha namorada Débora de Jesus, por toda força e incentivo, além de estar sempre ao meu lado, auxiliando nos meus afazeres cotidianos para que eu pudesse dar foco a esta tese. Muito obrigado por tudo! É bom ter alguém como você participando da minha vida.

Aos meus pais, Gilberto da Rocha e Rosemári da Rocha, e à minha irmã, Fernanda Rafaela da Rocha, por estarem do meu lado em qualquer situação. Amo muito todos vocês

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	xi
LISTA DE FIGURAS	xiii
LISTA DE ABREVIATURAS	xv
RESUMO	19
ABSTRACT	21
1 INTRODUÇÃO	23
2 REVISÃO DE LITERATURA	27
2.1 – Sistemas adesivos.....	27
2.2 – Cimentos resinosos	37
2.3 – Resinas de baixa viscosidade	48
3 PROPOSIÇÃO	55
4 MATERIAIS E MÉTODO	57
4.1 – Material.....	57
4.2 – Método.....	58
4.2.1 – Delineamento experimental.....	58
4.2.2 – Seleção de amostras.....	59
4.2.3 - Inclusão dos dentes	60
4.2.4 – Secção dos dentes.....	61
4.2.5 – Grupos experimentais.....	62
4.2.6 – Obtenção das amostras	67
4.2.7 – Ensaio de microtração	69

4.2.8 – Classificação da fratura.....	70
4.2.9 – Análise estatística do ensaio de microtração	70
5 RESULTADOS	71
6 DISCUSSÃO	75
7 CONCLUSÃO	85
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS	87
9 REFERÊNCIAS	89
APÊNDICES	97

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Material utilizado na pesquisa	57
Tabela 2 – Resultado da Análise de Variância aplicada aos valores de resistência de união por microtração.....	71
Tabela 3 – Resultado do teste de comparação múltipla de Tukey para os valores de resistência de união por microtração	72
Tabela 4 – Análise de microscopia óptica – 40 x	73

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Dente incluído e seccionado, expondo superfície de dentina oclusal e margens em esmalte	62
Figura 2 – Ilustração de dente restaurado com platô de resina composta	66
Figura 3 – Ilustração das amostras em forma de palitos, com 1 mm ² de área de secção transversal	68
Figura 4 – Dentina – falha adesiva	73
Figura 5 – Resina – falha adesiva	74
Figura 6 – Resina/cimento – falha adesiva	74

Figuras do apêndice 2

Figura 7 – Sistema Adesivo de condicionamento ácido total Scotchbond Multiuso Plus (3M - Sumaré, SP, Brasil)	99
Figura 8 – Resina composta autoadesiva para cimentação Rely X U100 (3M - Sumaré, SP, Brasil).....	99
Figura 9 – Ilustração da aplicação de ácido do sistema de condicionamento ácido total do grupo TE	100
Figura 10 – Ilustração da aplicação de primer do sistema de condicionamento ácido total	100
Figura 11 – Ilustração de aplicação de adesivo do sistema de condicionamento ácido total	101
Figura 12 – Ilustração de aplicação do primer ácido do grupo SE	101

Figura 13 - Ilustração de aplicação do adesivo ácido do sistema adesivo autocondicionante	102
Figura 14 – Ilustração da padronização do volume das pastas pelo próprio blister de aplicação do sistema	102
Figura 15 – Ilustração da aplicação do material sobre a superfície de dentina realizada com o pincel de aplicação do sistema VF.	103
Figura 16 – Ilustração da aplicação da resina composta autoadesiva por meio da ponteira acoplada em pistola dispensadora.....	103
Figura 17 – Ilustração do sistema de aplicação da resina composta <i>flow</i> autoadesiva.....	104
Figura 18 – Ilustração da técnica incremental durante a confecção das restaurações.....	104
Figura 19 – Ilustração da confecção das restaurações em forma de platô com altura de 6mm.....	105
Figura 20 – Ilustração da secção dos dentes restaurados	105
Figura 21 – Ilustração do Sistema Adesivo autocondicionante Clearfil SE Bond (Sakazu, Kurashiki City, Okayama, Japão).	106
Figura 22 – Ilustração da resina composta autoadesiva de baixa viscosidade Vertise Flow (Romulus, MI, Estados Unidos).....	107
Figura 23 – Ilustração de remoção de eventuais resíduos de esmalte, realizado em uma máquina Politriz utilizando lixas d'água.....	108
Figura 24 – Equipamento confeccionado pela oficina da Faculdade de Odontologia UPF para realizar pressão de assentamento.....	108
Figuras 25 e 26 – Ilustração da realização da pressão de assentamento realizada no G5	109
Figura 27 – Ilustração do dispositivo metálico em forma de guilhotina, desenvolvido pelo Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Passo Fundo	110

LISTA DE ABREVIATURAS

% – Por cento

°C – Graus Celsius

µm – Micrômetro

4-META - 4 metacriloxietil

A – área

Al – Alumínio

ANOVA – Análise de variância

Bis-GMA – Bisfenol glicidil metacrilato

Ca – Cálcio

CIVMR – Cimento ionômero de vidro modificado por resina

cm – centímetros

CTRL – Controle

Dx511 – dimetacrilato de uretano modificado

EDTA – Ácido etilenodiamino tetra-acético

EMIC – Ensaio de microtração em máquina de ensaios

F – Força

fig. – Figura

FOUPF – Faculdade de Odontologia da Universidade de Passo Fundo

g/mm² – grama por milímetro quadrado

GPDM – Dimetacrilato de ácido glicérfosfórico

h – hora ou horas

H₃PO₄ – Ácido fosfórico
HEMA – Hidroxietil metacrilato
HOCl – Ácido cloroso
kg – quilograma
kgf – Quilograma força
Led – luz emitida de diodo
LSM – microscopia eletrônica de varredura à laser
MA, USA – Massachussets, Estados Unidos da América
MDP – Metacrilóiloxidecildihidrogenofosfato
MEV – Microscopia eletrônica de varredura
min – Minutos
mm – Milímetros
mm/min – Milímetros por minuto
mm² – Milímetros quadrados
MPa – Mega Pascal
mW/cm – Mili-watts por centímetro
mW/cm² – Mili-watts por centímetro quadrado
N – Newton
n – número de amostras
P – palatina
pH – Potencial hidrogeniônico
ppm – Parte por milhão
PVC – Policloreto de Vinila
s – Segundo ou segundos
SA – Sistema adesivo
SE – Clearfil SE Bond
SU – Grupo da dentina superficial

T – tensão

TEGMA – Trietilenoglicol-dimetacrilato

TEM – Microscopia eletrônica de transmissão

Udma – dimetacrilato de uretrano

v – Vestibular

x – Vezes

α – nível de significância

Resistência de união por microtração entre materiais autoadesivos e dentina

Rafael Vinícius da Rocha¹

RESUMO

Compósitos odontológicos denominados "autoadesivos" dispensam a utilização prévia de sistemas adesivos. Este estudo teve por objetivo avaliar, *in vitro*, a resistência de união de compósitos autoadesivos à dentina, testando as hipóteses: H₁ - compósitos autoadesivos apresentam resistência de união inferior aos sistemas de união de quarta e quinta geração; H₂ - a pressão de cimentação é capaz de aumentar a resistência de união de compósito autoadesivo. Cinquenta terceiros molares humanos hígidos foram armazenados em água destilada, incluídos em resina acrílica, seccionados para expor superfície plana de dentina coronária e aleatoriamente divididos em cinco grupos: TE (controle 1) – sistema adesivo de condicionamento ácido total; SE (controle 2) – sistema adesivo autocondicionante; UC – compósito autoadesivo para cimentação; VE – compósito de baixa viscosidade autoadesivo; e UCP – UC sob pressão estática de 1kg por 5 min. Os materiais foram aplicados como *liner* e os dentes restaurados com resina composta (Opallis/FGM cor A2), com 6 mm de altura. Os dentes foram seccionados para gerar amostras em forma de palitos com 1mm² de área de secção transversal, selecionando-se aleatoriamente dois palitos por

*Aluno do curso de Pós-Graduação em Odontologia – Área de Concentração em Clínica Odontológica da Universidade de Passo Fundo

dente (n=20), para o teste de microtração em máquina de ensaios (EMIC DL 2000) até ocorrer fratura (v=0,5mm/min). Os dados foram submetidos à Anova/Tukey (p<0,05). As amostras fraturadas foram analisadas em microscopia óptica, com aumento de 40x, a fim de classificá-las em coesivas ou adesivas. Foi possível concluir que tanto UC quanto EV desenvolveram resistência adesiva significativamente inferior a TE e SE, concordando com H₁. A pressão de cimentação não resultou em aumento da resistência de união quando comparados UC e UCP, rejeitando H₂. O padrão de fratura predominante foi adesivo para todos os grupos.

Palavras-chave: Adesão; Resina composta; Cimento; Autoadesivo; Microtração

ABSTRACT²

Restorative composites denominated self-adhesive dispense adhesive systems. This study aimed to evaluate the bond strength of dentin adhesive materials. The hypotheses for the study were: 1) self-adhesive materials have lower bond strength to adhesive systems of fourth and fifth generation, 2) pressure grouting is able to increase the bond strength of adhesive materials. Fifty healthy human third molars teeth were stored in distilled water, embedded in acrylic resin, sectioned to expose flat surface of dentin and randomly divided into five groups: TE (Control 1) – Adhesive system of total etching; SE - (Control 2) - adhesive system; UC - self-adhesive resin cements; VE - composite resin flow self-adhesive, and UCP - UC with static pressure of 1Kg for 5 min. Teeth were restored with composite resin (Opallis / FGM color A2) at 6 mm of height. Teeth were sectioned to obtain samples in the form of sticks with 1mm² cross sectional area, resulting in two sticks from each tooth (n = 20), that were submitted to microtensile bond test in a universal testing machine (EMIC DL 2000) until fracture occurs (v = 0.5 mm / min). Data were evaluated by ANOVA / Tukey ($\alpha = 0.05$). The fractured samples were examined under an optical microscope (OM) with 40x magnification in order to classify its into cohesive or adhesive. It was concluded that UC and VE developed lower bond strength than TE and SE, used as controls, confirming H₁. Cement pressure was not able to increase bond strength values of UCP, when compared with UC,

²Microtensile bond strength between self-adhesive materials and dentin

rejecting H₂. OM showed predominance of adhesive failures in all the groups.

Key-words: Adhesion; Composite resin; Cement; Self-adhesive composite.

1 INTRODUÇÃO

A odontologia restauradora evoluiu da retenção mecânica para a técnica de condicionamento de esmalte, desde quando Buonocore propôs, em 1955, o condicionamento do esmalte.

No anos 80 e 90, Nakabayashi (1982) desenvolveu a técnica de hibridização, que culminou no surgimento dos sistemas adesivos de quarta geração, cujo protocolo propunha condicionamento total em esmalte e dentina, seguido de infiltração de monômeros na dentina úmida. O ponto crítico desse sistema tem sido o método de secagem após aplicação do ácido, que visa a remover o excesso de água e a manter o colágeno expandido para permitir penetração de monômeros e formar a camada híbrida.

Van Meerbeek *et al.* (2003) relatam que os adesivos de três passos são mais confiáveis a longo prazo, sendo considerados o "padrão-ouro" para adesão. Porém, segundo De Munck *et al.* (2005), a hidrólise dos monômeros na camada híbrida desses sistemas pode causar a quebra das ligações covalentes. A infiltração de fluidos causa a lixiviação dos monômeros residuais e, por consequência, a diminuição de atrito entre as cadeias poliméricas. Esse processo permite ainda mais a entrada de fluidos, causando um fenômeno chamado de plastificação ou inchaço, enfraquecendo a camada híbrida.

Ainda na década de 90, surgiram os sistemas adesivos

autocondicionantes, que dissolvem e incorporam a lama dentinária e desmineralizam superficialmente a dentina, estabelecendo retenção micromecânica, complementada por interação química por meio de monômeros fosfatados e a hidroxiapatita (COELHO *et al.*, 2011). Os sistemas autocondicionantes permitiram desenvolver um protocolo simplificado, diminuindo a influência do operador sobre a qualidade da interface adesiva. Esses sistemas podem ser indicados para diversas situações clínicas em que o substrato dentinário predomina sobre o de esmalte, como cimentação de próteses e pinos pré-fabricados. Nesses casos, o sistema adesivo autocondicionante é aplicado previamente aos materiais resinosos para cimentação.

O desenvolvimento de novos compósitos e técnicas para minimizar a complexidade dos procedimentos adesivos é uma tendência de mercado, pois resultam em menor tempo clínico e protocolos simplificados. Nos últimos anos, tem aumentado a utilização de cimentos resinosos "autoadesivos", que dispensam a aplicação prévia de ácido, de *primer* ou de adesivo.

Os cimentos autoadesivos possuem monômeros fosfatados e grupos carboxílicos que são responsáveis pela união físico-química à dentina (CANTORO *et al.* 2011) e, ainda, monômeros funcionais como o MDP, capazes de desenvolver união química com resinas, cerâmicas e metais. Esses cimentos são apresentados na forma de pasta base e catalizadora. Apresentam dupla presa, a física, ativada por luz a 450 nm, e a química, ativada por amina terciária, que resulta na formação de fosfato de cálcio (3M/ESPE). Em materiais que apresentam polimerização físico-química, é possível que as cadeias formadas previamente pela fotoativação causem impedimentos espaciais para que

a reação química ocorra adequadamente. Esse fato resulta em baixa densidade de ligações cruzadas, mesmo em polímeros que apresentariam alto grau de conversão (PEUTZFELDT e ASMUSSEN, 2004).

Mais recentemente, foi lançada no mercado uma resina composta de baixa viscosidade (*flow*) autoadesiva, comercialmente denominada Vertise Flow (Kerr, Romulus, MI, Estados Unidos). Esse material dispensa a aplicação prévia de sistemas adesivos e é indicado para cavidades classe I, III e V, de pequena extensão, fora de áreas sujeitas a forças oclusais. Em sua composição, constam partículas pré-polimerizadas, que facilitam a manipulação e minimizam a contração de polimerização do material; Bário, responsável pelas propriedades mecânicas; sílica coloidal, que melhora o polimento; e fluoreto de Itérbio, que promove suposta liberação de Flúor em torno de 0,23 ppm em um dia e 0,48 ppm em uma semana, além de ser responsável pela radiopacidade (KERR DENTAL CORPORATION).

Para aplicação da VE, deve-se friccionar com pincel por 15 a 20 segundos, com o objetivo de auxiliar no molhamento da superfície, compensando a sua maior viscosidade quando comparada aos adesivos. Além disso, deve-se polimerizar por 20 segundos, pois os monômeros adesivos possuem uma resposta mais lenta à luz (VICHI *et al.*, 2010).

Em estudo clínico de seis meses de acompanhamento, a resina VE apresentou bom selamento marginal e não houve relatos de sensibilidade no pós-operatório em restaurações classe I, em áreas não funcionais. No entanto, alcançou sua expansão máxima em apenas 90 dias, resultando em uma contração negativa, sendo menos estável dimensionalmente que resinas restauradoras (WEI *et al.*, 2011).

Não foram encontrados, na literatura, dados sobre a resistência de

união de VE à dentina, surgindo dúvidas quanto à qualidade da interface desenvolvida por compósitos denominados autoadesivos.

A fim de se avaliar a resistência de união dos materiais autoadesivos à dentina, optou-se pelo protocolo da microtração. Por ser realizado em superfície coronária plana, não reproduz as condições clínicas nas quais os materiais são normalmente utilizados. No entanto, esse método elimina vieses ou influências de formato de cavidade, retenção friccional e profundidade de polimerização em cavidades coronárias ou canais radiculares. Assim, há possibilidade de se avaliar a capacidade de interação físico-química desses materiais.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Sistemas adesivos

Na odontologia restauradora, tradicionalmente a retenção do material ocorria de forma mecânica, por meio do preparo cavitário. Buonocore (1955) propôs a técnica de condicionamento ácido-fosfórico, utilizando a concentração de 85%, durante 30 segundos, sobre o esmalte dental para retenção de restaurações em resina acrílica. O autor creditou o bom funcionamento do ácido fosfórico em esmalte ao aumento da área de superfície após o condicionamento, à formação de uma nova superfície devido à precipitação de novas substâncias como o oxalato de cálcio, microrretenções às quais o material pode aderir.

Nakabayashi *et al.* (1982) constataram que monômeros com grupos hidrofóbicos e hidrofílicos, tais como o 4-META, infiltram-se no tecido duro, polimerizando *in situ* e melhorando a união com o substrato dentinário. Monômeros resinosos infiltraram na rede de fibrilas colágenas e, depois de polimerizarem, produziram uma retenção micromecânica da resina na superfície dentinária. Os autores denominaram de camada híbrida, pois tal camada corresponde a um híbrido formado por resina e colágeno, a interdifusão de resina/dentina infiltrada. Concluíram que tais monômeros representam um novo conceito de materiais biocompatíveis para o uso na união dentinária.

Erickson (1992) citou que *primers* possuem dois grupos funcionais diferentes: um com afinidade pela superfície e outro pelo material adesivo, que contém moléculas com grupos funcionais hidrofílicos, que são compatíveis com a dentina, e grupos hidrofóbicos, que são compatíveis com o adesivo.

A aplicação do adesivo hidrófobo é a última etapa do sistema de quarta geração. Segundo Van Meerbeeck *et al.* (1998), ocorre a substituição de tecido por um polímero de resina para formar um compósito terapêutico artificial, uma matriz de resina preenchida com polímeros biológicos fibrosos. Essa nova estrutura é um híbrido entre resina e colágeno. Para que haja formação da camada híbrida, há a necessidade de se conseguir infiltrar as fibras colágenas, que passam a servir de infraestrutura resina, fornecendo consequente retenção.

Frankenberge *et al.* (2000) citam que o grande número de passos na aplicação dos sistemas adesivos pode causar confusão e provocar erros de aplicação, como também consome mais tempo. Ademais, erros de aplicação resultam em um decréscimo muito grande na resistência de microtração.

O estudo de Sanares *et al.* (2001) teve como objetivo examinar o efeito de sistemas adesivos de frasco único, com diferente pH, na união às resinas foto ou quimicamente ativadas. Vinte e quatro terceiros molares humanos, livres de cárie, recentemente extraídos, foram divididos em quatro grupos. Um corte com disco diamantado expôs a dentina subjacente, a qual foi polida com lixa, sob refrigeração, com o intuito de criar lama dentinária. Sobre a superfície da dentina das amostras, os seguintes adesivos foram aplicados, conforme orientação do fabricante, um em cada grupo: Primer & Bond NT (Dentsply), Opti

Bond Solo (Kerr), Single Bond (3M ESPE) e One-Step (Bisco). Cada um desses quatro grupos foi dividido em dois subgrupos, conforme o tipo de resina utilizada: resina composta fotopolimerizável (Z100, 3M ESPE) ou quimicamente ativada (Bisfil 2B, Bisco). Cada amostra foi seccionada verticalmente em palitos de 0,9mm de espessura, os quais foram submetidos ao teste de microtração a uma velocidade de 1,0mm/min em uma Máquina Universal de Ensaio (Model 4440, Instron Inc, Canton, MA, USA). O modo de fratura foi individualmente avaliado em estereomicroscópio a 30 vezes. Quatro palitos de cada grupo foram selecionados para análise em MEV. A análise estatística demonstrou o efeito dos diferentes sistemas adesivos, os modos de polimerização das resinas compostas e a interação entre esses dois fatores significativos ($\alpha < 0,001$). Nos quatro sistemas adesivos testados com resina fotopolimerizável, não houve diferença na força adesiva ($\alpha > 0,05$); porém, a resistência adesiva foi significativamente menor quando a resina quimicamente ativada foi utilizada. A falha ocorreu, predominantemente, na interface entre adesivo e resina composta.

Segundo Garone Filho *et al.* (2002), os *primers* são monômeros dissolvidos em solução aquosa e em solvente. Este último pode ser acetona, álcool ou apenas a própria água. Os monômeros hidrófilos são moléculas bifuncionais com características hidrófilas e hidrófobas. Sua afinidade com a água, pela terminação hidrófila, permite a penetração no substrato dentinário úmido, enquanto a outra terminação garante a polimerização por meio do rompimento da dupla ligação de carbono com a camada de adesivo.

Nesse sentido, Carvalho *et al.* (2002) analisaram os tempos de condicionamento ácido, de lavagem e de secagem da cavidade, após

analisaram o tempo de aplicação do adesivo e o tempo de fotopolimerização. Durante o estudo, todos os passos foram seguidos exatamente como indicavam os prospectos dos respectivos fabricantes. A secagem da cavidade foi realizada com cones de papel absorvente e a remoção do excesso de adesivo foi feita com três leves jatos de ar após cada uma das duas aplicações do agente de união. Quando houve ausência de informação sobre as etapas e o tempo de aplicação, a pesquisa respeitou o seguinte protocolo: ataque ácido 15s; lavagem 10s; excesso de umidade removido com 2 breves jatos de ar a 5cm de distância e uso de *microbrushes*; remoção do excesso de adesivo foi realizada com 3 breves jatos de ar a 5cm de distância; e fotopolimerização com tempo de 20s. Nem todos os sistemas simplificados produziram tempos de aplicação menores que o sistema de quarta geração que foi utilizado como controle positivo, o que leva a crer que a associação de *primer* e adesivo em um só frasco não significa necessariamente a diminuição do tempo de aplicação. O menor tempo foi encontrado para o sistema *all-in-one*, usado como controle negativo. Esse material teve tempo de aplicação menor do que os quatro sistemas adesivos de frasco único. Portanto, os pesquisadores concluíram que a associação de *primer* e de adesivo em um só frasco efetivamente não significa diminuição do tempo de aplicação.

De Munck *et al.* (2005) referem que a hidrólise dos monômeros na camada híbrida dos sistemas de três passos pode causar a quebra das ligações covalentes. Isso se potencializa pela ação de enzimas presentes na saliva. A infiltração de fluidos causa a lixiviação dos monômeros residuais e, por consequência, a diminuição de atrito entre as cadeias poliméricas. Esse processo permite ainda mais a entrada de fluidos,

causando um fenômeno chamado de plastificação ou inchaço, enfraquecendo a camada híbrida.

Já Peumans *et al.* (2005) afirmam que sistemas de três passos são considerados padrão-ouro quando comparados às performances das novas gerações de adesivos, devido à sua excelente união ao esmalte e à formação de adequada camada híbrida em dentina.

Segundo Demirci *et al.* (2008), o mecanismo primário de união dos adesivos de quarta geração é essencialmente baseado na difusão e depende da hibridização ou da microrretenção micromecânica da resina entre as fibrilas de colágeno expostas e na porção mineral.

Van Meerbeeck *et al.* (2003) sugerem que o mecanismo básico da formação da camada híbrida é determinado pela remoção do componente inorgânico e substituição do tecido dental duro pelos monômeros resinosos que se conectam micromecanicamente às porosidades realizadas previamente pelo condicionamento ácido. Esses sistemas podem ser apresentados em frascos separados, um contendo o *primer* e o outro contendo o adesivo, ou em frasco único que combina o *primer* e o adesivo no mesmo recipiente.

Takahashi *et al.* (2011) analisaram três sistemas adesivos com diferentes solventes, sendo dois à base de HEMA e um livre de HEMA. Avaliaram a absorção de água e a resistência adesiva em ensaios de tração. Os resultados mostraram que houve diferença significativa entre os diferentes sistemas e entre o tempo de armazenagem: após 90, 180 e 360 dias, os adesivos contendo HEMA tiveram maior absorção de água que o adesivo livre de HEMA. O monômero HEMA tende a se agrupar antes da polimerização, criando domínios hidrolíticos. Com a água, a rede de polímeros aumenta de volume e separa ésteres adesivos do

metracrilato. Nos adesivos contendo HEMA, a absorção de água foi maior e, após 360 dias de armazenamento em água, a resistência de tração diminuiu, exceto para o adesivo Bond Force, que não mostrou diferenças significativas. Alguns fatores influenciaram na resistência de união, dentre os quais se podem citar a ligação cruzada dos monômeros, a presença e o tipo de partículas de preenchimento, o grau de conversão e a quantidade de resíduos orgânicos. Além disso, a absorção de água pode ser influenciada por outros fatores além da presença de HEMA, como a natureza das ligações cruzadas dos monômeros hidrofóbicos, a polaridade da estrutura molecular e a água residual. Portanto, a absorção de água na camada adesiva pode afetar as propriedades mecânicas do adesivo e comprometer a eficácia em longo prazo. Por outro lado, a ausência desse monômero pode levar à formação de “árvores de água”, que permitem a nanoinfiltração na camada híbrida, o que também poderia degradá-la.

Passos *et al.* (2012) afirmaram que o condicionamento ácido em esmalte causa a dissolução da periferia ou do centro do prisma, criando porosidades e aumentando a energia de superfície desse substrato. Essas alterações possibilitam a penetração do adesivo nas porosidades, formando a zona de interdifusão, responsável pela adesão. Já, em dentina, o condicionamento remove a *smear layer*, alarga a entrada dos túbulos dentinários e expõe a rede de fibrilas colágenas. A penetração do adesivo por entre as fibrilas colágenas forma a camada híbrida responsável pela união do adesivo ao tecido dentinário. Os autores realizaram um estudo com diferentes marcas de condicionadores, não havendo diferença de resultados entre as marcas. No entanto, concluíram que a ponta da seringa aplicadora deve ser levada em consideração, pois

a pressão exercida pelo êmbolo da seringa contra a entrada de menor área da ponta aplicadora provoca uma redução da viscosidade, resultando em melhor efeito condicionante.

Segundo Nakabayashi e Pashley (2000), a adesão mecânica ocorre com o aprisionamento físico do material, situação em que os polímeros ficam aprisionados às fibras colágenas. Já a adesão química é representada pelas forças de valência primária, como ocorre nas ligações iônicas covalentes e metálicas e ainda pelas forças e valências secundárias, que são as forças de Van der Waals. A adesão química está diretamente relacionada com a superfície aderente e com a capacidade de umedecimento ou molhamento do adesivo. Um líquido umedece um sólido quando o ângulo de contato formado entre eles é menor que noventa graus. Adesão física depende das forças de valência secundária. Essas forças ocorrem em dipolos moleculares e na interação da nuvem de elétrons desprotegidos.

Nakabayashi e Pashley (2000) afirmam que o fenômeno da adesão é definido como sendo o estado no qual duas superfícies, de composição molecular diferentes, unem-se por forças de atração, as quais podem ser químicas, mecânicas ou físicas. Adesão mecânica se dá quando há o aprisionamento físico do material. A dentina hibridizada é considerada como uma força de adesão mecânica, de forma que os polímeros ficam aprisionados com as fibras colágenas. Adesão química é representada pelas forças de valência primária, como ocorre nas ligações iônicas covalentes e metálicas e, ainda, pelas forças e valências secundárias, que são as forças de Van der Waals. A adesão química está diretamente relacionada com a superfície aderente e com a capacidade de umedecimento ou molhamento do adesivo. Um líquido "molha" um

sólido quando o ângulo de contato formado entre eles é menor que noventa graus. Adesão física depende das forças de valência secundária. Essas forças ocorrem em dipolos moleculares e na interação da nuvem de elétrons desprotegidos.

Perdigão *et al.* (2000) afirmam que, quando se preparam cavidades cada vez mais profundas em dentina, encontra-se um substrato cada vez mais poroso, com uma quantidade maior de túbulos dentinários e com diâmetro cada vez maior, o que torna a dentina profunda um substrato mais permeável e úmido. A natureza dinâmica da dentina é responsável pela infiltração marginal que ocorre em todos os adesivos à base de resina.

Shirai *et al.* (2005) afirmaram que sistemas adesivos com *primer* autocondicionantes atingem valores de resistência adesiva dentinária comparáveis aos tradicionais sistemas adesivos de três passos, reduzindo significativamente a sensibilidade da técnica.

Devido à manutenção dos *smear plug*, os sistemas autocondicionantes apresentam maior biocompatibilidade, pois monômeros livres não chegarão à polpa via canalículos dentinários (CLAVIJO *et al.*, 2006).

Kukletová *et al.* (2007) realizaram análise de microscopia eletrônica e compararam interfaces adesivas de sistemas adesivos de condicionamento ácido total com sistemas autocondicionantes. Após a análise das imagens, concluíram que todos os sistemas foram capazes de formar *tags* de resina com a dentina intertubular e peritubular. Os sistemas autocondicionantes formaram *tags* resinosos mais curtos em comparação ao sistema de condicionamento total. No entanto, o estudo morfológico não revelou diferenças substanciais entre os sistemas.

Por sua vez, Borges *et al.* (2007) não encontraram diferença entre sistema adesivo de condicionamento ácido total e outro contendo *primer* autocondicionante em sua composição, quando aplicados à estrutura dental de bovinos.

Ermis *et al.* (2008) compararam a resistência de união, em testes de microtração, de diferentes sistemas adesivos autocondicionantes quando submetidos a diferentes tipos de *smear layer*. Foram utilizados trinta e seis molares, que tiveram o esmalte oclusal removido, expondo a dentina, e divididos em três grupos. O padrão de *smear layer* variou para cada grupo de acordo com a granulação das lixas (100, 30 e 10 μm). Quatro sistemas adesivos foram utilizados, sendo três autocondicionantes e um sistema de condicionamento ácido total (controle). Após, foram restaurados em resina composta com 5-6mm de altura e fotopolimerizados. Em seguida, foram seccionados em forma de palitos com cerca de $0.74\pm 0.09\text{mm}^2$. As amostras foram fixadas em máquina de ensaio e submetidas ao teste de microtração com velocidade de 1mm/min e carga de 100 N. Aos dados obtidos, foi aplicado ANOVA/Tukey (0,05). A maioria das falhas foi mista, independentemente da condição experimental. Adper Prompt L-pop foi o sistema mais agressivo dos autocondicionantes utilizados neste estudo. Embora seja o mais ácido, apresentou as menores médias de resistência de união. Os autores explicam que o problema desse sistema é a água residual que permanece na interface adesiva após a polimerização. Para Clearfil SE, a espessura de *smear layer* não influenciou nos resultados de microtração, pois tem potencial de dissolução dessa camada. Já Clearfil S3 obteve melhores resultados quando tinha menor espessura de *smear layer*, pois é menos ácido e menos agressivo. Portanto, pode-se concluir

que, para sistemas de condicionamento ácido total e autocondicionantes mais agressivos, a espessura de *smear layer* dificilmente poderá interferir nos valores de resistência adesiva.

Devido a diferentes fatores que afetam a força de união entre resina composta e dentina, Villela-Rosa *et al.* (2011) avaliaram a influência do sistema adesivo, o tipo de condicionamento ácido e a profundidade de dentina, em ensaios de cisalhamento. Para análise estatística, foi aplicado ANOVA e teste Tukey ($\alpha = 0,05$). Os resultados revelam que a resistência ao cisalhamento depende diretamente da penetração do adesivo na dentina. Os ácidos poliacrílicos presentes nos adesivos Adapter Single Bond 2 e em Adapter Prompt L-Pop promovem a quelatação do cálcio e a formação de pontes de hidrogênio com os componentes da dentina gerando, assim, maiores valores de resistência ao cisalhamento. A presença da sílica também estabiliza a camada híbrida. Além disso, as nanopartículas em Adapter Single Bond 2 aumentam a penetração, se comparadas a cargas maiores, como o dióxido de sílica em Magic Bond DE e as microcargas em Self Etch Bond. O autocondicionante de duas etapas (Self Etch Bond) mostrou baixos valores, enquanto o autocondicionante de uma etapa (Adapter Prompt L-pop) teve performance superior ao adesivo de condicionamento ácido total (Magic Bond DE). O pH de Adapter Prompt L-pop é próximo de 1, considerado forte, enquanto Self etch Bond possui pH próximo de 5, o que explica também a melhor resistência ao cisalhamento de Adapter Prompt L-pop. Adapter Single Bond 2 demonstrou a melhor média de valores, enquanto Self etch Bond mostrou os menores valores. A resistência adesiva é afetada pelo tipo de adesivo e pela profundidade de dentina. Quanto mais profunda a dentina,

menor a capacidade de ligação.

Nos sistemas autocondicionantes, segundo Coelho *et al.* (2011), existe a penetração dos agentes que dissolvem e incorporam a *smear layer* na interface adesiva, o que ocorre num único passo clínico. O mecanismo de adesão por parte dos adesivos de autocondicionamento fundamenta-se na retenção micromecânica, complementado por uma importante interação química que se dá entre os monômeros funcionais e a hidroxiapatita .

Blunck e Zaslansky (2011) demonstram, em seu estudo, que sistemas adesivos de passo único possuem resultados de infiltração marginal inferiores que sistemas adesivos de inúmeros passos.

2.2 Cimentos resinosos

A fim de melhorar a adesão dos cimentos de ionômero de vidro reforçados por resina, Pereira *et al.* (1998) utilizaram condicionadores ácidos para o pré-tratamento da dentina. Com a remoção da *smear layer* há um melhoramento da penetrabilidade do adesivo hidrofílico HEMA na rede de fibras colágenas. Quando utilizado um sistema adesivo previamente aos cimentos de ionômero de vidro reforçados por resina, são produzidos resultados de adesão semelhantes aos obtidos em compósitos de resina. O fato de ser formada uma camada adesiva, não impede a ação benéfica dos fluoretos, pois os íons de flúor do ionômero de vidro tem capacidade de se difundir na camada adesiva ficando em contato com a dentina.

Zimehl e Hannig (2000) afirmam que adesão pode ser definida como a atração exibida entre moléculas de diferentes materiais e suas

interfaces. A presa dos cimentos ionoméricos é baseada na reação de um ácido-base. A solução de hidrato de ácido policarboxílico reage com o íon cálcio-alumínio-flúor-sicato de vidro, formando a matriz. As partículas de sílica de vidro são agregadas por meio de ligações químicas. Como um ácido policarboxílico, polímeros de ácidos alquenóicos, ácido poliacrílico e seus co-polímeros com ácido itacônico ou maleico são utilizados. Na fase inicial, íons de Ca^{2+} e Al^{3+} são liberados pela reação de ácidos com sílicas de vidro. A concentração de Ca^+ aumenta mais rapidamente que a de Al^+ e, em minutos, ocorre a gelificação do cimento pela combinação de moléculas de ácido poliacrílico por meio de ligações de pontes de cálcio. Grupos carboxílicos penetram na matriz de apatita, deslocando íons de cálcio e, então, a adesão se dá por meio de ligações iônicas e covalentes entre o grupo carboxílico dos ácidos poliacrílicos e a parte inorgânica (apatita) do esmalte e da dentina. Pode-se, no entanto, modificar a matriz inorgânica do ionômero de vidro, adicionando monômeros hidrofílicos polimerizáveis (HEMA). Cimento ionômero de vidro modificado (CIVMR) possui mecanismo dual de presa, que envolve a reação ácido-base do ácido poliacrílico com o vidro e a reação de polimerização induzida por radicais da matriz orgânica, chamada polimerização fotoquímica. Microtração e cisalhamento são os testes mais utilizados. Testes laboratoriais somente podem ser correlacionados com o mesmo estudo. Os resultados obtidos não são considerados nos valores do material, pois um estudo depende de uma série de fatores como taxa de tensão, tamanho e geometria da amostra. A hidrólise e a plastificação da resina são fenômenos relacionados ao ingresso de água. A hidrólise rompe ligações covalentes existentes entre colágeno e polímeros

resinosos. Esse processo ainda pode ser agravado por enzimas presentes na saliva, as esterases, podendo lixiviar os monômeros residuais e diminuir a força de ligação, permitindo também ingresso de água. Esta, por sua vez, irá reduzir o atrito entre as cadeias de polímeros fazendo com que cause um inchaço, ou seja, a plastificação. O mecanismo de adesão consiste na substituição de minerais encontrados na estrutura dentária por monômeros de resina. Assim, tornam-se micromecanicamente retidos nas porosidades criadas. Existem três mecanismos de adesão: condicionamento ácido total, autocondicionantes e ligações ionoméricas. A técnica do condicionamento ácido total, padrão-ouro na literatura, pode ser executada em três ou em dois passos. Os autocondicionantes, que eliminam a fase de enxágue, tornando a técnica menos suscetível a erros, dissolvem parcialmente a superfície da dentina, expondo um número considerável de cristais de hidróxido apatita que vão reagir quimicamente com grupos carboxila e com grupos de monômeros fosfatados. Trata-se de um tipo de união química e mecânica, em que a união mecânica oferece resistência ao estresse e a união química pode resultar em melhor resistência de degradação hidrolítica, e, portanto, permite manter as margens seladas por mais tempo. As ligações ionoméricas ou de ionômero de vidro são basicamente químicas, pois o ácido polialquenoico possui grupamento carboxila e este faz uma interação iônica com os íons de cálcio das hidróxido-apatitas que permaneceram ligadas às fibras colágenas.

A técnica para cimentação adesiva multipassos é complexa e bastante sensível. Consequentemente, pode comprometer a eficácia da união entre cimento e dentina. Um cimento resinoso, que combina adesivo e cimento em uma única aplicação, foi lançado no mercado. Para

comprovar a eficácia desse novo sistema, De Munck *et al.* (2004) realizaram testes de microtração e análise microscópica. Dezoito terceiros molares hígidos foram utilizados e divididos em seis grupos experimentais, sendo utilizado no grupo controle o cimento Panavia F. Para resistência de união ao esmalte, esse substrato foi planificado, utilizando-se broca diamantada em alta rotação. Blocos de resina composta foram cortados em baixa velocidade com broca diamantada, a fim de criar rugosidade na superfície. O cimento autoadesivo foi aplicado com e sem prévio condicionamento ácido. Foi realizada cimentação com uma leve pressão. Para testar dentina, o terço oclusal dos molares foi removido e a aplicação do cimento deu-se da mesma forma descrita acima. O teste de microtração foi realizado à velocidade de 1mm/min. Em esmalte, RelyX teve valores significativamente menores que o grupo controle com Panavia F, enquanto em dentina não mostrou diferença. Quando a superfície foi condicionada, apresentou valores maiores em esmalte, sem diferença significativa comparada a Panavia F, porém menores em dentina. Na análise microscópica, conclui-se que a pressão de cimentação influencia no resultado, sendo necessária para diminuir a película e evitar espaços em paredes íntimas da cavidade. Não foi formada camada híbrida em dentina, apenas uma interação irregular com até 2mm. Tais resultados se explicam devido ao pH insuficiente do material, incapaz de hibridizar a dentina, e a relativa alta viscosidade que dificulta a penetração. No entanto, os valores melhoram quando aplicados sob pressão, evitando porosidades na interface. Concluíram que RelyX interage somente superficialmente com esmalte e dentina, deve ser cimentado com alta pressão e com condicionamento seletivo em esmalte.

O alto grau de conversão dos monômeros se deve à possibilidade de se ter diferentes modos de polimerização (PEUTZFELDT e ASMUSSEN, 2004).

Goracci *et al.* (2006) avaliaram a resistência de união e os aspectos morfológicos na interface de esmalte e de dentina com um sistema de cimento autocondicionante e dois sistemas autoadesivos, assim como a influência da pressão de assentamento. Verificaram que RelyX Unicem e Panavia F 2.0 foram significativamente superiores a Maxcem. Nas análises microscópicas, Maxcem não apresentou sinais de união micromecânica. Descontinuidades foram frequentes e a união em dentina foi superficial, não formando camada híbrida. RelyX Unicem apresentou melhor continuidade marginal e com camada híbrida não muito evidente. Em esmalte, o mesmo cimento apresentou limitada capacidade de infiltração. Panavia F 2.0 apresentou 2 μ m de lama dentinária e pequenos *tags* de resina em esmalte e dentina em ambas as pressões de assentamento. O potencial de desmineralização dos monômeros multifuncionais de Maxcem pode ter sido insuficiente para formar uma relevante camada híbrida, formando apenas uma interação superficial entre dente e cimento. O Fato de RelyX Unicem ter tido melhor adesão em dentina, com maior pressão de assentamento, explica-se de diversas formas: redução de viscosidade, diminuição das porosidades e, ainda, maior interação entre monômeros e substrato. Panavia F mostrou resultados similares ao Unicem em dentina, porém, registrando uma camada híbrida mais fina, devido à sua baixa viscosidade. Já em esmalte mostrou melhor capacidade de condicionamento que, somado à sua baixa viscosidade, resultou em maiores valores de resistência de união.

Monticelli *et al.* (2008) refere que os cimentos autoadesivos produzem limitada descalcificação das estruturas duras do dente e incapacidade de permeabilização na *smear layer*. Ainda informa que o pH desses cimentos, aproximadamente 2,1, não é suficientemente baixo, pois um efeito de neutralização pode ocorrer durante a mistura devido à reação química que libera água ou partículas alcalinas que podem aumentar o pH.

Cantoro *et al.* (2010) compararam pressão de cimentação estática, com aplicação de ultrassom. Cinquenta e seis dentes humanos extraídos receberam preparos cavitários do tipo classe II para receber restaurações indiretas confeccionadas com resina composta. Quando utilizaram ultrassom, este foi mantido até que houvesse extravasamento nas margens da restauração. Quando foi realizada pressão estática, esta foi de 1kg, durante 5min. Com RelyX Unicem, a pressão melhorou quando utilizada com ultrassom.

Cantoro *et al.* (2010) afirmam que os pinos de fibra de vidro possuem módulo de elasticidade semelhante ao da dentina, o que permite reduzir o estresse das paredes do canal diminuindo os riscos de fraturas verticais. O objetivo desse estudo foi avaliar resistência de união e a integridade marginal dos cimentos resinosos autoadesivos em dentes tratados endodonticamente. Vinte e quatro pré-molares unirradiculares foram utilizados. RelyX Unicem possui agentes bifuncionais de metacrilatos e cerca de 70% de carga inorgânica, tendo, portanto, boa fluidez, mostrou-se homogêneo e os espaços foram preenchidos. No entanto, a formação de uma camada híbrida foi limitada. A *smear layer* secundária formada no pino, a alta viscosidade do material e a reação de presa do cimento promovem um tamponamento da dentina prejudicando

a sua penetração. Esses fatores podem afetar negativamente a desmineralização e o potencial de penetrabilidade dos cimentos autoadesivos. Em Maxcem Elite, o fabricante alega que a incorporação de GPDM e de outros monômeros adesivos otimizam a molhabilidade do material. Além disso, a modificação da matriz e o formato das partículas reduzem a tensão superficial e promovem um contato íntimo com o substrato dental. No entanto, o estudo demonstrou a fraca adaptação com o substrato e baixo efeito desmineralizador, não formando uma camada híbrida. Esse material possui HEMA que, embora aumente a molhabilidade, deixa a resina mais propensa à absorção de água, podendo representar um aumento da permeabilidade no cimento, provocando aumento de volume quando polimerizado e degradação hidrolítica com o tempo, comprometendo selamento apical ou coronário. Além disso, as porosidades são uma via para as enzimas ácidas que provocam degradação. Em seT, somente dimetacrilato de uretano é utilizado na matriz, sem nenhum outro monômero diluente. O monômero UDMA pode ter apresentado baixa conversão dos monômeros, pelo fato de possuir alta viscosidade. A dificuldade de polimerização do monômero encontrado em regiões mais profundas pode ter influenciado na retenção do material. O material teve dificuldades de penetração nos túbulos dentinários, o que pode ser explicado pela ausência de HEMA que diminuiu a molhabilidade da superfície. O fabricante denota que o cimento promove uma união química, mas não detalha informações a respeito de seus monômeros ácidos. Portanto RelyX Unicem demonstrou, nesse estudo, maior resistência de união comparado à Maxcem Elite e a seT.

Pavan *et al.* (2010) avaliaram a aplicação dos ácidos tânico e

poliacrílico sobre a resistência de união de cimentos autoadesivos. Quando a superfície foi tratada com ácido poliacrílico, obtiveram-se resultados superiores para RelyX Unicem. A associação de ácido fosfórico ionizado e monômeros de metacrilato é responsável pela união à dentina, resultado da incorporação de partículas de *smear layer* dissolvida, assemelhando-se ao mecanismo de adesão do ionômero de vidro. RelyX Unicem possui partículas de ionômero de vidro na sua composição. O ácido poliacrílico contém grupos de íons de carboxila que podem formar ligações de hidrogênio e promover limpeza e umidificação do substrato. Os autores sugerem duas possíveis explicações para o aumento dos resultados para a associação entre ácido poliacrílico e RelyX Unicem: o pré-tratamento não remove totalmente a *smear layer*, formando uma camada intermediária rica em cálcio e fosfato, que facilita a reação química com o ácido fosfórico e metacrilatos do cimento; ou pode ter ocorrido a remoção total da *smear layer* e a desmineralização parcial da dentina, expondo uma zona rica em colágeno onde o cimento poderia ter penetrado, formando uma camada híbrida complexa. Já para Maxcem Elite, o pré-tratamento com ácido poliacrílico não demonstrou aumento de resistência de união em testes de microtração, pois o ácido poliacrílico em combinação com o baixo pH de Maxcem Elite pode ter resultado na dificuldade de penetração do cimento. O ácido tânico não mostrou resultados significativos para ambos os materiais. Concluíram que o ácido poliacrílico melhora resistência de união quando utilizado em combinação com RelyX Unicem.

Tem-se observado que os cimentos autoadesivos têm limitado potencial de desmineralização e pouca capacidade de união à dentina.

Frente a isso, Pisani-Proença *et al.* (2011) realizaram um estudo para verificar a eficácia de adesão realizando condicionamento prévio da dentina com ácido fosfórico, com aplicação de sistema adesivo autocondicionante e, ainda, com aplicação de EDTA, em ensaios de microtração de 3 cimentos autoadesivos. Quarenta e oito molares hígidos tiveram a superfície oclusal removida deixando a dentina exposta. Com uma resina composta híbrida, foram formados blocos de resina para serem cimentados no substrato dentinário dos molares, que foram divididos em 4 grupos de 12 espécimes: G1 (controle): ausência de tratamento em dentina; G2: ácido fosfórico 37%, 15s; G3: autocondicionante com *primer* adesivo; e G4: condicionamento com EDTA por 60s. Após os tratamentos em dentina, os espécimes foram novamente subdivididos em 3 subgrupos (n=4). Foram utilizados três cimentos autoadesivos: RelyX Unicem, Maxcem e Multilink. Os blocos de resina foram cimentados de acordo com as instruções do fabricante, com forte pressão digital, e, após, submetidos à carga estática de 750g por 10min. Os blocos foram fotopolimerizados em 4 períodos de 40 segundos com intensidade de luz de pelo menos 600mW/cm a 0,5 mm de distância. Após sete dias estocados em água destilada a 37°, os espécimes foram seccionados e submetidos a microtração com uma carga de 10kgf e velocidade de 1,0mm/min. Dois outros espécimes de cada grupo experimental foram preparados e analisados com MEV. Para análise estatística, foi utilizado ANOVA e Teste Tukey ($\alpha = 0,05$). O condicionamento com ácido fosfórico a 37% apresentou maiores níveis de adesão, independentemente do agente cimentante. O cimento autocondicionante com *primer* adesivo e com EDTA apresentaram resistência de união superior ao grupo controle (não preparado). RelyX

Unicem teve valores superiores a Maxcem e Multilink. A MEV revelou formação de camada híbrida e *tags* de resina bem definidos com H₃PO₄. RelyX Unicem com superfície não tratada apresentou melhores resultados comparados a Maxcem e Multilink. A união de polímeros depende de energia de superfície e da molhabilidade do aderente. H₃PO₄ remove a *smear layer* e formou uma rugosidade de superfície que aumentou a molhabilidade da dentina e resultou em aumento dos valores de resistência de união. A desmineralização com EDTA não foi eficiente para melhorar a resistência de união. Portanto, o condicionamento com ácido fosfórico previamente à cimentação melhora a adesividade.

Aschenbrenner *et al.* (2011) analisaram a adaptação marginal em esmalte e dentina de quatro tipos de cimentos autoadesivos utilizados em *Inlay* Classe II confeccionada em cerâmica, realizando processo de envelhecimento de cinco anos. Foram realizados preparos cavitários classe II para receberem *inlays* cerâmicas. Quatro diferentes cimentos foram aplicados (Clearfil AS Cement, iCEM, Bifix SE e seT). Foi realizada simulação de 5 anos de envelhecimento, analisando-os novamente em MEV. ANOVA e Tukey ($\alpha=0.05$) demonstraram que seT apresentou os melhores resultados tanto para esmalte quanto para dentina. iCEM apresentou falhas de adaptação. Com Clearfil SA, a integridade marginal foi inferior aos demais. Antes do envelhecimento, houve diferença significativa entre Bifix e iCEM. Após o envelhecimento, todos os quatro grupos encontraram valores de penetração do corante inferior a 15%. O fato de a adaptação marginal ter sido melhor em esmalte que em dentina para seT, iCEM e Clearfil SA deve-se às variações de pH nesses cimentos. Os valores mais baixos de pH apresentados por alguns cimentos provavelmente se deve à

deterioração da matriz do cimento. Deve-se ter cautela com os resultados, pois um grupo controle não foi empregado nesse estudo.

Ilie e Simon (2011) analisaram o efeito da luz sobre as propriedades micromecânicas de oito cimentos autoadesivos duais, comparando-os a dois convencionais. As análises estatísticas foram realizadas utilizando ANOVA e Tukey ($\alpha = 0,05$). A análise multivariada testou a influência do tipo de cimento, modo de polimerização e as propriedades micromecânicas. Houve diferenças significativas nas propriedades micromecânicas nos diferentes modos de polimerização, apresentando maiores valores sempre que fotoativados. O maior módulo de elasticidade foi atingido pela G-Cem e RelyX Unicem. Os resultados mostraram que, a uma distância de 5mm, não se tem mais que 57% de irradiação, e, a uma distância de 10mm, não se tem mais que 22% de irradiação. Quando a luz foi aplicada diretamente sobre o cimento, a dureza Vickers variou entre 65.87 N/mm² (RelyX Unicem) e 14.77 N/mm² (Clearfil SA), nos casos de autopolimerização, a dureza foi menor entre 50.99 N/mm² (Dentin Build) e 1.79 N/mm² (i-CEM). A influência da luz é material-dependente. RelyX Unicem teve significativo aumento de resistência de união quando submetido a polimerização. Cimentos autoadesivos provaram também ter menor desgaste à abrasão, porém maior desgaste à compressão. RelyX Unicem mostrou melhor módulo de elasticidade em comparação com Multilink ou Maxicem. O baixo desempenho clínico pode-se explicar pelo volume e pelo peso de partículas do material como uma maneira de barrar a penetração da luz.

2.3 Resinas de baixa viscosidade

Silva *et al.* (2002) citaram que as resinas *flow* apresentam menor concentração de carga, ótimo escoamento e baixo módulo de elasticidade, o que, teoricamente, suportaria e dissiparia melhor o estresse gerado por tensões térmicas e mastigatórias, diminuindo as microfraturas causadas na linha de união e favorecendo o vedamento marginal. O fácil escoamento permitiria adaptação a toda a extensão das paredes cavitárias, ocupando o espaço existente. Com isso, a adaptação da resina *flow* à superfície interna do preparo seria perfeita evitando possíveis bolhas. Além disso, a força normal exercida pela resina *flow* durante seu escoamento, para acomodação no interior de uma cavidade, é mínima. Tal fato beneficiaria a resina *flow* na prevenção de algum estresse sobre a linha de união no momento da colocação do material restaurador na cavidade, evitando o surgimento de trincas ou a predisposição de alguma área da zona híbrida a elas. A partir disso, os autores realizaram um estudo *in vitro* para verificar a eficácia do material quanto à capacidade de vedamento marginal. Os resultados corroboraram o que se encontra na literatura, pois a presença da resina *flow* na parede cervical não foi capaz de impedir totalmente a infiltração marginal.

As resinas fluidas adaptam-se bem às paredes cavitárias, diminuindo a possibilidade de formação de bolhas, atuando como um coxim elástico que compensa os estresses gerados na interface dente-restauração, provocados pela contração de polimerização. O coeficiente de expansão térmica das resinas *flow* é próximo ao da estrutura dentária, além de apresentar fácil aplicação nas regiões de difícil acesso (BOTTA

et al., 2006).

Estudos clínicos de resina composta em restaurações Classe II demonstraram desempenho satisfatório em restaurações com resina composta após 17 anos (ROSA RODOLPHO *et al.*, 2006).

Pongprueksa *et al.* (2008) avaliaram o módulo de elasticidade da interface adesiva após hibridização e hibridização seguida de *liner* de resina *flow*. Concluíram que a resina *flow* não teve influência na infiltração marginal, porém aumentou a resistência de união em testes de microtração. Os adesivos com carga possuem módulo de elasticidade maior, mas isso não aumentou o módulo de elasticidade da camada híbrida, pois o agente de carga possui em torno de 5 μ m, enquanto o espaço interfibrilar possui cerca de 20 μ m, o que impossibilita a penetração na camada híbrida. Portanto, o teor de carga não tem efeito sobre o módulo de elasticidade da camada híbrida. O uso de resinas com carga pode apresentar melhores resultados que o uso de adesivos sem carga, porém menos benefícios que o uso de resinas *flow*.

Um material resinoso combinando às propriedades de autoadesão e fluidez (Vertise *Flow*) foi lançado no mercado. Em razão disso, Vichi *et al.* (2010) realizaram um estudo prospectivo clínico de 6 meses para avaliar o comportamento desse material em restaurações classe I. Foram avaliados quarenta pacientes com idades entre 18 e 60 anos. Os preparos cavitários limitaram-se à remoção da cárie ou da antiga restauração, excluindo as áreas funcionais. Uma fina camada de 0,5mm foi inserida na cavidade com 15 a 20s de aplicação e então polimerizada por 20s. O restante da cavidade foi preenchido com pequenos incrementos para uma efetiva polimerização e novamente polimerizado por 20s. As restaurações foram analisadas por diferentes operadores, sem

informações sobre a pesquisa, no mesmo dia, uma semana, um mês, três meses e seis meses após o procedimento. Foram verificados descoloração e integridade marginal, cárie secundária, fratura, sensibilidade, teste de vitalidade, retenção e contatos interproximais. Das 40 restaurações, 37 mantiveram-se íntegras, 1 apresentou cárie secundária e 1 mostrou descoloração marginal após um mês e outra cárie secundária após o terceiro mês. *Vertise Flow* dispensa utilização de sistemas adesivos, pois possui, em sua composição, grupos funcionais de monômeros de fosfato. Porém, é fundamental a aplicação e a fricção com pincel, por 15 a 20s para adequada distribuição do material, assim como a polimerização por 20s, pois os monômeros adesivos possuem uma resposta mais lenta à luz. Concluem que o material apresenta bom selamento marginal. Não houve relatos de sensibilidade pós-operatória em restaurações classe I, em áreas não funcionais.

Wei *et al.* (2011) analisaram as alterações dimensionais higroscópicas e a expansão livre de cinco tipos de resinas compostas: *Vertise Flow*, GC Kalore, GC Gradia Direct Anterior, GC Gradia Direct Posterior, Filtek Silorane. Foram produzidos 25 espécimes em forma de disco, divididos em 5 grupos (n=5) e realizados testes de higroscopia por meio de microscopia eletrônica de varredura a laser (LSM). Enquanto os demais materiais alcançaram sua expansão máxima em 150 dias de imersão, *Vertise Flow* alcançou sua expansão máxima em apenas 90 dias, resultando em uma contração negativa, sendo o menos estável dimensionalmente. Já o composto à base de silorano foi o mais estável dimensionalmente. As diferenças de expansão higroscópica foram significativas para todos os grupos, exceto para GC Kalore e GC Gradia direct anterior. A expansão higroscópica pode ser afetada por diversos

fatores, como o tipo de monômero, grau de conversão de monômeros, tamanho das porosidades e entrelaçamento da malha de polímeros, resistência de união, interação entre polímeros e água, partícula e interface adesivo/resina. Vertise Flow teve a maior expansão higroscópica, devido ao grupo hidrofílico de ácido fosfato e aos pequenos espaços no grupo GPDM. Dessa forma, o composto autoadesivo foi dimensionalmente menos estável. A expansão higroscópica não é suficiente para compensar a contração volumétrica.

Uma nova categoria de compósitos autoadesivos não requer tratamento de superfície da dentina. Partindo dessa premissa, Hanabusa *et al.* (2011) analisaram morfologicamente a interface de resinas autoadesivas em esmalte e dentina, utilizando microscopia eletrônica de transmissão (TEM). Em esmalte, houve formação de interfaces bem adaptadas. Contudo, a zona de interação foi pequena, observando-se apenas pequenos *microtags*, sem distinção de dissolução de hidroxiapatita. Em dentina, o comportamento foi similar ao do esmalte. Na dentina sem influência de *smear layer*, formou-se uma fina camada de 500µm de interação, sem sinais claros de desmineralização. *Tags* de resina foram formados devido à ausência de *smear plugs*. O compósito autoadesivo reagiu com dentina e esmalte de forma muito semelhante aos cimentos autoadesivos, com interação superficial, com a ausência de *tags* de resina. Na dentina fraturada, *tags* de resina foram formados, já que os túbulos não foram obstruídos pela *smear layer*. Portanto, devido ao seu alto pH, o condicionamento ácido seletivo das margens de esmalte devem ser considerado. O material experimental autoadesivo desenvolvido neste estudo criou apenas interações nanométricas em esmalte e dentina. Isso se deve a seu elevado pH e a sua alta viscosidade.

Majety e Pujar (2011) avaliaram se camadas com ionômero de vidro modificado por resina ou com resinas compostas *flow*, entre o substrato dental e a restauração, diminuem ou eliminam a infiltração marginal em cavidades Classe II. Os dentes foram divididos em três grupos, subdivididos em: Grupo A – Receberam condicionamento ácido (Ultraeach, Ultradent) e sistema adesivo (Single Bond, 3M ESPE), receberam restauração pela técnica incremental (Filtek P60, 3M ESPE), foram fotopolimerizados por 60 segundos cada face; Grupo B1 – Após condicionamento ácido e procedimento adesivo, foi aplicado 1mm de resina *flow* na parede gengival e fotopolimerizada por 20s. O teste de comparação não relatou diferença significativa entre os grupos. Isso se explica pela baixa contração de polimerização dos compósitos e a realização da técnica incremental, além do tipo de sistema adesivo utilizado que garantiu um bom selamento marginal. *Single Bond* é um sistema que contém água e álcool. Em sistemas dessa natureza, a dentina condicionada plastifica o colágeno que entrou em colapso quando recebeu jatos de ar, e ele, gradualmente, novamente se expande. Concomitantemente a isso, os monômeros vão-se infiltrando. Ademais, *single Bond* tem a vantagem de ter em sua composição com polímeros de ácido alquenoico, é um derivado do conceito de ligação química do ionômero de vidro. Esse co-polímero ácido forma complexos de cerca de 3nm de Ca-alquenoico. Tais complexos proporcionam estabilidade da água e eficácia contra o estresse. No grupo B, 1mm de resina *flow* foi mais eficaz que 2mm. O desgaste mecânico da resina *flow* é maior, devendo, por isso, ser utilizada somente em superfícies livres, em que 1mm de espessura de *flow* é considerada ideal. Quando o forro foi realizado com ionômero de vidro modificado por resina, foram obtidos

os piores resultados, isso devido às porosidades e às lacunas no ionômero. Esse teste foi realizado com 1500 ciclos de termociclagem, em contraste com 600 ciclos de estudos comparativos.

Ferracane (2011) afirma que atualmente as mudanças nas resinas compostas estão ocorrendo na matriz do material, a fim de desenvolver sistemas com baixa contração de polimerização reduzindo assim o estresse na interface adesiva. Os compósitos podem ser diferenciados devido às suas finalidades: restauradores, selantes, cimentadores, materiais para provisórios, entre outros. A matriz, geralmente di-metacrilato, é reforçada por partículas, na maior parte das vezes um vidro radiopaco, e um agente de união, o silano, além de produtos químicos que promovem ou modulam uma reação de polimerização. O monômero de eleição tem sido o Bis-GMA. Porém, devido à sua alta viscosidade, tem sido misturado a outros di-metacrilatos, como o TEGDMA e o UDMA. O foto-iniciador mais comum é a canforoquinona, acelerado por uma amina terciária, geralmente uma amina aromática. Os materiais restauradores são diferenciados pela sua consistência: os capazes de serem dispensados por uma seringa são chamados escoáveis ou *flowable*; os compósitos capazes de resistirem a um instrumento são chamados de compósitos compactáveis ou *Packable*. Compósitos *flow* são produzidos por meio de redução da quantidade de carga ou da adição de agente modificadores como surfactantes que melhoram a fluidez e, ao mesmo tempo, evitam a redução das propriedades mecânicas e o aumento da contração de polimerização. As resinas macroparticuladas tinham partículas em torno de 1 μ m e podiam ter partículas que alcançavam até 50 μ m, possuíam resistência, mas dificuldade de polimento. Com isso, a superfície, com o tempo, tornava-se rugosa. Tendo em vista essa

realidade, começaram a ser fabricadas micropartículas com tamanhos nanométricos. No entanto, o nível de carga desse material era baixo, apresentava boa estética, porém baixa resistência. Surgiram, a partir daí, as resinas micro-híbridas ou universais que possuíam partículas de 04-1.0 μm . Recentemente, surgiram as resinas nanoparticuladas, em que os fabricantes incorporaram mais nanopartículas e carga de resinas pré-polimerizadas. As resinas nano-híbridas e micro-híbridas possuem propriedades mecânicas semelhantes.

3 PROPOSIÇÃO

Este estudo teve como objetivo avaliar a resistência de união por microtração de resinas compostas autoadesivas à dentina coronária humana.

As seguintes hipóteses foram testadas:

H₁ – Os materiais autoadesivos apresentam resistência de união inferior aos sistemas de união de quarta e quinta geração;

H₂ – A pressão de cimentação é capaz de aumentar a resistência de união do cimento autoadesivo.

4 MATERIAIS E MÉTODO

4.1 Material

Tabela 1 – Material utilizado na pesquisa

Nome Comercial	Composição	Fabricante
Ácido Fosfórico	35% H ₂ PO ₄	3M ESPE
Scotchbond Multi-Purpose Primer	Polímeros de ácido polialquenoico, HEMA, Água.	3M ESPE
Scotchbond Multi-Purpose Adesivo	Bis-GMA, HEMA, aminas terciárias, fotoiniciador.	3M ESPE
RelyX U100	Pasta Base: monômeros de metacrilatos contendo grupos de ácido fosfórico. Pasta catalizadora: monômeros de metacrilato, partículas silanizadas, componentes iniciadores, estabilizadores.	3M ESPE
Vertise Flow	Partículas pré-polimerizadas, bário, sílica coloidal, fluoreto de itérbio, GPDM.	Kerr

4.2 Método

4.2.1 Delineamento experimental

Este estudo laboratorial *in vitro* foi delineado a partir do fator compósito "autoadesivo", em dois níveis: 1) resina *flow* autoadesiva - Vertise Flow (VE); 2) cimento autoadesivo – U100, dividido em dois subníveis: a) sem pressão (UC); e b) com pressão de cimentação (UCP). Esses materiais foram aplicados em fina camada (*liner*), simulando sistema adesivo.

Como grupos controle foram adotados: 1) sistema adesivo de condicionamento ácido total [*total etching* (TE)], de quarta geração e três passos (Scotchbond Multi-Purpose Primer – SBMU/3M Espe), considerado “padrão-ouro” em adesão; 2) sistema adesivo autocondicionante [*self etching* (SE)], de quinta geração e dois passos (Clearfil SE bond/ Kuraray), referência entre os sistemas autocondicionantes. Após aplicação dos materiais citados, todos os grupos receberam restauração de resina composta fotopolimerizável.

A variável em estudo foi “adesão resina/dentina” e a variável de resposta para os grupos foi “resistência de união (tensão)”, expressa em MPa, de amostras compostas por superfícies planas de dentina coronária, proveniente de molares humanos seccionados, restaurados e seccionados em forma de "palitos" de resina e dentina, com 1mm² de área de secção transversal. O número de dentes foi de 10 por grupo.

Os dentes foram restaurados em sistema de blocos aleatorizados, e cada bloco era composto por cinco dentes, sendo um dente de cada grupo. A ordem de restauração foi aleatorizada em cada bloco,

totalizando 10 blocos e 50 dentes restaurados.

De cada dente, foram selecionados, aleatoriamente, dois palitos, resultando em um número de amostras (n_{grupo}) igual a 20 e n_{total} de 100 amostras.

Foi realizada análise qualitativa do padrão de fratura das amostras após o ensaio mecânico, classificada por escores: falha adesiva, coesiva em resina e/ou coesiva em dentina.

4.2.2 Seleção das amostras

Todas as fases da metodologia foram executadas no laboratório de pesquisa da Faculdade de Odontologia da Universidade de Passo Fundo (FOUPF).

O projeto foi submetido à análise do Comitê de Ética em Pesquisa e, após aprovação sob o protocolo CAAE nº 0346.0.398.000-12, iniciou-se a fase experimental.

Foram selecionados 50 terceiros molares humanos permanentes hígidos, provenientes do banco de dentes da FOUPF, armazenados em água destilada sob refrigeração.

Os dentes foram limpos com curetas periodontais (#13-14, SSWhite-Duflex, Rio de Janeiro, Brasil), seguido de limpeza com jatos ar/água de bicarbonato de sódio (Profident, Dabi Atlante, Ribeirão Preto-SP, Brasil), lavados em água destilada e secos com gazes.

Dentes com cáries, trincas e fraturas foram excluídos e substituídos. Durante toda a fase experimental, entre as etapas, os dentes permaneceram armazenados em água destilada, à temperatura ambiente.

4.2.3 Inclusão dos dentes

Os dentes selecionados foram incluídos em resina acrílica autopolimerizável incolor (JET/ Clássico/São Paulo/SP, Brasil). Para isso, os dentes foram medidos com paquímetro digital (Mitutoyo - Kawasaki, Kanagawa, Japão) 2mm acima do limite amelocementário, tomando a face vestibular como referência. A essa altura, os dentes foram marcados com caneta para retroprojeter (0,2 mm / Faber Castell - São Carlos-SP, Brasil) e, em seguida, foram posicionados perpendicularmente a uma placa de cera utilidade (Polidental - Curitiba-PR, Brasil), em número de seis dentes por placa, com os ápices radiculares voltados para cima, até que a marcação anteriormente mencionada coincidissem com a superfície superior da placa. O selamento dos dentes à placa de cera foi realizado com espátula 7 (SSWhite-Duflex, Rio de Janeiro, Brasil) aquecida.

Estando os dentes fixados à cera, canos de PVC (Tigre - Joinville-SC, Brasil) com diâmetro de 20mm, previamente seccionados em 25mm de altura, foram fixados às placas de cera-utilidade, concentricamente em relação às raízes. Na superfície externa do cano, foi aplicada uma espátula aquecida (Espátula de cera #7/ SS White-Duflex/Rio de Janeiro, RJ, Brasil) para fixação e selamento entre este e a placa de cera. Resina acrílica autopolimerizável incolor foi proporcionada em um pote de vidro, na relação 3:1 de pó (polímero) e líquido (metacrilato) e, ainda, na forma líquida, vertida no interior do anel de PVC, até cobrir completamente a raiz do dente.

Ao iniciar a liberação de calor, proveniente da polimerização da resina acrílica, o conjunto cera/dente/acrílico foi imerso em água à

temperatura ambiente para evitar aquecimento dos dentes. Após a polimerização química da resina de inclusão, as amostras foram removidas das placas de cera e os resíduos desta removidos com água morna e gaze estéril. Ao final dessa etapa, os dentes foram novamente armazenados em água destilada.

4.2.4 Secção dos dentes

O objetivo da secção dos dentes foi gerar uma superfície plana de dentina coronária, de profundidade rasa. Para atingir este objetivo, os dentes receberam marcação, com caneta de retroprojektor, 2mm abaixo da crista marginal mesial. Essa medida foi determinada por meio de um paquímetro digital (Digital Caliper, Cosa, China).

Os dentes foram posicionados em uma cortadora metalográfica (Strues Minitton, Copenhagen, Dinamarca), perpendicularmente ao disco de corte (EXTEC/Extec Corp., Enfield, EUA), fazendo-se coincidir a marcação de 2 mm da crista marginal com a lâmina externa do disco. Com o equipamento regulado em baixa rotação (3,5 rotações por segundo) sob irrigação de água, efetuou-se o corte e foi removido o esmalte oclusal. As fatias oclusais foram devolvidas ao banco de dentes para descarte.

As superfícies de dentina expostas (Fig. 1) foram avaliadas para detecção e remoção de eventuais resíduos de esmalte, realizado em uma máquina Politriz (Strues Abramin, Copenhagen, Dinamarca) utilizando lixas d'água (231Q - 3M, Sumaré-SP, Brasil) de granulação 320, 900 e 1.200 (Fig. 23 – Apêndice 2).

Após esse procedimento, todos os dentes tiveram a sua superfície de corte avaliada a olho nu, mediante secagem com jatos de ar. As superfícies deveriam conter esmalte apenas nas margens. Quando encontrado resíduo de esmalte na região de sulcos, os dentes eram novamente lixados. Alguns dentes tiveram cornos pulpares expostos e, por esse motivo, foram substituídos. Depois disso, as superfícies foram lavadas com água corrente e armazenadas em água destilada por 24 horas.

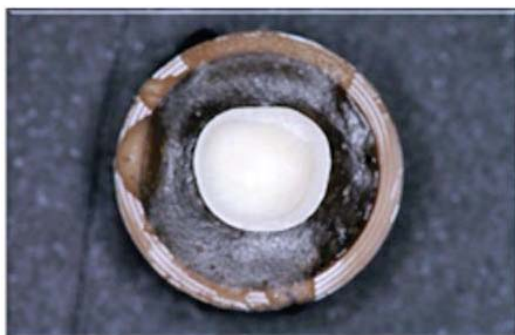


Figura 1 – Dente incluído e seccionado, expondo superfície de dentina oclusal e margens em esmalte.

4.2.5 Grupos experimentais

Cinquenta dentes foram aleatoriamente divididos em 5 grupos. Cada dente produziu duas amostras (n=20) como relatado abaixo:

- TE (controle 1) – sistema adesivo de condicionamento ácido total (Fig. 7);

- SE (controle 2) – sistema adesivo autocondicionante (*self etching*) Clearfil SE Bond (Kuraray - Sakazu, Kurashiki City, Okayama, Japão) (Fig. 21);

- UC – Resina composta autoadesiva para cimentação - Rely X U100 (3M/ESPE - Sumaré, SP, Brasil) (Fig. 8);

- VE – Resina composta autoadesiva de baixa viscosidade - Vertise *Flow* (Kerr - Romulus, MI, Estados Unidos) (Fig. 2 2);

- UCP – Resina composta autoadesiva para cimentação - Rely X U100 (3M/ESPE - Sumaré, SP, Brasil), sob pressão estática de cimentação.

Todos os dentes foram lavados por 5s com jatos de ar/água, por meio de seringa tríplice e, em seguida, secados com jatos de ar. Após esse procedimento, receberam os seguintes tratamentos:

- Grupo TE – As superfícies dentinárias foram condicionadas com ácido fosfórico a 37%, pelo tempo de 15s (Fig. 10), cronometrados em relógio digital. Imediatamente após, as superfícies foram lavadas com jatos de água por 20s e secadas suavemente com gaze esterilizada, posicionada sem fricção sobre a superfície de dentina pelo tempo de 5s. Em seguida, foi realizada a aplicação do *primer* do Scotchbond (Fig. 11) por duas vezes, sendo a primeira vez movimentando no sentido mésio-distal e a segunda vez movimentando no sentido vestibulo-lingual. Inicialmente, friccionou-se por 10s em cada sentido. Em seguida, foi aplicado leve jato de ar por 5s na distância de 30cm. Depois, foi realizada aplicação do adesivo hidrófobo com auxílio de pincel de aplicação (Microbrush Co. USA) (Fig.s 9, 10 e 11) e realizada remoção de excessos com o mesmo pincel, seco por meio de gaze estéril. Após isso, foi realizada a fotopolimerização (Fotopolimerizador LED - Rádi -

SDI, Austrália) a 3mm de distância por 20s.

Com o objetivo de construir um bloco de resina na forma cilíndrica (Fig. 2), cobrindo toda a área de dentina oclusal, foram aplicados sobre a camada de adesivo três incrementos de resina composta (Opallis FGM – Joinvile, Brasil), na cor A2, com auxílio de uma espátula Duflex ½ (Duflex/SS White – Rio de Janeiro, Brasil). Cada camada possuía aproximadamente 2mm de altura, totalizando 6mm de altura (Fig. 2). Cada incremento foi fotopolimerizado por 20s. Ao final da restauração, procedeu-se à fotopolimerização final de cada face do bloco de resina, pelo tempo de 40s. A intensidade de luz foi monitorada com um radiômetro (LD Maxx – Gnatus – Ribeirão Preto-SP, Brasil) a cada grupo de dentes, marcando em média 960mW/cm²

- Grupo SE – O primer ácido do sistema Clearfil SE Bond foi aplicado por duas vezes, sendo a primeira vez movimentando no sentido médio-distal e a segunda vez movimentando no sentido vestibulo-lingual (Fig. 12), friccionando por vinte segundos cada uma das vezes. Em seguida, foi aplicado leve jato de ar por cinco segundos na distância de 30cm. Depois, foi realizada aplicação do adesivo hidrófobo com auxílio de pincel de aplicação (Microbrush Co. USA) e remoção com o mesmo pincel seco por meio de gaze estéril (Fig. 13). Em seguida, foi realizada fotopolimerização (Fotopolimerizador LED - Rádi - SDI, Austrália) a 3mm de distância por 20s. A construção do bloco de resina foi idêntica à descrita para o grupo TE.

- Grupo UC – Um pequeno volume de cada pasta da resina autoadesiva para cimentação UC foi dispensada em uma placa de vidro, padronizada pelo próprio *blister* de aplicação (Fig. 14). As pastas base e catalizadora foram homogeneizadas com o uso de espátula Duflex 36

(Duflex/SS White – Rio de Janeiro, Brasil) pelo tempo de 20s. A aplicação do material sobre a superfície de dentina foi realizada com o pincel de aplicação do sistema VE, por 20s, sendo que durante 10s foram realizados movimentos no sentido mésio-distal e outros 10s no sentido vestibulo-lingual (Fig. 15). Após, procedeu-se a remoção de excessos com pincel seco por meio de gaze e foi realizada a fotopolimerização (Fotopolimerizador LED - Radian – SDI, Austrália) a 3mm de distância por 20s. O processo de aplicação foi realizado uma segunda vez. A construção do bloco de resina foi idêntica a descrita para o grupo TE.

- Grupo VE – Foi aplicada uma camada fina da resina de baixa viscosidade Vertise Flow, por meio de ponteira acoplada em pistola dispensadora (Fig. 16), até o ponto em que cobrisse toda superfície dentinária exposta. Após, foi utilizado um pincel de aplicação do sistema VE por 20s (Fig. 17), sendo que durante 10s foram realizados movimentos no sentido mésio-distal e outros 10s no sentido vestibulo-lingual, quando foi realizada fotopolimerização (Radian – SDI, Austrália) a 3mm de distância por 20s. O processo foi repetido. A construção do bloco de resina foi idêntica à descrita para o grupo TE.

- Grupo UCP – Os dentes deste grupo foram restaurados como descrito para o grupo TE, porém sem receber tratamento prévio de superfície. Os blocos de resina em foram removidos da estrutura dentária e as superfícies foram novamente lavadas e secadas. Em seguida, foram dispensadas porções similares de pasta base e catalisadora do cimento UC em uma placa de vidro, misturadas com o uso de espátula Duflex 36 (Duflex/SS White – Rio de Janeiro, Brasil) por 20s de espatulação. A aplicação sobre a dentina foi realizada com o pincel de aplicação do sistema VE por 20s, sendo que durante 10s foram realizados

movimentos no sentido mésio-distal e outros 10s no sentido vestibulo-lingual. Antes de realizar a fotopolimerização, o bloco de resina de cada dente foi levado em posição e o conjunto dente/UC/cilindro de resina foi levado ao equipamento confeccionado para realizar pressão de assentamento (Fig. 24, 25 e 26). A pressão de 1kg foi exercida durante cinco minutos (CANTORO *et al.* 2010) (Fig. 25). Após, foi realizada fotopolimerização da interface de cada face do dente por 20s a 3mm de distância.



Figura 2 – Ilustração de dente restaurado com platô de resina composta

4.2.6 Obtenção das amostras

Os dentes restaurados foram novamente seccionados com o objetivo de se obterem amostras em forma de palitos (Fig. 3), com dimensões aproximadas de 10mm de comprimento e área de secção transversal de 1mm².

Para isso, os dentes foram posicionados em uma cortadora metalográfica, com o seu longo eixo paralelo ao disco de corte. Ainda com a máquina parada, regulava-se a posição do dente até que a face mesial tocasse suavemente a parte lateral do disco diamantado (Extec/Enfield, CT, Estados Unidos). Nesse momento, levantava-se o braço lateral da cortadora e girava-se o parafuso micrométrico em 1 volta (correspondente a 1mm) e mais 0,4mm, para compensação da espessura do disco, o que resultava em um corte cujas fatias resultantes medissem aproximadamente 1mm de espessura. Os cortes foram executados à velocidade de 3,5 rotações por segundo, sob irrigação, com água destilada. Esse procedimento foi adotado em todos os cortes, gerando placas de 1mm de espessura, no sentido mesio-distal de cada dente. A primeira e a última placa geradas pelo corte (fatias) foram desprezadas, uma vez que continham esmalte na interface adesiva.

Em seguida, as placas foram unidas com cera pegajosa (ASFER – São Caetano do Sul – SP / Brasil), aquecida sobre a parte ativa de espátula metálica para cera por meio de lamparina. A cera foi fixada aos dentes para que, durante os cortes no sentido vestibulo-lingual, não houvesse trepidação e tensões que pudessem resultar em fratura dos palitos. Os dentes foram novamente posicionados na máquina de corte, para realização de secções perpendiculares. As primeiras geraram palitos com 1mm² de área de secção transversal. A primeira e a última fileira de palitos foram desprezadas, por conterem esmalte na interface.

As amostras foram novamente posicionadas no suporte metálico da cortadora metalográfica, de modo que os cortes anteriores ficassem perpendiculares ao disco de corte. Neste corte, a velocidade foi reduzida para 2 rotações por segundo. Os cortes sequenciais no sentido vestibulo-

lingual dos dentes geraram palitos com aproximadamente 10mm de comprimento.

Devido aos diferentes tratamentos de superfície, a obtenção dos palitos não foi uniforme entre os grupos. A maior parte dos dentes de TE e SE produziu as amostras desejadas, que eram dois palitos para ensaio imediato e outros dois para ensaio após 6 meses de armazenagem em água destilada. UC e VE produziram, juntos, apenas 4 palitos, sendo 2 de cada grupo de 20 dentes seccionados. Nesses dois grupos, a rotação foi diminuída para duas por segundo com o objetivo de obter amostras. Já UCP produziu número maior de amostras, embora inferior a TE e SE.

Os palitos obtidos foram selecionados visualmente por um único operador, que observou as seguintes características: posicionamento perpendicular ao longo eixo do palito, ausência de bolha na linha de união, ausência de esmalte e palitos de maior comprimento.

Devido a defeito no equipamento de ensaio mecânico, as amostras para ensaio imediato ficaram armazenadas em água destilada a 37°C, em estufa, durante 6 meses.



Figura 3 – Ilustração das amostras em forma de palitos, com 1 mm² de área de secção transversal.

4.2.7 Ensaio de microtração

As amostras em forma de palito foram fixadas a um dispositivo metálico em forma de guilhotina, especialmente desenvolvido para ensaios de microtração pelo Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Passo Fundo (Fig. 27 – Apêndice 2). Esse dispositivo foi fixado a uma máquina universal de ensaios (EMIC DL 2000 – São José dos Pinhais, Brasil). Os palitos foram aderidos individualmente, por meio de um adesivo de cianocrilato (Superbond – 3M, Sumaré-SP, Brasil) no longo eixo do dispositivo metálico (Fig. 27/Apêndice 2).

O ensaio de microtração foi conduzido à velocidade de 0,5 mm/min, até ocorrer fratura. No momento da fratura, os valores de força foram registrados em Newton (N).

O diâmetro dos palitos foi medido no sentido mésio-distal e vestibulo-lingual, em milímetros, por meio de paquímetro digital, para posterior cálculo da área (A), em mm². Com esses dados, foi efetuado o cálculo da tensão (T), pela fórmula $T(\text{MPa})=F(\text{N})/A(\text{mm}^2)$.

4.2.8 Classificação da fratura

Para classificação da fratura, foram considerados todos os palitos obtidos, tanto na superfície do palito de resina quanto no palito de dentina. Para esse procedimento, foi utilizado um estereomicroscópio (OM) ao aumento de 40x. Todas as imagens foram analisadas pelo mesmo examinador calibrado. As fraturas foram classificadas como: 1. Fratura adesiva; 2. Coesiva em resina composta; 3. Coesiva em dentina.

4.2.9 Análise estatística do ensaio de microtração

Os dados de resistência de união por microtração foram analisados estatisticamente, por método paramétrico ANOVA, e submetidos à análise de variância. As diferenças estatísticas foram submetidas à comparação múltipla de Tukey, ao nível de 5% de significância. Para o padrão de fratura foi registrada a frequência de cada tipo de falha e submetida a análise percentual.

5 RESULTADOS

Aos dados de resistência de união por microtração foi aplicada a análise de variância, ao nível de 5% de significância (tabela 2), demonstrando haver diferença estatística significativa entre os grupos ($P < 0,005$).

Tabela 2 – Resultado da Análise de Variância aplicada aos valores de resistência de união por microtração.

	Soma dos Quadrados	Df	Média Quadrática	F	Sig.
Entre os grupos	6774.281	4	1693.570	26.342	.000
Dentro dos grupos	6107.590	95	64.290		
Total	12881.871	99			

Para detalhamento dos resultados, foi aplicada a comparação múltipla de Tukey, ao nível de 5% de significância (tabela 3), por meio do programa SPSS (IBM, Rio de Janeiro, Brasil).

Tabela 3 – Resultado do teste de comparação múltipla de Tukey para os valores de resistência de união por microtração.

Grupos	n	Tukey ($\alpha = 0,05$)		d.p. c.v = 38%
		A	b	
SE	20	20,462688688		10.07
TE	20	16,070577868		13.54
UC	20		1,240728195	4.38
VE	20		1,011258224	3.14
UCP	20		3,059215481	2.67
Sig.		0,419	0,928	

A análise do padrão de fratura demonstrou predominância de falhas adesivas em todos os grupos (tabela 4/fig. 4, 5 e 6).

No grupo TE, ocorreram 91,6% de falhas adesivas e 8,4% coesiva em resina. No grupo SE, ocorreram 92,3% de falhas adesivas e 7,7% coesiva em dentina. Nos grupos UC e VE, a maioria dos palitos foi perdida durante a fase de corte das amostras. Foi observado que estas falhas ocorriam invariavelmente na interface de união.

Nesses casos, foram considerados como falhas adesivas em 100% dos casos. No grupo UCP, ocorreram 90,9% de falhas adesivas e 9,1% coesiva em dentina.

Tabela 4 – Análise de microscopia óptica – 40 x

	Amostras analisados	%	Falhas adesivas	%	Falhas coesivas em resina	Falhas coesivas em dentina
Grupo 1	12	60	11	55	1	
Grupo 2	13	65	12	60		1
Grupo 3	2	10	2	10		
Grupo 4	2	10	2	10		
Grupo 5	11	55	10	50		1

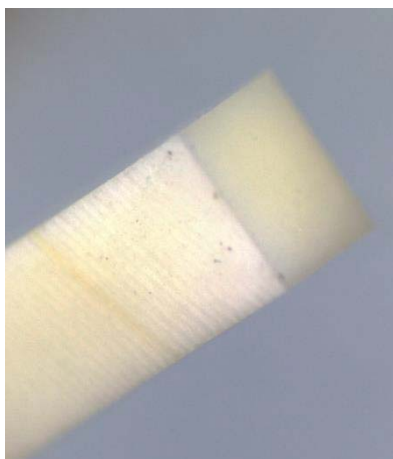


Figura 4 – Dentina – falha adesiva



Figura 5 – Resina – falha adesiva

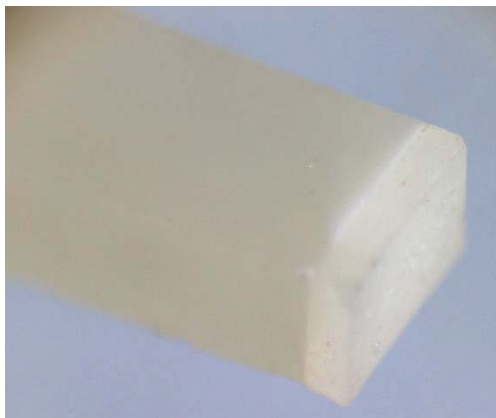


Figura 6 – Resina/cimento – falha adesiva

6 DISCUSSÃO

Os resultados do presente estudo demonstraram que quando comparados TE *versus* SE, não foi encontrada diferença estatística, concordando com os estudos de Borges *et al.* (2007), que não encontraram diferença entre sistema adesivo de condicionamento ácido total e outro contendo *primer* autocondicionante em sua composição, aplicados à estrutura dental de bovinos.

Os sistemas adesivos de quarta geração de três passos foram adotados como grupo controle neste estudo, a fim de se estabelecer um parâmetro para as médias obtidas nos grupos experimentais. Peumans *et al.* (2005) afirmam que sistemas de três passos são considerados padrão-ouro quando comparados às performances das novas gerações de adesivos, devido à sua excelente união ao esmalte e a formação de adequada camada híbrida em dentina.

Um sistema adesivo de quinta geração, autocondicionante, foi utilizado no grupo SE, devido à semelhança no mecanismo de adesão entre este e os compósitos autoadesivos, justificando o seu emprego como controle. Nos adesivos autocondicionantes, o monômero ácido presente não remove o conteúdo mineral existente entre a malha de colágeno, evitando o colapso das fibras. Devido à manutenção dos *smear plug*, que seria um "tampão" de lama dentinária na entrada dos canalículos, estes sistemas apresentam maior biocompatibilidade, pois monômeros livres não chegarão à polpa via canalículos dentinários

(CLAVIJO *et al.*, 2006).

Segundo Zimehl & Hannig (2000) os adesivos autocondicionantes eliminam a fase de enxágue, tornando a técnica menos suscetível a erros, diminuindo a influência do operador sobre a qualidade da interface adesiva. O *primer ácido* dissolve a lama dentinária e ainda desmineraliza superficialmente a porção mineral da dentina, expondo cristais de hidróxi-apatita que vão reagir quimicamente com grupos carboxila e/ou com grupos de monômeros fosfatados. Trata-se de união química e mecânica, em que a interação mecânica oferece resistência ao estresse mastigatório e a interação química pode resultar em maior resistência à degradação hidrolítica. Portanto, permite manter as margens seladas por mais tempo.

O propósito deste estudo foi avaliar a resistência de união de uma resina de baixa viscosidade denominada autoadesiva. Este material foi incluído no estudo, uma vez que não foram encontrados muitos dados sobre a resistência de união destes cimentos à dentina, sem que houvesse viés de configuração cavitária, como preparos protéticos ou canais radiculares.

O ensaio de microtração foi utilizado para se avaliar a resistência de união dos materiais autoadesivos, de modo que a interface resina e dentina fosse dependente apenas da interação físico-química desenvolvida pelos materiais. Neste aspecto, houve distanciamento da aplicação clínica destes materiais, uma vez que resinas *flow* autoadesivas são indicadas em cavidades retentivas. O distanciamento da aplicação clínica pode justificar os resultados deste estudo, em que os grupos experimentais VE e UC apresentaram valores médios significativamente inferiores aos grupos controle TE e SE. Embora se esperasse valores

mais baixos, conforme lê-se na hipótese 1, não eram esperados valores médios próximos a zero, o que sugere que os materiais autoadesivos não atingem um dos seus objetivos, que é desenvolver adesão química e física satisfatórias.

No caso do cimento avaliado, estes resultados podem ser explicados por estudos prévios. Cantoro *et al.* (2010) afirmam que o pH e a viscosidade dos cimentos autoadesivos têm influência sobre a sua pobre interação com a dentina. A alta viscosidade é responsável pela baixa capacidade dos cimentos em condicionar a dentina. Para De Munck *et al.* (2004) e Goracci *et al.* (2006) a alta viscosidade do cimento dificulta a sua penetração e formação de *tags*. Para Monticelli *et al.* (2008), os cimentos autoadesivos produzem limitada descalcificação das estruturas duras do dente e incapacidade de permeabilização na *smear layer*. Ainda, o pH desses cimentos, aproximadamente 2,1, não é suficientemente baixo, pois a neutralização pode ocorrer durante a reação ácido-base, que libera água ou partículas alcalinas, aumentando o pH.

Ao contrário desse estudo, Pisani-Proença *et al.* (2011) conseguiram bons resultados com RelyX U100, porém modificaram a superfície mediante aplicação prévia de EDTA e um *primer*. Na presente pesquisa, nenhum material foi utilizado previamente aos materiais autoadesivos.

Assim como no estudo de Cantoro *et al.* (2010), foi utilizada a pressão para cimentação, com carga estática de 1kg por 5 minutos em UCP. Era esperado que, sob pressão, o cimento desenvolvesse valores de resistência de união significativamente superiores ao grupo em que o mesmo foi aplicado por fricção de pincel.

Observando-se os valores de UCP, percebe-se ligeiro aumento da média de resistência a união, porém sem diferença estatística em relação a UC. Isso infere que a pressão de cimentação foi incapaz de influenciar significativamente o aumento da resistência de união do cimento resinoso autoadesivo. A correspondência clínica desse achado representa dado relevante nos protocolos de cimentação adesiva, sendo recomendável que esses cimentos sejam evitados em preparos de facetas ou *onlays*. Poderiam ser utilizados apenas em casos em que os preparos ofereçam retenção friccional, como no caso de preparos para prótese fixa unitária e cimentação de pinos ao canal radicular.

Os resultados apresentados para UCP se opõem ao trabalho de Goracci *et al.* (2006), em que o cimento autoadesivo desenvolveu melhor adesão em dentina sob pressão de assentamento. Os autores explicam os resultados afirmando que, sob pressão, o problema da alta viscosidade deste material teria sido reduzido; a pressão poderia resultar em diminuição de porosidades e promover maior contato entre o adesivo e o substrato.

Embora não tenha havido diferença estatística entre UCP e UC, os dentes de UCP produziram maior quantidade de amostras a serem submetidas ao ensaio de microtração, o que pode indicar uma tendência a uma melhor inteiração do material autoadesivo com a dentina.

Durante o experimento, muitas amostras foram perdidas na etapa de secção dos dentes para obtenção das amostras em foram de palitos. Outra parte das amostras foi perdida durante o ensaio, devido ao desprendimento no momento da colagem do palito ou logo no início do ensaio, antes que o computador registrasse qualquer valor. Estes casos foram considerados como valores iguais a zero, para fins de análise

estatística.

O padrão de fratura foi predominantemente adesivo, na interface compósito/dentina em 100% dos palitos testados. Isso possivelmente indica que esses materiais não são capazes de desenvolver resistência de união à dentina na ausência de pressão de cimentação.

No grupo VE foi utilizada uma resina composta *flow* autoadesiva recentemente lançada no mercado. VE apresentou valores médios de resistência de união próximos a zero, sem diferença estatística para UC.

As explicações para os baixos valores de VE possivelmente sejam as mesmas dadas ao cimento resinoso autoadesivo U100. O pH desses materiais parece não ser suficientemente baixo para produzir desmineralização da dentina e microrretenções mecânicas; a alta viscosidade pode ter dificultado a interpenetração do material na dentina e a interação de polímeros com as fibras colágenas, o que impediria a formação da camada híbrida (ASCHENBRENNER *et al.*, 2011; HANABUSA *et al.*, 2011; DE MUNCK *et al.*, 2004). Ainda, a união química parece não ter sido estabelecida

Pode-se sugerir que o mecanismo de união dos compósitos autoadesivos se assemelha ao dos materiais ionoméricos, porém com menor eficiência, uma vez que a formação da rede de polimerização dos monômeros resinosos impediria que a reação ácido-base se desenvolvesse adequadamente, interferindo na quelação do íon Cálcio da dentina. Segundo Inoue *et al.* (2001), materiais ionoméricos produzem uma camada de interação química delicada, em torno de 0,5-1 μm , e essa é resultado da desmineralização parcial pelo pré-condicionamento com ácido polialcenoico a 20%. O condicionamento “limpa” a superfície dentinária, removendo completamente os tampões da entrada dos túbulos

dentinários. Os cristais de hidroxiapatita não são completamente removidos das fibras colágenas, agindo como receptores primários de uma união química com os grupos carboxila provenientes do ácido polialcenoico. Dessa forma, há uma retenção micromecânica e uma adesão química.

No entanto, para VE, parece não ter havido retenção mecânica ou união química, fazendo com que esse tipo de material fique dependente de princípios mecânicos de resistência e retenção por meio de preparos geométricos, ou a situações de embricamento macromecânico como em preparos protéticos e canais radiculares.

Segundo o fabricante, esse material possui alta resistência de união em esmalte e dentina, fácil manipulação, baixa microinfiltração marginal, boa resistência a flexão e excelentes propriedades mecânicas, além de possuir resistência de união em substratos como compósitos e cerâmicas. É indicada em casos de pequenas restaurações classe I, base para restaurações classe I e II, selamento de fôssulas e fissuras, reparos de defeitos em esmalte e em restaurações cerâmicas, restaurações fora de contato oclusal ou regiões com baixo nível de estresse.

O fabricante cita comparações com o material ionômero de vidro, afirmando que a resina *flow* autoadesiva permite melhor reprodução da dentina, que possui melhor resistência de tração, à flexão, à compressão e maior resistência ao desgaste, o que permitiria maior longevidade ao material. A empresa responsável apresenta, no perfil técnico do produto, informação sobre o pH do material, que antes da polimerização é de 1,9, suficiente para condicionar as superfícies de esmalte e dentina e promover efetiva resistência de união e selamento marginal. Segundo o fabricante, esse material se une à estrutura dentária

de duas formas: por meio da ligação química entre os grupos de fosfatos do monômero funcional GPDM (dimetacrilato de ácido glicerofosfórico) e os íons de cálcio do dente; e mediante união micromecânica, consequência de uma rede de interpenetração formada entre os monômeros polymerizados do material resinoso e as fibras de colágeno (KERR).

Em estudo de Cantoro *et al.* (2011), os monômeros funcionais GPDM demonstraram fraca inteiração com o substrato e baixo efeito desmineralizador, não formando uma adequada camada híbrida.

Durante a fase de obtenção dos palitos para microtração, foram obtidas apenas 10% das amostras do grupo VE, o que demonstra a fragilidade desta inteiração "adesiva". A análise do padrão de fratura foi realizada deste esta fase, pois ao ser submetido ao corte, as restaurações se soltavam das superfícies de dentina. E, nenhum dos casos permaneceram vestígios de VE sobre a dentina, demonstrando que as falhas foram na interface adesiva em todas as amostras. Isto ocorreu também para UC e UCP. Nos grupos 3, 4 e 5, a maioria dos palitos sofreu deslocamento na interface de união durante o corte dos palitos. Nesses casos, foram considerados como falhas adesivas em 100% dos casos.

Sugere-se mais estudos sobre a inteiração dos compósitos autoadesivos com os substratos de dentina e esmalte, a fim de se buscar alternativas de protocolo adesivo pela aplicação prévia de substâncias que permitam melhor retenção micromecânica ou união química, bem como avaliação da interface quanto à resistência de penetração de corantes.

7 CONCLUSÃO

A análise da resistência de união entre materiais autoadesivos e dentina, permite concluir que:

- Materiais autoadesivos apresentaram resistência de união significativamente inferior aos sistemas de união de quarta e quinta geração, confirmando a hipótese 1;
- A pressão de cimentação não foi capaz de aumentar o resistência de união do cimento autoadesivo, rejeitando a segunda hipótese.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Não são indicados materiais resinosos autoadesivos, seja para fins restauradores ou para fins de cimentação, quando o preparo dispensar os princípios mecânicos de resistência e de retenção.

9 REFERÊNCIAS

ASCHENBRENNER, C. M.; LANG, R.; HANDEL, G.; BEHR, M. Analysis of marginal adaptation and sealing to enamel and dentin of four self-adhesive resin cements. *Clinical Oral Investigations*. Fev. 2011. Disponível em: <[http:// http://www.springerlink.com/content/1432-6981](http://www.springerlink.com/content/1432-6981)>. Acesso em: 02 jun. 2011.

BLUNCK, U.; ZASLANSKY, P. Quintessence Enamel Margin Integrity of Class I One-bottle All-in-one Adhesive-based Restorations. *J. Adhes. Dent*, v. 13, n. 1, p. 23-9, feb., 2011.

BORGES M. A. P.; MATOS I. C.; DIAS K. R. H. C. Influence of two self-etching primer systems on enamel adhesion. *Braz Dent J*, v. 18, p. 113-118, 2007.

BOTTA, S. B.; ANA, P. A.; MATOS, A. B. Influência da técnica restauradora na microinfiltração de restaurações Classe V de resina composta compactável. *Rev. Inst. Ciênc. Saúde*, v. n. 4, p. 301-306, out.-dez., 2006.

BUONOCORE, M. G. A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling material to enamel. *J. Dent. Res.*, v. 34, p. 948-953, 1955.

CANTORO, A.; GORACCI, C.; CONIGLIO, I.; MAGNI, E.; POLIMENI, A.; FERRARI, M. Influence of ultrasound application on inlays luting with self-adhesive resin cements. 2010.

CANTORO, A.; GORACCI, C.; VICHI, A.; MAZZOINI, A.; FADA, G. M.; FERRARI, M. Retentive strength and sealing ability of new self-

adhesive resin cements in fiber post luting. *Dental Materials*, v. 27, p. 197-204, 2011.

CARVALHO, R.V. de; LIMA F.G.; DEMARCO, F.F. Os adesivos simplificados reduzem efetivamente o tempo de trabalho? *JBD*, Curitiba, v.1, n. 4, p.338-342, out./dez. 2002.

CLAVIJO, V. G. R.; SOUZA, N. C.; KABBACH, W.; RIGOLIZZO, D.S.; ANDRADE, M. F. Utilização do Sistema adesivo autocondicionante em restauração direta de resina composta – protocolo clínico. *Revista Dental Press de Estética*, Maringá, v.3, n. 4, p. 37-45, 2006.

COELHO, A.; CANTA, J. P.; MARTINS, J. N. R.; MARQUES, S. L.; MARQUES, P. Perspetiva histórica e conceitos atuais dos sistemas adesivos amelodentinários – revisão da literatura. *Revista Portuguesa de Estomatologia, Medicina Dentária e Cirurgia Maxilofacial*, n. 31, p. 1-8, 2011.

DE MUNK, J.; VARGAS, M.; VAN LANDUYT, K.; HIKITA, K.; LAMBRECHTS, P.; VAN MEERBEEK, B. Bonding of an auto-adhesive luting material to enamel and dentin. *Dental Materials*, v. 20, n. 10, p. 963-971, dec., 2004.

DE MUNCK, J.; VAN LANDUYT, K.; PEUMANS, M.; POITEVIN, A.; LAMBRECHTS, P.; BRAEM, M.; VAN MEERBEEK, B. A Critical Review of the Durability of Adhesion to Tooth Tissue: Methods and Results. *J Dent Res*, v.84, p.118-132, 2005.

DEMIRCI, M.; YILDIZ, E.; UYSAL, Ö. Comparative Clinical Evaluation of Different Treatment Approaches Using a Microfilled resin Composite and a compomer in Class III Cavities: Two-year Results. *Oper Dent*, n. 33, p. 7-14, 2008.

ERICKSON, R.L. Surface interaction of dentin adhesive materials. *Oper Dent*, Seattle, suppl. 5, p. 81-94, july, 1992.

ERMIS, R.B.; DE MUNCK, J.; CARDOSO, M.V.; COUTINHO, E.;
VAN LANDUYT, K.L.; POITEVIN, A.; LAMBRECHTS, P.;

FERRACANE, J. L. Resin composite—State of the art. *Dental Materials*, v.27, n. 1, p. 29-38, 2011.

FRANKENBERGER, R; KRAMER, N.; PETSCHERT, A. Technique sensitivity of dentin bonding: effect of application mistakes on bond strength and marginal adaptation. *Oper Dent*, Indianapolis, v. 25, n.4, p.324-330, jul.-aug., 2000.

GARONE FILHO, W. *Adesão em esmalte e dentina*. São Paulo: Editora Maio, 2002.

GORACCI, C.; CURY, A.H.; CANTORO, A.; PAPACCHINI, F; TAY, F.R.; 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.*, v. 8, n. 5, p. 327-35, dec., 2006.

HANABUSA, M.; MINE, A.; KUBOKI, T.; MOMOI, Y.; VAN LANDUYT, K.L.; VAN MEERBEEK, B.; MUNK, J.D. TEM interfacial characterization of an experimental self-adhesive filling material bonded to enamel/dentin. *Dent. Mater*, apr., 2011.

ILIE, N.; SIMON, A. Effect of curing mode on the micro-mechanical properties of dual-cured self-adhesive resin cements. *Clinical Oral Investigations*, 2011.

INOUE, S.; VAN MEERBEEK, B.; ABE, Y.; YOSHIDA, Y.; LAMBRECHTS, P.; VANHERLE, G.; SANO, H. S. Effect of remaining dentin thickness and the use of conditioner on micro-tensile bond strength of glass-ionomer adhesive. *Dental Materials*, Dallas, v. 17, p. 445-55, sep., 2001

KERR DENTAL CORPORATION. Vertise™ Flow. *The Evolution of*

Adhesive Technology. Technical Bulletin. Suíça, 2010.

KUKLETOVÁ, M.; HALAČKOVÁ, Z.; HORKÝ, D.; MATOUŠEK, A.; GOJIŠOVÁ, E. CIHLÁŘ, J. Comparison of Dentine-Resin Interface in Total-Etch and Self-Etching Adhesives Using Electron Microscopy. *Prague Medical Report*, v.108, n. 4, p. 358–367, 2007

MAJETY, K.K.; PUJAR, M. In vitro evaluation of microleakage of class II packable composite resin restorations using flowable composite and resin modified glass ionomers as intermediate layers. *J Conserv Dent.*, v.4 n. 14, p. 414-7, 2011.

MONTICELLI, F.; OSORIO, R.; MAZZITELLI, C.; FERRARI, M.; TOLEDANO, M. Limited decalcification/diffusion of self-adhesive cements into dentin. *J Dent. Res*, Washinton, v. 87, n. 10, p. 974-979, oct., 2008.

NAKABAYASHI, N.; KOJIMA, K.; MASUHARA, E. The promotion of adhesion by the infiltration of monomers into tooth substrates. *J Biomed Mater Res*, v.16, n. 3, p. 265-73, 1982.

NAKABAYASHI, N.; WATANABE, A.; ARAO, T. A tensile test to facilitate identification of defects in dentine bonded specimens. *Journal Dentistry*, v.26, n. 4, p. 379-85, may, 1998.

NAKABAYASHI, N.; PASHLEY, D. H. *Hibridização dos Tecidos Dentais Duros*. São Paulo: Quintessence, 2000.

PASSOS, L. M. A.; SANTOS, S. V.; RODRIGUES, J. B.; GRIZA, S.; FARIA-E-SILVA, A. L. Influência da marca do condicionador ácido na resistência de união da resina composta à dentina. *Revista de Odontologia da UNESP*, v.41, n. 4, p. 420-424, nov.-dez., 2012.

PAVAN, S.; SANTOS, P. H. ; BERGER, S.; BEDRAN-RUSSO, A. K. B. The effect of dentin pretreatment on the microtensile bond strength of self-adhesive resin cements. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, v.104,

n. 4, p. 258-264, October 2010.

PERDIGÃO, J. FRANKENBERGER, R.; ROSA, B. T.; BRESCHI, L. New trends in dentin/enamel adhesion. *Am. Journal of Dentistry*, San Antonio, v. 13, p. 25-30, nov., 2000.

PEREIRA, P.N.R. ; YAMADA, T.; INOKOSHI, S.; BURROWB, M.F. SANE, H.; TAGAMIA, J. Adhesion of resin-modified glass ionomer cements using resin bonding systems. *Journal of Dentistry*, n. 26, p. 479-485, 1998.

PEUMANS, M.; KANUMILLI, P.; DE MUNCK, J.; VAN LANDUYT, K.; LAMBRECHTS, P.; VAN MEERBEEK, B. Clinical effectiveness of contemporary adhesives: A systematic review of current clinical trials. *Dental Materials*, n.21, p. 864-881, 2005.

PEUTZFELDT, A.; ASMUSSEN, E. Investigations on polymer structure of dental resinous materials. *Trans Acad Dent Mater*, v.18, p. 81-104, 2004.

PISANI-PROENÇA, J.; CAROLINA, M.; ERHART, G.; AMARAL, R.; VALANDRO, L. F.; BOTTINO, M. A.; CASTILHO-SALMERÓN, R. D. Influence of different surface conditioning protocols on Microtensile bond strength of self-adhesive resin cements to dentin. *Prosthet Dentistry*, v. 105, n. 4, p. 227-35, apr., 2011.

PONGPRUEKSA P.; KUPHASUK W.; SENAWONGSE P. The elastic moduli across various types of resin/dentin interfaces. *Dental Materials J.*, v. 24, n. 8, p. 1102-6, mar., 2008.

ROSA RODOLPHO, P. A.; CENCI, M. S.; DONASSOLLOTA, LOGUÉRCIO A. D.; DEMARCO, F. F. Aclinical evaluation of posterior composite restorations 17-yearfindings. *Journal Dent.* 2006; 34: 427-35.

SANARES, A.M.E.; ITTHAGARUM, A.; KING, N. M.; TAY, R.F.; PASHLEY D.H.; SENSI, L. G.; LOPES, G. C.; MONTEIRO, J. R. S.;

BARATIERI, L. N.; VIEIRA, L. C. C. Adverse surface interactions between one-bottle light-cured adhesives and chemical-cured composites. *Dental Materials*, v.17, p. 542-556, 2001.

SHIRAI, K.; DE MUNCK, J.; YOSHIDA, Y.; INOUE, S.; LAMBRECHTS, P.; SHINTANI, H.; Effect of cavity configuration and ageing on the bonding effectiveness of six adhesives to dentin. *Dent Mater*, v. 21, p. 110-124, 2005.

SILVA, C.H.; CORREIA, M. N.; BUSATO, A. L.; ARAÚJO, A. AC.; NOVAIS, R. L. D. F. S.; LIMA, R.B. R. Emprego de resina *flow*: influência sobre a infiltração em margens cavitárias em dentina. *Faculdade de Odontologia da UNIMEP - Universidade Metodista de Piracicaba*, v.14, n. 1, p. 35-39, jan./jun. 2002.

TAKAHASHI, M.; NAKAJIMA, M.; HOSAKA, K.; IKEDA, M.; FOXTON R. M.; TAGAMI, J. Long-term evaluation of water sorption and ultimate tensile strength of HEMA-containing/-free one-step self-etch adhesives. *J. Dent.*, v. 39, n. 7, p. 506-12, may, 2011.

VAN MEERBEECK, B; DE MUNCK, J.; YOSHIDA, Y.; INOUE, S.; VARGAS, M.; VIJAY, P. Buonocore memorial lecture. Adhesion to enamel and dentin: current status and future challenges. *Oper Dent*, v. 28, p. 215-35, 2003.

VAN MEERBEEK, B.; PERDIGÃO, J.; LAMBRECHTS, P.; VANHERLE, G. The clinical performance of adhesives. *J. of Dent.*, Kindlington, v. 26, n. 1, p. 1-20, 1998.

VICHI, A.; GORACCI, C; FERRARI, M. Clinical study of the self-adhering flowable composite resin Vertise Flow in Class I restorations: six-month follow-up. *Int. Dent. Sa*, v.12, n.1, p. 14-23, feb., 2010.

VILLELA-ROSA, A. C. M.; GONGALVES, M.; ORSI, I. A.; MIANI, P. K. Shear bond strength of self-etch and total-etch bonding systems at diferente dentin depths. *Dental Materials J*. v. 25, n.2, p. 109-15, apr., 2011.

WEI, Y.; SILIKAS, N.; ZHANG, Z.; WATTS, D. C. Hygroscopic dimensional changes of self-adhering and new resin-matrix composites during water sorption/desorption cycles. *Dental Materials J.*, v. 27, n. 3, p. 259-66, mar. 2011.

ZIMEHL, R. ; HANNIG, M. Non metallic restorative materials based on glass ionomercements — recent trends and developments. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspect*, v.163, p. 55–62, 2000.

3M ESPE. *RelyX™ Unicem. Aplicap™ / Maxicap™*. Cimento Auto-Adesivo Universal de Resina. Seefeld, Alemanha, 2004.

APÊNDICES

APÊNDICE 1 – Parecer de Aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade de Passo Fundo



UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO
VICE-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA

PARECER N° 013/2012

O Comitê de Ética em Pesquisa – UPF, em reunião no dia 13/01/2012, analisou o protocolo de pesquisa “**Resistência de união e infiltração marginal entre resina composta *flow* autoadesiva e dentina**”, CAAE nº 0346.0.398.000-12, de responsabilidade do pesquisador **Bruno Carlini Junior**.

Recentemente foi lançada no mercado uma resina composta autoadesiva de baixa viscosidade. A avaliação do compósito de uso simplificado é imprescindível para elucidar a eficácia deste material. Isto posto, acrescenta-se o fato de na literatura existirem poucos trabalhos referentes aos compósitos autoadesivos. Os parâmetros utilizados para avaliação deste novo material serão a resistência de união à microtração e a infiltração marginal.

Este estudo tem como objetivo avaliar a resistência de união e a microinfiltração marginal de resina composta autoadesiva de baixa viscosidade (*flow*) em dentina.

Serão utilizados neste estudo *in vitro* 60 terceiros molares permanentes humanos hígidos, do banco de dentes FOUPF e armazenados em água destilada sob refrigeração. Quarenta dentes serão utilizados para o estudo de microtração. Após inclusão em acrílico, serão seccionados para expor dentina coronária e aleatoriamente divididos em quatro grupos: G1 (CTRL 1) – Sistema adesivo (SA) precedido por

condicionamento ácido total; G2 (CTRL 2) – SA autocondicionante; G3 – Resina autoadesiva para cimentação; G4 – Resina composta *flow* autoadesiva. Após, serão restaurados com resina composta. As amostras serão seccionadas em palitos de 1mm², obtendo-se dois palitos por dente (n=20) e submetidas ao ensaio de microtração em máquina de ensaios até ocorrer fratura. As amostras serão analisadas sob microscopia ótica para classificação do padrão de fratura. Para o estudo de infiltração marginal, 20 molares receberão cavidades padronizadas Classe V nas faces vestibular (V) e palatina (P), resultando em 40 cavidades, restauradas segundo os grupos mencionados anteriormente (n=10). Após restauração, os dentes receberão cobertura dupla de esmalte e serão submersos em solução corante de azul de metileno por 24 horas. Os dentes serão lavados, seccionados e avaliados em microscopia ótica (20x) para classificação da infiltração e conversão em escore. Os dados serão submetidos à análise de Kruskal-Wallis ($\alpha=0,05$). O estudo será realizado nos laboratórios FOUPF.

Os direitos fundamentais dos participantes foram garantidos no projeto. O protocolo foi instruído e apresentado de maneira completa e adequada. Os compromissos do (a) pesquisador (a) e das instituições envolvidas estavam presentes. O projeto foi considerado claro em seus aspectos científicos, metodológicos e éticos.

Diante do exposto, este Comitê, de acordo com as atribuições definidas na Resolução CNS 196/96, manifesta-se pela aprovação do projeto de pesquisa na forma como foi proposto.

O (a) pesquisador (a) deverá apresentar relatório a este CEP no final do estudo.

Situação: PROTOCOLO APROVADO

Passo Fundo, 13 de janeiro de 2012.

Nadir Antonio Pichler
Coordenador do Comitê de Ética em Pesquisa

APÊNDICE 2 – Ilustrações por fotografia digital do material utilizado e das etapas laboratoriais para obtenção das amostras para ensaio de microtração



Figura 7 – Sistema Adesivo de condicionamento ácido total Scotchbond Multiuso Plus (SB) (3M/ESPE - Sumaré, SP, Brasil)



Figura 8 – Resina composta autoadesiva para cimentação Rely X U100 (3M - Sumaré, SP, Brasil)



Figura 9 – Ilustração de aplicação de ácido do sistema de condicionamento ácido total do grupo TE



Figura 10 – Ilustração de aplicação de primer do sistema de condicionamento ácido total



Figura 11 – Ilustração de aplicação de adesivo do sistema de condicionamento ácido total



Figura 12 – Ilustração de aplicação do primer ácido do grupo SE



Figura 13 – Ilustração de aplicação do adesivo ácido do sistema adesivo autocondicionante



Figura 14 – Ilustração da padronização do volume das pastas pelo próprio blister de aplicação do sistema



Figura 15 – Ilustração da aplicação do material sobre a superfície de dentina realizada com o pincel de aplicação do sistema VF.



Figura 16 – Ilustração da aplicação da resina composta autoadesiva por meio da ponteira acoplada em pistola dispensadora



Figura 17 – Ilustração do sistema de aplicação da resina composta flow autoadesiva



Figura 18 – Ilustração da técnica incremental durante a confecção das restaurações



Figura 19 – Ilustração da confecção das restaurações em forma de platô com altura de 6mm

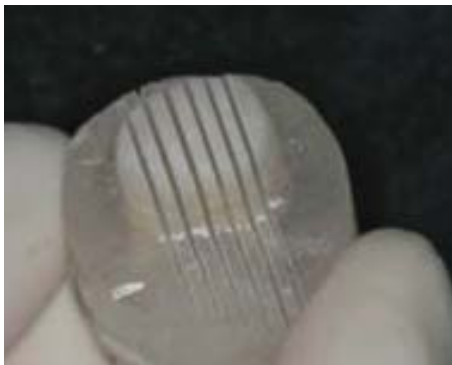


Figura 20 – Ilustração da secção dos dentes restaurados



Figura 21 – Ilustração do Sistema Adesivo autocondicionante Clearfil SE Bond (CSE) (Kuraray - Sakazu, Kurashiki City, Okayama, Japão).



Figura 22 – Ilustração da resina composta autoadesiva de baixa viscosidade Vertise Flow (VF) (Kerr - Romulus, MI, Estados Unidos)

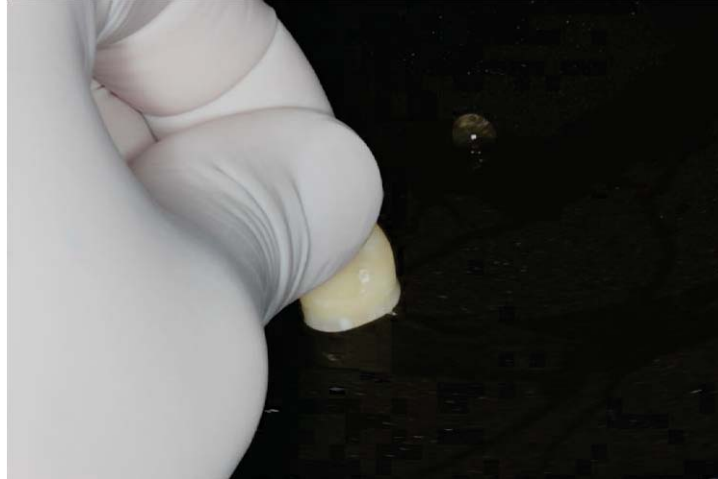


Figura 23 – Ilustração de remoção de eventuais resíduos de esmalte, realizado em uma máquina Politriz utilizando lixas d'água.



Figura 24 – Equipamento confeccionado pela oficina da Faculdade de Odontologia UPF para realizar pressão de assentamento



Figuras 25 e 26 – Ilustrações da realização da pressão de assentamento realizada no G5



Figura 27 – Ilustração do dispositivo metálico em forma de guilhotina, desenvolvido pelo Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Passo Fundo

BOND STRENGTH: SELF-ADHESIVE MATERIALS

Rafael V. Rocha¹, Bruno Carlini Jr.²

¹ Posgrado Stricto Sensu (sentido estricto) en Odontología - Área de Concentración en Clínica Odontológica de la Universidad de Passo Fundo/RS.

² Programa de Maestría en Odontología de la Universidad de Passo Fundo. Passo Fundo- RS.

ABSTRACT

Objective: to evaluate the bond strength of dentin adhesive materials. The hypotheses for the study were: 1) self-adhesive materials have lower bond strength to adhesive systems of fourth and fifth generation, 2) pressure grouting is able to increase the bond strength of adhesive materials.

Methods and materials: fifty healthy human third molars teeth were stored in distilled water, embedded in acrylic resin, sectioned to expose flat surface of dentin and randomly divided into five groups: TE (Control 1) – Adhesive system of total etching; SE - (Control 2) - adhesive system; UC - self-adhesive resin cements; VE - composite resin flow self-adhesive, and UCP - UC with static pressure of 1Kg for 5 min. Teeth were restored with composite resin (Opallis / FGM color A2) at 6 mm of height. Teeth were sectioned to obtain samples in the form of sticks with 1mm² cross sectional area, resulting in two sticks from each tooth (n = 20), that were submitted to microtensile bond test in a universal testing machine (EMIC DL 2000) until fracture occurs (v = 0.5 mm / min). Data were evaluated by ANOVA / Tukey ($\alpha = 0.05$). The fractured samples were examined under an optical microscope (OM) with 40x magnification in order to classify its into cohesive or adhesive. It was

concluded that UC and VE developed lower bond strength than TE and SE, used as controls, confirming H_1 . Conclusion: cement pressure was not able to increase bond strength values of UCP, when compared with UC, rejecting H_2 . OM showed predominance of adhesive failures in all the groups.

Key words: Adhesion; Composite resin; Cement; Self-adhesive composite.

RESISTENCIA DE UNION: MATERIALES

AUTOADESIVOS

RESUMEN

Objetivo: Evaluar, *in vitro*, la resistencia de unión de materiales autoadesivos a la dentina. Las hipótesis fueron: H_1 - materiales autoadesivos representan resistencia de

unión inferior a los sistemas de unión de la cuarta y quinta generación; H₂ - la presión de cimentación aumenta la resistencia de la unión de cemento autoadhesivo a la dentina. Método y materiales: cincuenta terceros molares permanentes humanos sanos fueron almacenados en agua destilada, incluidos en resina acrílica, seccionados para exponer superficie plana de dentina coronaria y aleatoriamente divididos en cinco grupos: TE (control) – Sistema adhesivo de acondicionamiento ácido total; SE – sistema adhesivo autoacondicionante; UC- Resina autoadhesiva para cimentación (U100/3M Espe); VE – Resina compuesta *flow* autoadhesiva (Vertise/Kerr); e UCP – cemento resinoso U100 fijado con presión de cimentación. Los materiales fueron aplicados en la forma de *liner* y enseguida los dientes fueron restaurados con resina compuesta fotopolimerizable con 6 mm de altura. Los dientes fueron seccionados para la obtención de palitos

resina/dentina con 1mm^2 de área de sección transversal. Dos muestras por diente ($n=20$) fueron presentadas al ensayo de microtracción hasta ocurrir fractura ($v=0,5\text{mm/min}$). Los datos fueron presentados a la Anova/Tukey ($\alpha=0,05$). Las muestras fracturadas fueron analizadas en microscopía óptica (MO), con aumento de 40x, con el fin de clasificarlas en cohesivas o adhesivas. Resultados: tanto UC como VE desenvuelven resistencia adhesiva significativamente inferior TE y SE, utilizados como control, confirmando H_1 . Conclusión: la presión de cimentación no fue capaz de aumentar la resistencia de unión de UCP cuando comparado a la UC, rechazando H_2 . MO demostró 90% de fallas adhesivas para los grupos UC, VE e UCP.

Palabras-clave: Adesión; Microtracción; Compuestos autoadhesivos.

1 Introducción

La odontología restauradora evolucionó de la retención mecánica, por medio del preparo de la cavidad, para la técnica de acondicionamiento de esmalte propuesta por Buonocore¹ en 1955, marco inicial de la odontología adhesiva.

En los años 80 y 90, Nakabayashi² desarrolló la técnica de hibridización, que culminó en el surgimiento de los sistemas adhesivos de cuarta generación, cuyo protocolo proponía acondicionamiento total en esmalte y dentina. El punto crítico de ese sistema fue el método de secado, que tiene como objetivo eliminar exceso de agua y mantener el colágeno expandido para permitir penetración de monómeros y formar la capa híbrida.

Todavía en la década del 90, surgieron los sistemas adhesivos autoacondicionantes, que disuelven y incorporan la lama dentinaria y desmineralizan superficialmente la

dentina, estableciendo retención micromecánica, complementada por interacción química por medio de monómeros fosfato y hidroxiapatita ³. Los sistemas autoacondicionantes permitieron desarrollar un protocolo simplificado, disminuyendo la influencia del operador sobre la calidad de la interface adhesiva. Esos sistemas pueden ser indicados para diversas situaciones clínicas en que el sustrato dentinário predomina sobre el de esmalte, como cimentación de prótesis y perno pre-fabricados. En esos casos, el sistema adhesivo autoacondicionante es aplicado previamente a los materiales resinosos para cimentación.

El desenvolvimiento de nuevos compuestos y técnicas para minimizar la complejidad de los procedimientos adhesivos es una tendencia de mercado, pues resultan en menor tiempo clínico y protocolos simplificados. En los últimos años, estuvo aumentado la utilización de cimentos resinosos "autoadhesivos" (CA), que dispensan la aplicación

prévia de ácido, *primer* o adhesivo. Os CA poseen monómeros fosfatados y grupos carboxílicos que son responsables por la unión físico-química a la dentina⁴, o monómeros funcionales como o MDP, capaces de desenvolver union química con resinas, ceramicas y metales. Esos cimentos son presentados en la forma de pasta base y catalizadora. En relación a la presa, presentan dos reacciones, física, por la incidencia de luz a 450nm y reacción ácido-base, resultando en la formación de fosfato de calcio⁵. Estudios clínicos de resina compuesta en restauraciones Clase II demostraron desempeño satisfactorio en restauraciones con resina compuesta despues de 17 años⁶.

Mas recientemente, fue lanzada en el mercado una resina compuesta de baja viscosidad (*flow*) autoadhesiva. Ese material dispensa la aplicación previa de sistemas adhesivos y es indicada para cavidades clase I, III e V, de pequeña extensión, fuera de áreas de fuerzas oclusal. En su

composición figuran partículas pré-polimerizadas que facilitan la manipulación y minimizan la contracción de polimerización del material, bário, responsable por las propiedades mecánicas, sílica coloidal, que mejora el polimento y, todavía, fluoreto de itérbio, que promueve liberación de flúor en torno de 0,23 ppm en un día y 0,48 ppm en una semana, además de ser responsable por la radiopacidad⁷.

Para aplicación de la resina *flow* autoadhesiva, se debe fricciónar con pincel por 15 a 20 segundos, con el objetivo de auxiliar en el humetación de la superficie, compensando su mayor viscosidad cuando comparada a los adhesivos. Además de eso, se debe polimerizar por 20 segundos, pues los monómeros adhesivos poseen una respuesta mas lenta a la luz⁸.

En estudio clínico de seis meses de acompañamiento, la resina Vertise Flow (VE) presentó buen sellado marginal

y no hubo relatos de sensibilidad en el pós-operatório en restauraciones clase I, en áreas no funcionales. Sin embargo, VE alcanzó su expansión máxima en apenas 90 días, resultando en una contracción negativa, siendo el material resinoso restaurador menos estable dimensionalmente⁹.

No fueron encontrados, en la literatura, datos sobre al resistencia de unión de VE a la dentina, surgiendo dudas en cuanto a cualidad de la interface desarrollada por compuestos denominados autoadhesivos. La sencillez del protocolo de unión de estos materiales podría beneficiar profesionales y pacientes, generando menor costo, menor número de pasos clínicos, menor tiempo clínico y menor número de materiales necesarios para la elaboración de una restauración adhesiva.

Por lo contrario, el propósito de este estudio fue evaluar la resistencia de unión de materiales autoadhesivos a la dentina, teniendo como hipótesis: H₁ . Los materiales

autoadhesivos presentan resistencia de unión inferior a los sistemas de unión de cuarta y quinta generación; H₂ . La presión de cementación es capaz de aumentar la resistencia de unión del cemento autoadesivo.

2 Materiales y Métodos

Antes de la aprobación de protocolo CAAE n° 0346.0.398.000-12 del Comité de Ética en Búsquedas de la Universidad de Passo Fundo (UPF), fueron seleccionados 50 terceros molares humanos permanentes sanos del banco de dientes de la Facultad de Odontología de la UPF. Dientes con caries, fisuras e fracturas fueron excluidos y substituídos. Durante toda la fase de experiencia, entre las etapas, los dientes permanecerán almacenados en agua destilada, en temperatura ambiente.

Los dientes fueron incluídos en resina acrílica

autopolimerizable incolor (JET/ Clássico/São Paulo/SP, Brasil), 2 mm arriba del limite amelocementário, tomando la face vestibular como referencia. Al final de esa etapa, los dientes fueron nuevamente almacenados en agua destilada.

Los dientes fueron seccionados en una cortadora metalográfica (Strues Minitton, Copenhagen, Dinamarca), bajo riesgo de agua, con el fin de remover el esmalte oclusal. Las superficies de dentina expuestas fueron evaluadas para detección y eliminación de eventuales residuos de esmalte, realizado en una máquina Politriz (Strues Abramin, Copenhagen, Dinamarca) utilizando lijas de agua (231Q - 3M, Sumaré-SP, Brasil) de granulación 320, 900 e 1.200. Después de eso, las superficies fueron lavadas con agua corriente y almacenadas en agua destilada por 24 horas.

Cincuenta dientes fueron aleatoriamente divididos en 5 grupos. Cada diente produjo dos muestras (n=20): CTRL1 –

sistema adhesivo de acondicionamiento ácido total – Scotchbond Multiuso Plus (SB) (3M/ESPE - Sumaré, SP, Brasil); CTRL2 – sistema adhesivo autoacondicionante (Clearfil SE Bond /Kuraray - Sakazu, Kurashiki City, Okayama, Japão); UC – Resina compuesta autoadhesiva para cementación Rely X U100 (3M/ESPE - Sumaré, SP, Brasil); RF – Resina compuesta autoadhesiva de baja viscosidad *Vertise Flow* (Kerr - Romulus, MI, Estados Unidos); UCP – Resina compuesta autoadhesiva para cementación Rely X U100 (CAP) (3M/ESPE - Sumaré, SP, Brasil), bajo presión estática de cementación.

Fueron aplicados sobre la capa de adhesivo tres incrementos de resina compuesta (Opallis/ FGM – Joinvile, Brasil), en color A2, con aproximadamente 2 mm de altura cada capa, totalizando 6 mm de altura. Fue realizada fotopolimerización de cada face de la restauración de resina por 40 segundos.

Con las restauraciones listas, los dientes fueron almacenados en agua por 6 meses, con el objetivo de envejecimiento¹⁰.

Pasado ese periodo, los dientes fueron seccionados con el objetivo de obtener muestras en forma de palito, con dimensiones aproximadas de 10 mm de longitud e área de sección transversal de 1,0 mm². Los palitos fueron almacenados en agua por 48 horas. En la fase de corte, hubo importantes pérdidas de muestras. Los grupos UC y RF generaron dos (2) muestras por grupo; ya el grupo UPC generó trece (13) muestras. En todos los casos, los materiales evaluados UV y RF se desprenderán de la superficie de la dentina.

Después de la obtención de las muestras, el ensayo de microtracción fue conducido a la velocidad de 0,5 mm/min, hasta provocar fractura. En el momento de la fractura, los valores de Fuerza fueron registrados en Newton (N).

El diámetro de los palitos fue medido en el sentido mesio-distal y vestíbulo-lingual, en milímetros, por medio de paquímetro digital (Mitutoyo - Kawasaki, Kanagawa, Japão), para cálculo de área (A), en mm². Con esos datos, fue efectuado el cálculo de la tensión (T), por la fórmula $T(\text{MPa})=F(\text{N})/A(\text{mm}^2)$.

Para clasificación del tipo de fractura, fueron considerados todos los palitos obtenidos, tanto en la superficie del palito de resina como en la del palito de dentina. Para ese procedimiento, fue utilizado un estereomicroscópio óptico (MO) (MC 050, JM Instrumentos, São Paulo-SP, Brasil) al aumento de 40x. Todas las imágenes fueron analizadas por el mismo examinador. Las fracturas fueron clasificadas como: 1. Fractura adhesiva; 2. Cohesiva en resina compuesta; 3. Cohesiva en dentina.

3 Resultados

A los datos de resistencia de unión por microtracción fue aplicada el Análisis de Variancia, al nivel de 1% de significado (Tabla 1), demostrando haber diferencia estadística significativo entre los grupos.

Para el detalle de los resultados, fue aplicada la comparación múltipla de Tukey, al nivel de 5% de significado (tabla 2), por medio del programa SPSS (IBM, Rio de Janeiro, Brasil).

El análisis del padrón de fractura demostró predominancia de fallas adhesivas en todos los grupos (fig.s 1, 2 e 3).

En grupo 1, ocurrieron 91,6% de fallas adhesivas e

8,4% cohesiva en resina. En el grupo 2, ocurrieron 92,3% de fallas adhesivas y 7,7% cohesiva en dentina. En los grupos 3 y 4, la mayoría de los palitos sufrió dislocamiento en la interface de unión durante el corte de los palitos. En esos casos, fueron considerados como fallas adhesivas en 100% de los casos. En el grupo 5, ocurrieron 90,9% de fallas adhesivas y 9,1% cohesiva en dentina.

4 Discusión

Los resultados demostrarán que los grupos CTRL1 (sistema adhesivo de acondicionamiento ácido total) y CTRL2 (sistema adhesivo autoacondicionante) representaran medidas de resistencia de unión superiores a los otros grupos, confirmando H1. Sin embargo, no representaran diferencia estadística entre sí, concordando con los estudios de Borges *et al.*¹¹. La utilización de esos sistemas como

grupo control tuvo el objetivo de servir de parámetro para escalonar los valores medidos obtenidos por los materiales autoadhesivos.

Los materiales autoadhesivos evaluados en este estudio, UC e RF, representaran valores de resistencia la unión próximos a cero, indicando pobre capacidad de interacción físico-química con el substrato dentinário.

Considerando el material UC, esos números difieren de los estudios de Pisani-Proença *et al.*¹², que conseguiran buenos resultados con cemento. Previamente a la utilización del cemento, los autores aplicarán, sobre la dentina, *primer* adhesivo y/o EDTA. Esos productos pueden haber auxiliado UC a atingir medidas adecuadas de resistencia de unión a dentina. Además de eso, Pisani-Proença *et al.*¹² realizarán pruebas 24 horas terminada la cimentación. Em el presente estudio, no fue utilizado cualquier material previamente a los autoadhesivos. Ya los palitos fueron obtenidos 6 meses

después de la confección de las restauraciones. La submisión de los dientes restaurados a la inmersión en agua fue utilizada como método de envejecimiento¹³. Ese método de envejecimiento parece haber sido determinante para la debil interacción adhesiva entre los materiales autoadhesivos y dentina.

Terminado los seis meses de almacenamiento, muchas muestras fueron perdidas durante la fase de corte para la obtención de los palitos. El padrón de fractura de las muestras perdidas fue del tipo adhesiva en 100% de los casos.

Teoricamente, la unión de UC con la dentina es establecida por los ácidos fosfóricos metacrilatos ionizados a partir de la mezcla de las pastas base y catalizadora. La ionización ocurre tanto a partir de la agua presente en la dentina como de la agua producida durante la reacción de neutralización de los monómeros fosfatados con partículas

básicas. Ese material produce limitada descalcificación de las estructuras duras del diente y incapacidad de permeabilización en la *smear layer*.¹⁴ Todavía, el pH de esos cementos, aproximadamente 2,1, no es suficientemente bajo, pues un efecto de neutralización puede ocurrir durante la mezcla debido a la reacción química que libera agua o partículas alcalinas que pueden aumentar el pH.

Tales resultados se explican debido a la alta viscosidad del cemento, que dificulta su penetración y formación de *tags*.¹⁵ Los cementos resinosos autoadhesivos no son capaces de eliminar la *smear layer* y infiltrar la dentina para a formación de una capa híbrida y *tags* de resina.¹⁶

La influencia de la presión de cementación fue estudiada al compararse los grupos UC y UCP. A pesar de los valores medidos de UCP hayan sido superiores a UC, no hubo diferencia estadística entre los grupos experimentales,

indicando que la presión de cementación no ejerce influencia significativa sobre la interacción del cemento autoadhesivo a la dentina. Ese resultado va al encuentro al estudio de Goracci *et al.*¹⁶, que demostró que el cemento autoadhesivo desarrolló mejor adhesión en dentina sobre presión de asentamiento. Según los autores, la presión de cementación puede beneficiar la calidad de la interface por reducir el problema de la alta viscosidad de ese material; por disminuir porosidades; y por promover mayor contacto entre el adhesivo y el substracto dentinário.

En este estudio se observó que, cuando solamente analizada interface adhesiva, la presión de cementación es incapaz de auxiliar significativamente el aumento de la resistencia de ese material a la dentina. La correspondencia clínica de ese descubrimiento representa dato relevante em los protocolos de cementación adhesiva, siendo recomendable que esos cementos sean utilizados apenas en

casos en que el preparado ofrezca retención mecánica. Al contrario, no deberían ser utilizados para la cementación de preparos parciales o que dependan de la adhesión micromecánica y/o química, como en el caso de preparos para facetas o para *onlays* de cerámica o de resina compuesta.

Al compararse los grupos RF y UC, no fue encontrada diferencia estadística significada, indicando semejanzas entre los materiales respecto a la composición y la interacción con la dentina. Ambos los materiales representarán valores de resistencia de unión próximos a cero.

Em el grupo RF, fue utilizada una resina compuesta *flow* autoadhesiva recientemente lanzada en el mercado. Por ser material autoadhesivo, dispensa la utilización de ácido fosfórico, *primer* o adhesivo previamente a su utilización. El protocolo de aplicación fue idéntico al indicado en la bula del material. Se debe considerar que, en pruebas de

microtracción, la superficie para unión es dentina plana y pulida, en vez de cajas retentivas como algunas cavidades Clase I y III. Las superficies planas fueron restauradas con resina compuesta restauradora después de la aplicación de RF en la forma de *liner*. Ese procedimiento fue utilizado por la dificultad de obtener grande cantidad de muestras del material para el estudio. La resina compuesta restauradora aplicada arriba de la RF tuvo como objetivo crear un volumen de resina para permitir corte y fijación de los palitos para el ensayo de microtracción. Ese procedimiento no perjudicó el estudio, una vez que no fue detectada separación entre resina restauradora y RF. Todas las fallas ocurrieron entre RF y dentina. El mismo fue observado para UC y dentina.

Las explicaciones para los bajos valores posiblemente sean las mismas dadas al cemento resinoso autoadhesivo. El pH de esos materiales parece no ser suficientemente bajo

para producir una desmineralización o microrretenciones mecánicas; a alta viscosidad puede haber dificultado la interpenetración del material en la dentina y la interacción de polímeros con las fibras colágenas, lo que impide la formación de la capa híbrida.^{15 17 18}.

Se puede sugerir que el mecanismo de unión de esos compuestos se asemeja al de los materiales ionoméricos. Sin embargo, parece no existir retención mecánica o unión química, haciendo con que ese tipo de material se quede sujeto a mayor penetración de fluidos durante el período de envejecimiento por inmersión en agua destilada. En ese caso, la infiltración puede haber causado hidrólisis de los monómeros resinosos y degradado mucho más la interface adhesiva.

Transportando para la clínica, se puede inferir que las RF deben ser utilizadas a penas en caso de cavidad autorretentivas, de pequeñas dimensiones y fuera de área de

contacto oclusal. La duda es se pueden ser denominadas restauraciones adhesivas, una vez que los valores medidos obtenidos son próximos a cero.

El análisis del padrón de fractura demostró predominancia de fallas adhesivas en todos los grupos. En los grupos RF y UC, la mayoría de las restauraciones sufrió desplazamiento en la interface de unión durante el corte para obtención de los palitos. En esos casos, los dientes fueron examinados y contactadas fallas adhesivas en 100% de los casos, lo que confirma la hipótesis de incapacidad de interacción físico-química de estos materiales con el substracto dentinário

Los materiales autoadhesivos, cuando analizada solamente la variable de respuesta resistencia de unión de la interface adhesiva, producirán valores próximos a cero.

Mediante aplicación de materiales autoadhesivos la dentina, sin tratamiento previo, fue posible concluir:

- RF y UC representan valores medidos de resistencia de próximos a cero y significativamente inferiores a los valores obtidos por los sistemas adhesivos de cuarta y quinta generación, confirmando la primera hipótesis;

- La presión de cementación no fue capaz de aumentar la resistencia de unión del cemento autoadhesivo, rechazando la segunda hipótesis.

Agradecimientos

Al Profesor Dr. Bruno Carlini Jr., por el empeño durante la realización de la búsqueda.

A la Profesora Dra. Márcia Borba y al Profesor Dr. Álvaro Della Bona por las sugerencias y ayudas dadas.

A la Universidad de Passo Fundo por brindar la estructura necesaria para la realización del trabajo.

Correspondência

Rocha, Rafael Vinícius. Rua Carolina Vergueiro. 21
A, ap. 201, Passo Fundo/RS, rafadarocha@hotmail.com

Carlini Júnior, Bruno: Rua Fagundes do Reis, 406/ sl
308, Centro, Passo Fundo- RS, CEP 99010070, fone 54
3312 6000. carlini_bruno@yahoo.com.br

Referencias

1. Buonocore MG. A simple method of increasing the
adhesion of acrylic filling material to enamel. J. Dent.
Res. 1955; 34:948-953.
2. Nakabayashi N; Pashley DH. Hibridização dos
Tecidos Dentais Duros. São Paulo: Quintessence,
2000.

3. Coelho A, Canta JP, Martins JNR, Marques SL, Marques P. Perspectiva histórica e conceitos atuais dos sistemas adesivos amelodentinários – revisão da literatura. *Revista Portuguesa de Estomatologia, Medicina Dentária e Cirurgia Maxilofacial* 2011; 31:1-8.
4. Cantoro A, Goracci C, Coniglio I, Magni E, Polimeni A, Ferrari M. Influence of ultrasound application on inlays luting with self-adhesive resin cements. *Clin Oral Investig.* 2011; 15(5):617-23.
5. 3M Espe. RelyX™ Unicem. Aplicap™ / Maxicap™. Cimento Auto-Adesivo Universal de Resina. Seefeld, Alemanha, 2004.

6. Rosa Rodolpho PA, Cenci MS, Donassollota LAD, Demarco FF. Aclinical evaluation of posterior composite restorations 17-yearfindings. J. Dent. Res. 2006; 34: 427-35.
7. Kerr Dental Corporation. Vertise™ Flow. The Evolution of Adhesive Technology. Technical Bulletin. Suíca, 2010.
8. Vichi A, Goracci C, Ferrari M. Clinical study of the self-adhering flowable composite resin Vertise Flow in Class I restorations: six-month follow-up. Int. Dent. Sa. 2010; 12(1):14-23.
9. Wei Y, Silikas N, Zhang Z, Watts DC. Hygroscopic dimensional changes of self-adhering and new resin-matrix composites during water sorption/desorption

cycles. Dent. Mat. 2011; 27(3):259-66.

10. Miranda C. Avaliação de sistemas adesivos em dentina decídua: influência do envelhecimento na microtração e na nanoinfiltração. 2009. 143f. Tese (Doutorado em Odontologia). Área de Concentração: Odontopediatria. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

11. Borges MAP, Matos IC, Dias KRHC. Influence of two self-etching primer systems on enamel adhesion. Braz. Dent. J. 2007;18:113–8.

12. Pisani-Proença J, Carolina M, Erhart G, Amaral R, Valandro LF, Bottino MA, Castilho-Salmerón RD. Influence of different surfasse conditioning protocols on Microtensile bond strength of self-adhesive resin

cements to dentin. *J. Prosthet Dent.* apr. 2011; 105(4):227-35.

13. Shono Y, Terashita M, Shimada J, Kozono Y, Carvalho RM, Russell, CM, Pashley DH. Durability of resin-dentin bonds. *J. Adhes. Dent.* 1999; 1(3):211-8.

14. Monticelli F, Osorio R, Mazzitelli C, Ferrari M, Toledano M. Limited decalcification/diffusion of self-adhesive cements into dentin. *J. Dent. Res.*, Washington 2008; 87(10):974-979.

15. De Munck J, Vargas M, Van Landuyt K, Hikita K, Lambrechts P, Van Meerbeek B. Bonding of an auto-adhesive luting material to enamel and dentin. *Dent. Mat.* 2004; 20(10):963-971.

16. 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. *Adhes. Dent. J.* 2006; 8 (5):327-35.

17. Aschenbrenner CM, Lang R, Handel G, Behr M, Analysis of marginal adaptation and sealing to enamel and dentin of four self-adhesive resin cements. *Clin Oral Invest.* 2011; 16:191-200.

18. Hanabusa M, Mine A, Kuboki T, Momoi Y, Van Landuyt KL, Van Meerbeek, B, Munk JD. TEM interfacial characterization of an experimental self-adhesive filling material bonded to enamel/dentin. *Dent. Mat.* 2011, Aug; 27(8):818-24.

Legendas de las figuras

Figura 1 – Dentina – falha adesiva

Figura 2 – Resina – falha adesiva

Figura 3 – Resina/cimento – falha adesiva

Tabla 1 – Resultado del Análisis de Variância aplicada a los valores de resistencia de unión por microtracción.

	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	6774.281	4	1693.570	26.342	.000
Within Groups	6107.590	95	64.290		
Total	12881.871	99			

Fuente: datos primarios

Tabla 2 – Resultado de la prueba de comparación múltipla de Tukey para los valores de resistencia de unión por microtracción.

Grupos	N	Tukey ($\alpha = 0,05$)		(c.v = 38%)
		A	B	d.p.
1	20	16,070577868		13.54
2	20	20,462688688		10.07
3	20		1,240728195	4.38
4	20		1,011258224	3.14
5	20		3,059215481	2.67
Sig.		0,419	0,928	

Figura 1 – Dentina – falha adesiva

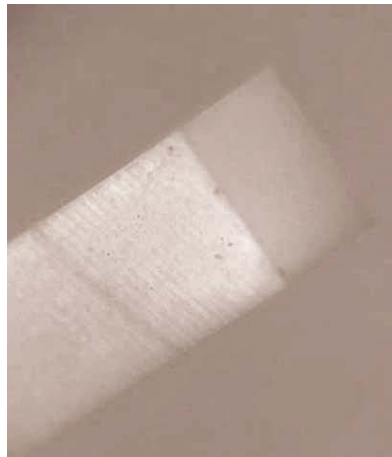


Figura 2 – Resina – falha adesiva

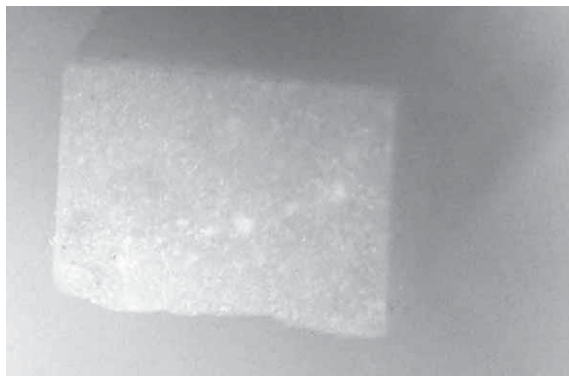


Figura 3 – Resina/cimento – falha adesiva

