

Avaliação da resistência de união de dois sistemas adesivos autocondicionantes – Revisão de literatura e aplicação do ensaio de microcisalhamento

Bond strength of two self-etching adhesive systems – Review of the literature and application of the microshear test

Rubens Nazareno GARCIA*
 Clarissa Rebello dos Santos de SOUZA**
 Paula Elise Fracasso MAZUCCO**
 Lídia Morales JUSTINO***
 Marcelo Thomé SCHEIN****
 Marcelo GIANNINI*****

Endereço para correspondência:

Rubens Nazareno Garcia
 UNIVALI – Curso de Odontologia
 Rua Uruguai, 458 – Centro
 Itajaí – SC – Caixa Postal 360 – CEP 88302-202
 E-mail: rubensgarcia@univali.br

* Professor dos cursos de Odontologia da UNIVALI e da UNIVILLE (área de Materiais Dentários). Mestre e Doutor em Materiais Dentários.

** Cirurgiões-dentistas.

*** Professora do curso de Odontologia da UNIVALI (área de Dentística). Mestre em Endodontia e Dentística.

**** Professor do curso de Odontologia da UNIVILLE (área de Dentística). Mestre em Odontologia – Laser.

***** Professor da Faculdade de Odontologia de Piracicaba da UNICAMP (área de Dentística). Mestre e Doutor em Clínica Odontológica.

Recebido em 14/3/07. Aceito em 27/3/07.

Palavras-chave:

dentina; adesivos
 dentinários; resistência de
 união ao cisalhamento.

Resumo

Os objetivos deste estudo foram avaliar a resistência de união de dois sistemas adesivos autocondicionantes em dentina bovina e discutir alguns conceitos que envolvem os adesivos contemporâneos e os ensaios de resistência de união. Incisivos bovinos foram preparados com auxílio de lixas de carbetto de silício até a obtenção de superfícies planas de dentina média (60 mm²). Os adesivos Clearfil SE Bond (Kuraray) e Clearfil S³ Bond (Kuraray) foram aplicados, e matrizes Tygon foram posicionadas sobre cada amostra de dentina hibridizada, sendo preenchidas em seu volume interno com o cimento resinoso RelyX

ARC (3M Espe). Após fotoativação, removeram-se as matrizes e expuseram-se os corpos-de-prova, que foram armazenados em água destilada 37°C por 24 horas. Decorrido esse período, os corpos-de-prova foram unidos ao dispositivo de teste e ensaiados em uma máquina universal de ensaios (EMIC DL 500), com velocidade de 0,5 mm/min. A resistência de união foi calculada em Mpa, e os dados foram analisados estatisticamente pelo teste “t” de Student. Os resultados (MPa±DP) indicaram que a aplicação do adesivo Clearfil SE Bond resultou em maior média de resistência de união (26,74±7,53^a), com diferença estatística em relação ao adesivo Clearfil S³ Bond (20,94±5,48^b). De acordo com a revisão de literatura, a união à dentina parece ser instável para os sistemas adesivos simplificados (aqueles que contêm os componentes hidrófilos e hidrófobos em um só frasco).

Keywords:

dentin, adhesive systems, shears bond strength.

Abstract

The objective of this study was to evaluate the microshear bond strength of two self-etching adhesive systems on bovine dentin, and discuss some concepts involving contemporary adhesives, and shear bond strength tests. Bovine incisors were prepared using silicon carbide papers to obtain flat surfaces of middle dentin (60mm²). The adhesives Clearfil SE Bond/Kuraray and Clearfil S³ Bond/Kuraray were applied, and Tygon tubing positioned over each sample of hybridized dentin. The interior space was filled in with RelyX ARC (3M Espe) resin cement. After photoactivation, the tubes were removed and samples were exposed, which were stored in distilled water at 37°C for 24 hours. After this period, the samples were bonded to the test device, and tested in a universal testing machine (EMIC DL 500) with a speed of 0.5mm/min. The bond strength was calculated in MPa and the data were analyzed statistically by the Student “t” test. The results (MPa±DP) indicate that the application of the adhesive Clearfil SE Bond resulted in higher bond strength (26.74±7.53^a), with a statistical difference in relation to the adhesive Clearfil S³ Bond (20.94±5.48^b). According to the literature review, the dentin bond appears to be unstable for simplified adhesive systems (those which contain hydrophilic and hydrophobic components in the same bottle).

Introdução

O primeiro impulso para a era da Odontologia Adesiva foi dado a partir do surgimento da técnica do condicionamento ácido em esmalte proposta por Buonocore (1955) [2]. Essa técnica possibilita, até hoje, a realização de procedimentos restauradores estéticos, conservadores e preventivos.

O mecanismo básico de união ao esmalte e à dentina envolve essencialmente o processo de remoção de minerais dos tecidos dentais duros e a reposição por monômeros resinosos, que, após a sua aplicação, promovem uma união micromecânica nas microporosidades criadas. Esse mecanismo de ação foi inicialmente preconizado por Nakabayashi *et al.* (1982) [14] e é

comumente descrito como hibridização, ou a formação da camada híbrida.

Além de esmalte, a maioria dos procedimentos adesivos envolve o substrato dentinário, morfológicamente mais heterogêneo e fisiologicamente mais dinâmico [1]; a dentina contém 30% em peso de matéria orgânica (fibrilas colágenas, mucopolissacarídeos como proteoglicanos e glicosaminoglicanos – 18%; água – 12%) e 70% em peso de componentes inorgânicos, fundamentalmente hidroxiapatita carbonatada, incluindo cálcio (27%), fósforo (13%), carbonato (5%), sódio e magnésio [12].

Nos últimos vinte anos surgiram diversas gerações de adesivos que preconizam o condicionamento ácido prévio de esmalte e dentina

com ácido fosfórico, devendo a dentina ser deixada levemente umedecida após o enxágüe (técnica úmida – adesivos convencionais), e de adesivos autocondicionantes, que utilizam o substrato seco previamente à sua aplicação – técnica seca [11, 19]. Esses últimos surgiram com o intuito de diminuir a sensibilidade da técnica úmida e consistem na incorporação da *smear layer* no processo de hibridização, ou seja, a dissolução e/ou modificação da lama dentinária, em vez da sua completa remoção pela aplicação do ácido fosfórico [15, 22, 26].

A técnica operatória dos adesivos autocondicionantes pode ser realizada em um ou dois passos clínicos. No caso da técnica de dois passos, condicionador e *primer* são combinados em um só frasco e o adesivo é aplicado separadamente. Já na técnica de um passo clínico, condicionador, *primer* e adesivo são combinados em um único frasco, ou em dois frascos (líquido A + líquido B), sendo também chamados de adesivos *all-in-one* [19, 28].

Dependendo da agressividade do condicionamento, eles podem ser subdivididos em fortes, moderados e suaves. Os produtos considerados fortes usualmente têm pH 1 ou abaixo de 1, como por exemplo o Adper Prompt L-Pop (3M Espe), o Xenon III (Dentsply) e o Tyrian SPE (Bisco). Essa alta acidez resulta em uma desmineralização mais profunda, e conseqüentemente uma camada híbrida em torno de 2,5 a 5,0 μm (micrômetros) é criada. Para os adesivos autocondicionantes moderados (pH em torno de 1,5 – Optibond Solo Plus SE/Kerr e AdheSE/Ivoclar Vivadent), a camada híbrida em dentina apresenta-se completamente desmineralizada no topo e parcialmente desmineralizada na base, com espessura variando de 1,2 a 2,2 μm . Geralmente os adesivos autocondicionantes chamados de suaves têm pH em torno de 2. Exemplos desses produtos são o iBond (Heraeus Kulzer), o One-Up Bond F (Tokuyama), o UniFil Bond (GC), o Clearfil SE Bond e o Clearfil S³ Bond (ambos da Kuraray). São criadas camadas híbridas em torno de 0,5 μm . Nesse caso ocorre uma desmineralização parcial, conservando hidroxiapatita ainda fixada ao colágeno. De qualquer modo, é gerada porosidade suficiente na superfície para obter uma união micromecânica para a hibridização [6].

Quando um *primer* autocondicionante é aplicado a uma superfície de dentina coberta com lama dentinária, ele condiciona através da lama para dentro da dentina mineralizada subjacente e

posteriormente desativa-se pela capacidade-tampão (alcalinidade) da dentina, especialmente por causa da presença do carbonato nesse substrato. Tal mecanismo de ação tem sido descrito desde 1994 [31], quando da utilização do fenil-P (2-metacrilóxi etil fenil hidrogênio fosfato), o primeiro monômero mais ácido responsável em preparar esmalte e dentina para união dos materiais restauradores resinosos aos substratos dentais. Alguns autores também especulam que a preservação da hidroxiapatita na camada híbrida submicrométrica pode servir como receptor para interação química adicional, visto que esses monômeros mais ácidos à base de fosfato, como também o MDP (10-metacrilóxiodecilo diidrogênio fosfato) e o 4-META (4-metacrilóxi etil trimelitato), têm um potencial de adesão ao cálcio da hidroxiapatita residual [32].

Os adesivos autocondicionantes apresentam em sua composição altas concentrações de monômeros mais ácidos nos *primers*, portanto são capazes de dissolver e/ou modificar a *smear layer* e a porção superficial da dentina subjacente. Um melhor selamento poderia ocorrer com tais adesivos, já que não haveria discrepância entre a profundidade de condicionamento e a extensão de infiltração dos monômeros resinosos no substrato. Uma vantagem desse tipo de adesivo é que o selamento resultaria em menor ou nenhuma sensibilidade pós-operatória [4, 24].

Van Meerbeek *et al.* (2003) [30] classificaram os sistemas adesivos contemporâneos com base nas estratégias de união (com a aplicação prévia do ácido fosfórico ou autocondicionantes) e nos procedimentos adesivos (três, dois ou um passo clínico), o que acabou sendo considerado uma classificação qualitativa dos adesivos. Segundo esses autores, os adesivos que utilizam a técnica do condicionamento ácido prévio e que são aplicados em três passos têm mostrado melhor desempenho do que os de dois passos clínicos. Similarmente, para os sistemas adesivos autocondicionantes, os autores citam um melhor desempenho nos de dois passos clínicos quando comparados com os adesivos de somente um passo. Eles concluíram que os maiores valores de resistência de união encontrados coincidem justamente com aqueles produtos que contêm os componentes hidrófilos (*primer*) e hidrófobos (adesivo) em frascos separados.

Com relação à durabilidade, um declínio na efetividade da união foi relatado recentemente para os adesivos simplificados, em revisão de literatura sobre efetividade clínica de adesivos contemporâneos. Os autores concluíram que,

embora exista uma tendência para a utilização de adesivos com procedimentos de aplicação simplificada, justamente essa simplificação pode induzir à perda na efetividade da união. Observaram também que o desempenho clínico pode ser previsto por intermédio de apropriados tipos de ensaios de resistência de união aplicados em laboratório com estudos *in vitro* [17].

Nos estudos de Garcia (2006) [8], foram utilizados quatro sistemas adesivos autocondicionantes de dois passos e quatro de um passo clínico, e aplicou-se a metodologia do microcissalhamento para os ensaios de resistência de união. Os produtos de dois passos resultaram em valores médios maiores de resistência de união, comparativamente aos de um passo clínico, com diferença estatisticamente significativa entre eles.

Os ensaios de resistência de união mais frequentemente utilizados são aqueles que avaliam o desempenho de sistemas adesivos. Segundo Escribano *et al.* (2003) [7], uma união durável entre materiais restauradores poliméricos e as estruturas duras dentais é um importante parâmetro para o sucesso de restaurações dentais; para determinar o desempenho de um sistema adesivo, sua resistência mecânica é usualmente mensurada pela determinação da resistência de união ao cisalhamento e/ou à tração. Escribano *et al.* (2003) [7] afirmam que essa avaliação é controversa quando se comparam os dados de resistência de união de diferentes autores, por causa das variações nas técnicas empregadas e também das diferentes condições sob as quais os substratos são conservados ou utilizados. Ainda de acordo com os autores, os resultados dos diversos tipos de ensaios de resistência de união com o carregamento de cisalhamento ou de tração dependem principalmente da área testada, e é mais provável achar um defeito que inicia a fratura em uma área maior do que em uma menor. Assim, a resistência de união de um material diminui quando o tamanho da área testada aumenta, pois qualquer defeito existente na interface pode facilmente se propagar.

Para solucionar esses problemas relacionados à propagação de tensões, principalmente ligadas às áreas maiores, Sano *et al.* (1994) [21] desenvolveram os ensaios de microtração, muitos dos quais têm sido realizados; além disso, as informações deles derivadas se tornaram um efetivo método em termos de análise de pequenas áreas de interface adesiva. Para os ensaios de microtração, no entanto, o corte das amostras é um passo indispensável para confeccionar os corpos-de-prova. Tal fator pode levar à perda do

corpo-de-prova prematuramente, em função do substrato e/ou material ensaiado [16].

Os dados obtidos dependem dos fatores experimentais, como o tipo de sistema adesivo ou compósito, o tamanho e a geometria do corpo-de-prova e o tipo de ensaio [18, 29]. Portanto, os valores absolutos obtidos nos ensaios não podem ser utilizados de forma conclusiva ou ser comparados com os dados encontrados em outros estudos. Somente aqueles alcançados em um mesmo estudo são válidos para a interpretação dos resultados. Apesar disso, os ensaios de resistência de união podem proporcionar valiosas informações clínicas, quando obtidos em estudos devidamente delineados [6].

Para a obtenção de informações sobre a efetividade de sistemas adesivos em longo prazo, é crucial que primeiramente seja determinada essa efetividade em curto prazo, com dados que servem como base para a interpretação dos resultados. Um grande grupo de adesivos já comercializados e experimentais tem sido estudado, principalmente por meio da resistência de união à microtração, sempre seguindo o mesmo protocolo [28, 30].

Urabe *et al.* (2000) [27], buscando identificar os valores ideais de resistência de união que poderiam ser utilizados como parâmetro, determinaram com ensaios de microtração as propriedades físicas entre esmalte e dentina na junção amelodentinária de dentes bovinos e humanos; a resistência de união obtida foi, respectivamente, de 47,7 MPa e 51,5 MPa. Concluíram que os sistemas adesivos atuais, baseados nesse critério e por meio da revisão de literatura realizada, poderiam reproduzir a união biológica em termos de resistência de união.

Outro método para analisar pequenas áreas de interface adesiva tem sido preconizado: o ensaio de microcissalhamento. McDonough *et al.* (2002) [13] e Shimada *et al.* (2002) [23] descreveram essa metodologia e afirmaram não ser necessário o passo que envolve o corte das amostras em formato de palitos ou de ampulheta, como ocorre com os ensaios de microtração. O método permite que vários corpos-de-prova sejam obtidos de uma amostra de esmalte, dentina (ou outro substrato), em função de as superfícies de união serem muito pequenas (aproximadamente 0,4 mm²), sendo versátil e de grande utilidade para avaliar a resistência de união entre tecidos mineralizados e materiais restauradores poliméricos. A padronização na confecção dos corpos-de-prova pode ser efetivada, visto que é um fator importante na condução de estudos de resistência e

durabilidade da união dos sistemas adesivos, tanto para os convencionais como para os autocondicionantes.

Os objetivos deste estudo foram avaliar a resistência de união de dois sistemas adesivos autocondicionantes em dentina bovina e discutir alguns conceitos que envolvem os adesivos contemporâneos e os ensaios de resistência de união.

Materiais e método

Utilizaram-se cinco incisivos bovinos recém-extraídos, que foram armazenados em congelador até a confecção dos corpos-de-prova. As raízes foram seccionadas com disco flexível diamantado dupla face (Ref. 7016, KG Sorensen, Barueri, SP, Brasil) sob refrigeração. Com o auxílio de lixas de carbetto de silício de granulação decrescente n.º 180 e n.º 400 (Carborundum, Vinhedo, SP, Brasil), que estavam montadas em uma poltriz elétrica giratória horizontal

refrigerada à água (modelo APL-4, Arotec, Cotia, SP, Brasil), as superfícies de esmalte proximais, incisais e linguais foram desgastadas. Posteriormente, desgastaram-se também as faces vestibulares até a obtenção de superfícies planas de dentina média. Nessas condições, as amostras foram seccionadas longitudinalmente com disco flexível diamantado dupla face em duas partes de tamanhos similares (60 mm² – 12 mm de altura X 5 mm de largura) e 2 mm de espessura. Cada amostra de dentina foi submetida a abrasão sob refrigeração com lixa de carbetto de silício granulação n.º 600 para criar lama dentinária recém-formada padronizada, e as amostras foram aleatoriamente divididas em dois grupos. Avaliaram-se dois sistemas adesivos autocondicionantes: o Clearfil SE Bond (Kuraray) / dois passos clínicos e o Clearfil S³ Bond (Kuraray) / um passo clínico. Os sistemas adesivos autocondicionantes e o cimento resinoso de dupla ativação RelyX ARC (3M Espe) foram aplicados de acordo com as instruções dos fabricantes (quadro I).

Material Fabricante Lote/validade	Composição	Procedimentos de união
Clearfil SE Bond KURARAY Lote <u>Primer</u> : 537A Lote Adesivo: 756A Validade: 1/2007	<u>Primer</u> : MDP, HEMA, dimetacrilatos hidrófilos, CQ, água <u>Adesivo</u> : MDP, HEMA, Bis -GMA, dimetacrilatos hidrófilos, micropartículas PH <u>primer</u> : 1,9 – pH adesivo: 2,8	<u>Primer</u> – aplicar e esperar 20 s, leve jato de ar Adesivo – aplicar, leve jato de ar, fotoativar 10 s
Clearfil S ³ Bond (tri-S) KURARAY Lote: 26A Validade: 4/2007	MDP, Bis -GMA, HEMA, dimetacrilato hidrófobo, CQ, álcool etílico, água, sílica coloidal silanizada pH: 2,0	Aplicar e esperar 20 s, jato de ar por pelo menos 5 s, fotoativar 10 s
RelyX ARC 3M ESPE Lote: EPEX Validade: 9/2006	Bis-GMA, TEGDMA, monômeros dimetacrilato, partículas inorgânicas de zircônia e sílica	Misturar 10 s, aplicar e fotoativar 40 s
<u>Abreviações</u> : MDP=10-metacriloiloxidecil diidrogênio fosfato; HEMA=2-hidroxietilmetacrilato; CQ=canforquinona; Bis-GMA=bisfenol-glicidil-metacrilato; TEGDMA=trietilenoglicol dimetacrilato		

Quadro I - Materiais utilizados

Os grupos experimentais avaliados foram: aplicação do Clearfil SE Bond em dentina seca e confecção do cilindro de RelyX ARC (SE+RX); aplicação do Clearfil S³ Bond em dentina seca e confecção do cilindro de RelyX ARC (S³+RX). A metodologia desenvolvida por McDonough *et al.* (2002) [13] e Shimada *et al.* (2002) [23] foi utilizada para preparar os corpos-de-prova (n=15) para o ensaio de microcissalhamento. Três matrizes transparentes cilíndricas (Tygon tubing, TYG-030, Saint-Gobain Performance Plastic, Maime Lakes, FL, USA) foram posicionadas sobre a dentina hibridizada de cada amostra, as quais foram

preenchidas em seu volume interno (0,7 mm) com cimento resinoso usando uma sonda exploradora n.º 5 (SSWhite/Duflex, Rio de Janeiro, RJ, Brasil).

Realizaram-se todos os procedimentos de fotoativação com o aparelho fotopolimerizador Optilight 600 (Gnatus, Ribeirão Preto, SP, Brasil), com potência de 600 mW/cm². Após dez minutos (presa química do cimento resinoso), as matrizes foram removidas com o auxílio de lâminas afiadas (Gillette, São Paulo, SP, Brasil), para expor os pequenos cilindros de cimento resinoso (0,7 mm de diâmetro por 1,0 mm de altura) com área de união de 0,38 mm² (fórmula πR^2), unidos à superfície de

dentina. Então, três cilindros de cimento resinoso (corpos-de-prova) foram fixados em cada amostra dental. Os cilindros foram checados em microscópio óptico 30X para avaliar algum possível defeito e armazenados em água destilada a 37°C por 24 horas. Decorrido esse período, os corpos-de-prova foram unidos ao dispositivo de teste com cola de cianoacrilato gel (Super Bonder, Loctite, Itapevi, SP, Brasil) e testados em uma máquina universal de ensaios (EMIC DL 500, São José dos Pinhais, PR, Brasil). O carregamento de cisalhamento foi aplicado na base dos cilindros com um fio de aço (0,2 mm de diâmetro) à velocidade de 0,5 mm/min até o rompimento da união (figura 1).

A resistência de união ao microcisalhamento foi calculada e expressa em MPa (Programa MTest 2.00). Os resultados foram analisados estatisticamente pelo teste “t” de Student, no nível de 5% de significância.

Resultados

O resultado do teste “t” de Student mostrou diferença estatisticamente significativa entre os sistemas adesivos autocondicionantes. As médias da resistência de união estão apresentadas na tabela I.

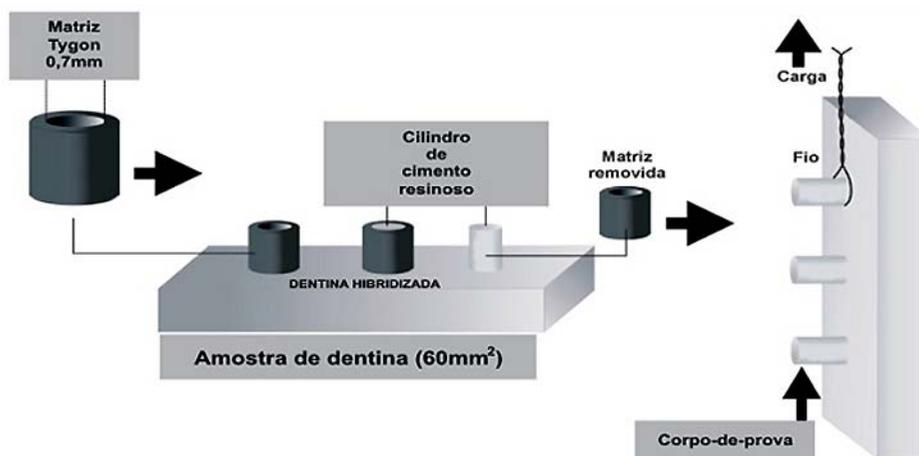


Figura 1 - Representação esquemática da metodologia utilizada

Tabela I - Médias da resistência de união ao microcisalhamento com desvio-padrão (MPa/DP), valores mínimos e valores máximos

Grupos	Médias	Valores mínimos	Valores máximos
SE + RX	26,74±7,53 ^a	12,82	40,75
S ³ + RX	20,94±5,48 ^b	5,95	27,47

Médias seguidas por letras distintas diferem estatisticamente entre si no nível de 5% de significância

Discussão

As pesquisas laboratoriais e a maior demanda por tratamentos restauradores estéticos vêm contribuindo com a evolução dos materiais restauradores, especialmente em relação aos diferentes mecanismos de ação, vantagens e desvantagens do uso dos sistemas adesivos odontológicos. A evolução conjunta de compósitos restauradores, cerâmicas odontológicas e cimentos resinosos tem estimulado os cirurgiões-dentistas a realizar diversos tipos de tratamento, que envolvem diferentes materiais, técnicas restauradoras e de cimentação adesiva. E a atenção dispensada por fabricantes e pesquisadores

caminha no sentido de viabilizar alternativas restauradoras minimamente invasivas, que tenham grande durabilidade e contribuam com o conceito atual de promoção de saúde [8].

Muitos estudos têm sido efetuados sobre a resistência de união de sistemas adesivos aos substratos dentais, sobre materiais que reconstroem toda ou parte da estrutura dental e sobre os efeitos do tratamento da dentina com produtos que tenham a capacidade de proteger o complexo dentinopulpar [6, 17, 30].

Dentes humanos ou bovinos têm sido utilizados em outros estudos [20], mas dentes bovinos foram preferidos no presente estudo por sua fácil obtenção e também por apresentarem os requisitos desejáveis para a realização dos ensaios de microcisalhamento. Nesse tipo de ensaio, o preparo das amostras dentais é facilitado pela ação das lixas de carbeto de silício. O uso da matriz Tygon sobre a dentina hibridizada proporcionou a confecção dos corpos-de-prova padronizados com pequenas áreas de união (0,38 mm²), aspecto vantajoso segundo os relatos de diversos autores [7, 13, 23].

Estudos *in vitro* e *in vivo* indicam que a resistência de união e a qualidade do selamento produzido pelos sistemas adesivos ao substrato dentinário decrescem com o tempo [8, 10, 17]. O principal mecanismo que contribui para a diminuição dos valores de resistência de união está relacionado à degradação hidrolítica dos polímeros adesivos com o passar do tempo. E essa degradação tem aumentado nas técnicas de união simplificadas, nas quais se inserem os adesivos mais hidrófilos [6, 24]. A simplificação dos procedimentos de união é uma tendência da Odontologia Restauradora, e os sistemas adesivos de um frasco, precedidos pelo condicionamento com ácido fosfórico, assim como os autocondicionantes de um passo (*all-in-one*), representam tal categoria [5, 30].

O uso dos sistemas adesivos contemporâneos que utilizam a aplicação prévia do ácido fosfórico envolve um grau de sensibilidade na realização da técnica úmida que pode comprometer a eficácia da união e do selamento marginal desses adesivos, e a excessiva secagem e a incompleta remoção do solvente são erros comuns associados a essa técnica [8]. Em função disso, este estudo priorizou a avaliação da resistência de união de dois produtos que envolvem exclusivamente a técnica seca (uso dos adesivos em substrato seco).

O sistema adesivo autocondicionante Clearfil SE Bond, que compreende a aplicação de um *primer* ácido hidrófilo e uma resina adesiva hidrófoba (2 passos), produziu maior média (26,74 MPa) e maior valor máximo (40,75 MPa) de resistência de união do que o Clearfil S³ Bond, com diferença estatisticamente significativa entre os dois produtos. Alguns valores individuais apresentados pelo Clearfil SE Bond se aproximam dos parâmetros numéricos de união fisiológica da junção amelodentinária mostrados por Urabe *et al.* (2000) [27] e Giannini *et al.* (2004) [9]. Em concordância com outros autores [7, 13, 23], variações nas técnicas empregadas, condições sob as quais os substratos são conservados ou utilizados, tamanho e geometria dos corpos-de-prova e tipos de ensaios podem gerar diferentes resultados quando se comparam os diferentes estudos.

Na revisão proposta por De Munck *et al.* (2005) [6], os sistemas adesivos autocondicionantes de 2 passos e os convencionais de 3 passos mostraram-se com melhor desempenho, tanto em termos de resistência de união como de durabilidade, em função de os componentes hidrófilos e hidrófobos desses produtos estarem em frascos separados. A maior média apresentada pelo Clearfil SE Bond no

presente estudo pode se dever ao fato de a resina hidrófoba ter permitido um aumento no grau de polimerização (conversão de monômeros em polímeros) e uma redução das características hidrófilas do adesivo, em concordância com os achados de Tay e Pashley (2003) [26]. O aumento na concentração de monômeros mais ácidos nos sistemas autocondicionantes é requerido para condicionar por intermédio da *smear layer* a superfície da dentina [24]. A água é necessária para promover um meio para ionização e ação dos monômeros resinosos. O HEMA é adicionado porque a maioria dos monômeros apresenta baixa solubilidade em água. E outros monômeros bi ou multifuncionais são importantes para fornecer resistência às cadeias cruzadas das matrizes poliméricas formadas. A ionização reduz o pH do adesivo, e, dependendo da concentração dos monômeros hidrófilos, uma solução adesiva com maior capacidade de desmineralização pode ser obtida. Então, a prematura degradação da união resina-dentina é agravada pelo aumento da concentração de monômeros hidrófilos mais ácidos nos sistemas adesivos autocondicionantes de um passo [28, 32].

Especula-se que outra explicação plausível seja a composição proporcional diferente dos adesivos autocondicionantes de um e dois passos clínicos, em concordância com Van Landuyt *et al.* (2006) [28]. Embora eles geralmente contenham componentes similares (monômeros funcionais, solventes, ativadores, entre outros), a quantidade dos ingredientes aplicados na superfície do dente difere consideravelmente entre eles. Os adesivos de dois passos consistem em uma solução que contém monômeros condicionadores funcionais dissolvidos em solventes orgânicos e água, além de uma solução com monômeros hidrófobos. Já os de um passo são complexas soluções com ambos os ingredientes hidrófilos e hidrófobos. Usualmente os de um passo contêm monômeros funcionais ácidos dissolvidos em altas concentrações de solventes orgânicos e/ou água, misturados com monômeros hidrófobos. Como os solventes e monômeros funcionais correspondem a quase 50% do adesivo, a concentração de monômeros hidrófobos é drasticamente reduzida.

Tay e Pashley (2003, 2004) [26, 25] também afirmaram que a resistência mecânica de um adesivo é observada principalmente pela efetiva polimerização dos monômeros, e relativamente menos monômeros hidrófobos estão disponíveis na superfície da dentina após aplicação dos adesivos *all-in-one*, fator esse que pode reduzir a resistência

de união. A aplicação da camada adicional de monômeros hidrófobos que ocorre com os adesivos de dois passos permite a formação de uma camada híbrida mais uniforme, com baixas concentrações de água e solvente remanescentes, visto que a presença destes últimos pode enfraquecer a camada híbrida e, por conseqüência, resultar em baixos valores de resistência de união para os adesivos de um passo clínico [10]. A maior presença de água e solvente nos adesivos *all-in-one* pode justificar os baixos valores encontrados no presente estudo para o Clearfil S³ Bond (média = 20,94 MPa; valor mínimo = 5,95 MPa; valor máximo = 27,47 MPa). O tempo de secagem após aplicação do produto, no entanto, seguiu a recomendação do fabricante (5 segundos) e estava em concordância com Chiba *et al.* (2006) [5].

Os adesivos de um passo, portanto, são sistemas mais hidrófilos e formam uma camada híbrida mais permeável à água. Essa camada exhibe canais microscópicos preenchidos por água e permite o movimento desta na camada formada entre o adesivo e o compósito [3, 24]. Clinicamente não é fácil remover a água dessas soluções adesivas. Além disso, a água pode difundir-se da própria dentina para os adesivos, uma vez que eles atraem água. Então, o aumento da concentração de monômeros resinosos hidrófilos na composição dos adesivos autocondicionantes de um passo poderia prejudicar e comprometer a resistência de união e a durabilidade da união resina-dentina [26]. Apesar de o presente estudo ter avaliado a resistência de união com o tempo de armazenamento de 24 horas, existe uma preocupação maior quanto à longevidade da união resina-dentina em restaurações estéticas unidas com os sistemas adesivos simplificados, especialmente os do tipo *all-in-one*.

Conclusão

Com os dados obtidos e a análise estatística aplicada aos resultados, concluiu-se que o sistema adesivo Clearfil SE Bond de dois passos clínicos resultou em maior média de resistência de união, com diferença estatisticamente significativa em relação ao sistema adesivo Clearfil S³ Bond de um passo clínico. De acordo com a revisão de literatura, a união à dentina parece ser instável para os sistemas adesivos simplificados (aqueles que contêm os componentes hidrófilos e hidrófobos em um só frasco).

Referências

1. Arrais CAG, Giannini M. Morfologia e espessura da difusão de resina através da matriz de dentina desmineralizada ou sem condicionamento. *Pesq Odontol Bras.* 2002 abr/jun;16(2):115-20.
2. Buonocore MG. A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. *J Dent Res.* 1955 Dec;34(6):849-53.
3. Carvalho RM, Chersoni S, Frankenberger R, Pashley DH, Prati C, Tay FR. A challenge to the conventional wisdom that simultaneous etching and resin infiltration always occurs in self-etch adhesives. *Biomaterials.* 2005 Mar;26(9):1.035-42.
4. Carvalho RM. Adesivos dentinários: Fundamentos para aplicação clínica. *Revista de Dentística Restauradora.* 1998 abr/maio;62-96.
5. Chiba Y, Yamaguchi K, Miyazaki M, Tsubota K, Takamizawa T, Moore BK. Effect of air-drying time of single-application self-etch adhesives on dentin bond strength. *Oper Dent.* 2006 Mar/Apr;31(2):233-9.
6. De Munck J, Van Landuyt K, Peumans M, Poitevin A, Lambrechts P, Braem M et al. A critical review of the durability of adhesion to tooth tissue: Methods and results. *J Dent Res.* 2005;84(2):118-32.
7. Escribano NI, Del-Nero MO, Macorra JC. Inverse relationship between tensile bond strength and dimensions of bonded area. *J Biomed Mater Res.* 2003;66:419-24.
8. Garcia RN. Avaliação da resistência de união de sistemas adesivos e cimentos resinosos à dentina e aos compósitos restauradores. [Tese – Doutorado]. Piracicaba: Universidade Estadual de Campinas; 2006.
9. Giannini M, Soares CJ, Carvalho RM. Ultimate tensile strength of tooth structures. *Dent Mater.* 2004 May;20(4):322-9.
10. Hashimoto M, Ohno H, Kaga M, Endo K, Sano H, Oguchi H. In vivo degradation of resin-dentin bonds in humans over 1 to 3 years. *J Dent Res.* 2000;79:1.385-90.
11. Leite FRM, Capote TSO, Zuanon ACC. Aplicação da técnica de condicionamento total ou de “primers” autocondicionantes em dentes decíduos após abrasão a ar. *Braz Oral Res.* 2005 jul/set;19(3):198-202.

12. Marshall GW. Dentin: Microstructure and characterization. *Quintessence Int.* 1993 Sep;24(9):606-17.
13. McDonough WG, Antonucci JM, He J, Shimada Y, Chiang MYM, Schumacher GE et al. A microshear test to measure bond strengths of dentin-polymer interfaces. *J Dent Res.* 2002 Feb;23:3.603-08.
14. Nakabayashi N, Kojima K, Masuhara E. The promotion of adhesion by the infiltration of monomers into tooth substrates. *J Biomed Mater Res.* 1982 May;16(3):265-73.
15. Nakabayashi N, Saimi Y. Bonding to intact dentin. *J Dent Res.* 1996;75:1.706-15.
16. Pashley DH, Carvalho RM, Sano H, Nakajima M, Yoshiyama M, Shono Y et al. The microtensile bond test: A review. *J Adhes Dent.* 1999;1(4):299-309.
17. 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. *Dent Mater* 2005 Sep;21(9):864-71.
18. Phrukkanon S, Burrow MF, Tyas MJ. The influence of cross-sectional shape and surface area on the microtensile bond test. *Dent Mater.* 1998 June;14:212-21.
19. Reis A, Carrilho MRO, Loguercio AD, Grande RHM. Sistemas adesivos atuais. *J Bras Clin Odontol Int.* 2001 nov/dez;5(30):455-66.
20. Reis AF, Giannini M, Kavaguchi A, Soares CJ, Line SR. Comparison of microtensile bond strength to enamel and dentin of human, bovine, and porcine teeth. *J Adhes Dent.* 2004 Summer;6(2):117-21.
21. Sano H, Shono T, Sonoda H, Takatsu T, Ciucchi B, Carvalho R. Relation between surface area for adhesion and tensile bond strength – Evaluation of a microtensile bond test. *Dent Mater.* 1994 July;10(4):236-40.
22. Sano H, Takatsu T, Ciucchi B, Horner JA, Matthews WG, Pashley DH. Nanoleakage: Leakage within the hybrid layer. *Oper Dent.* 1995 Jan/Feb;20(1):18-25.
23. Shimada Y, Senawongse P, Harnirattisai C, Burrow MF, Nakaoki Y, Tagami J. Bond strength of two adhesive systems to primary and permanent enamel. *Oper Dent.* 2002 July/Aug;27(4):403-9.
24. Tay FR, King NM, Chan K, Pashley DH. How can nanoleakage occur in self-etching adhesive systems that demineralize and infiltrate simultaneously? *J Adhes Dent.* 2002 Winter;4(4):255-69.
25. Tay FR, Pashley DH. Dentin bonding – Is there a future? *J Adhes Dent.* 2004 Winter;6(4):263.
26. Tay FR, Pashley DH. Have dentin adhesives become too hydrophilic? *J Can Dent Assoc.* 2003;69(11):726-31.
27. Urabe I, Nakajima S, Sano H, Tagami J. Physical properties of the dentin-enamel junction region. *Am J Dent.* 2000 June;13(3):129-35.
28. Van Landuyt M, Peumans M, Munck J, Lambrechts P, Meerbeek B. Extension of a one-step self-etch adhesive into a multi-step adhesive. *Dent Mater.* 2006;22:533-44.
29. Van Noort R, Cardew GH, Howard IC, Norozzi S. The effect of local interfacial geometry on the measurement of the tensile bond strength to dentin. *J Dent Res.* 1991 May;70(5):889-93.
30. Van Meerbeek B, De Munck J, Yoshida Y, Inoue S, Vargas M, Vijay P et al. Buonocore memorial lecture: Adhesion to enamel and dentin – Current status and future challenges. *Oper Dent.* 2003 May/June;28(3):215-35.
31. Watanabe I, Nakabayashi N, Pashley DH. Bonding to ground dentin by a phenyl-P self-etching primer. *J Dent Res.* 1994;73(6):1.212-20.
32. Yoshida Y, Nagakane K, Fukuda R, Nakayama Y, Okazaki M, Shintani H et al. Comparative study on adhesive performance of functional monomers. *J Dent Res.* 2004 June;83(6):454-8.