

*Artigo Original de Pesquisa*

# Avaliação da resistência de união de sistemas adesivos autocondicionantes em esmalte hígido e desgastado

## Bond strength of self-etching adhesive systems on unground and ground enamel

Rubens Nazareno GARCIA\*  
Bruno Valcanaia ZANINI\*\*  
Levi Dutra COSTA\*\*  
Maria Augusta LUZ\*\*  
Tarik TARABAINÉ\*\*  
David Rivero TAMES\*\*\*  
Márcia Gonçalves LUCENA\*\*\*  
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 do curso de Odontologia da UNIVALI (área Materiais Dentários e grupo de pesquisa Biomateriais em Odontologia). Mestre e Doutor em Materiais Dentários.

\*\* Acadêmicos do curso de Odontologia da UNIVALI.

\*\*\* Professores Doutores do curso de Odontologia da UNIVALI (grupo de pesquisa Biomateriais em Odontologia).

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

*Recebido em 17/7/07. Aceito em 10/10/07.*

**Palavras-chave:**

esmalte; adesivos  
dentinários; resistência de  
união ao cisalhamento.

### Resumo

Os objetivos deste estudo foram avaliar a resistência de união ao microcisalhamento de sistemas adesivos autocondicionantes do tipo *all-in-one* em esmalte bovino hígido e desgastado e discutir alguns conceitos que envolvem esses adesivos no substrato esmalte. Foram preparados 78 incisivos bovinos com auxílio de lixas de carbetto de silício até obtenção de amostras de esmalte hígido e desgastado com aproximadamente 150 mm<sup>2</sup>. Aplicaram-se os adesivos Adper Single Bond 2 (3M Espe), One-Up Bond F Plus (Tokuyama Dental) e Hybrid Bond (Sun Medical), e matrizes Tygon foram posicionadas sobre cada amostra de esmalte hibridizado, sendo preenchidas em seu volume

interno com o compósito Z250 (3M Espe). Após fotoativação, removeram-se as matrizes e expuseram-se os corpos-de-prova (n=13), que foram armazenados em água destilada a 37°C por uma semana. 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 pela Anova e pelo teste de Tukey (p<0,05). Os resultados indicaram que os dentes com esmalte desgastado apresentaram maior média de resistência de união para todos os adesivos testados. O adesivo Adper Single Bond 2 teve maior média de resistência de união, com diferença estatisticamente significativa em relação aos adesivos autocondicionantes, que não apresentaram diferença estatística entre si.

#### **Keywords:**

enamel; adhesive systems; shear bond strength.

#### **Abstract**

The objective of this study was to evaluate the microshear bond strength of all-in-one self-etching adhesive systems on unground and ground enamel, and discuss some concepts involving these adhesives in enamel. Seventy eight bovine incisors were prepared, using silicon carbide papers, to obtain samples of unground and ground enamel (150mm<sup>2</sup>). The adhesives Adper Single Bond 2 (3M Espe), One-Up Bond F Plus (Tokuyama Dental) and Hybrid Bond (Sun Medical) were applied, and Tygon tubing positioned over each sample of hybridized enamel (n=13). The interior space was filled in with Z250 (3M Espe) composite. After photoactivation, the tubes were removed and samples were exposed, which were stored in distilled water at 37°C for one week. 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 analyzed statistically by Anova and Tukey's test (p<0,05). The results indicate that teeth with ground enamel resulted in higher bond strength to all adhesives tested. The adhesive Adper Single Bond 2 showed higher bond strength and statistical difference compared to all-in-one adhesives, that didn't show statistical difference among themselves.

#### **Introdução**

Um dos grandes desafios da Odontologia tem sido promover uma forte e duradoura união entre os substratos dentais e os materiais restauradores adesivos. Buonocore (1955) [1] introduziu a técnica de condicionamento do esmalte dental usando o ácido fosfórico a 85% por 1 minuto, e esse procedimento proporcionou a retenção de resina acrílica ao esmalte. A maioria dos condicionadores ácidos disponíveis atualmente no mercado, que são empregados conjuntamente com os sistemas adesivos convencionais, utiliza o ácido fosfórico na concentração de 30 a 40%, aplicados por 15 a 30 segundos. No esmalte, esse procedimento resulta em microporosidades que variam de 5 a 50 µm de diâmetro [25].

Os sistemas adesivos dentários vêm sofrendo inúmeras modificações de conteúdo e técnica desde 1956, quando Buonocore e colaboradores idealizaram o primeiro agente de união. Meio século de estudos laboratoriais e clínicos, associados à valorização dos procedimentos restauradores estéticos, tem aumentado as indicações das restaurações adesivas, apesar da dificuldade em promover uma união mais confiável aos substratos dentais [10].

O esmalte, substância protetora que recobre a coroa dentária, é o mais duro dentre os tecidos biológicos mineralizados do corpo humano [8]. Ele propicia forma e contorno para as coroas dentárias, consistindo principalmente em material inorgânico (96%) e em apenas uma pequena quantidade de substância orgânica e água (4%) [23].

Segundo Gwinnett (1992) [8], o principal componente inorgânico do esmalte é a apatita, que se apresenta nas formas de hidroxiapatita, fluorapatita e carbonatoapatita. Os elementos químicos que compõem a base desse tecido são o cálcio e o fosfato, e variações secundárias ocorrem na composição do esmalte, nas quais elementos químicos como alumínio, bário, estrôncio, rádio e vanádio também podem ser encontrados.

O esmalte dentário é composto por unidades microscópicas denominadas prismas, que seguem desde a junção amelodentinária até a superfície do dente. Quando submetidos a uma secção transversal, os prismas de esmalte assemelham-se ao padrão chamado de “buraco de fechadura”. Esses prismas medem aproximadamente 5  $\mu\text{m}$  de largura em média, o que corresponde à porção central denominada corpo do prisma, e 9  $\mu\text{m}$  de comprimento, que se estende do corpo até a região mais inferior do prisma, denominada cauda. A porção do corpo dos prismas está próxima da superfície oclusal ou incisal do esmalte, enquanto a cauda aponta mais cervicalmente. O diâmetro dos prismas aumenta, desde a superfície amelodentinária até a porção mais externa, numa relação de 1:2 [23]. Uma substância interprismática também pode ser observada em algumas regiões, e acreditava-se que ela apresentava características cimentantes, mantendo os prismas de esmalte unidos. Porém parece que a própria estrutura cristalina única dos prismas é responsável pelo seu caráter coesivo [8].

A composição e a estrutura do esmalte proporcionam propriedades físicas particulares a esse tecido. Em virtude do alto conteúdo inorgânico, a dureza do esmalte, expressa em relação à deformação, varia entre 200 e 500 Knoop. Tal variação pode ser atribuída aos diferentes planos do esmalte utilizados nos testes de dureza, o que implica o fato de que os prismas são submetidos aos testes mediante diferentes orientações [23].

O esmalte possui um alto módulo de elasticidade e uma resistência à tração relativamente baixa, conferindo-lhe características de friabilidade. As forças complexas que atuam sobre o esmalte durante a ação fisiológica da mastigação são dissipadas em direção à dentina através da forma e da natureza da junção amelodentinária. Essa inter-relação estrutural e física entre um tecido frível e um tecido resiliente (dentina) proporciona ao dente um comportamento biomecânico característico em que a dentina protege o esmalte. Dessa forma, os dentes são capazes de absorver e dissipar forças provenientes da ação fisiológica da mastigação e da

flutuação térmica a que a estrutura dental é submetida durante toda a vida [27].

Reis *et al.* (2004) [22] avaliaram, em ensaios de resistência de união, os substratos esmalte e dentina de dentes humanos, bovinos e suínos. Concluíram que dentes bovinos têm gerado importantes informações no que se refere aos conceitos de união à estrutura dental e que, embora dentes humanos sejam preferidos, os dentes bovinos são os melhores substitutos nesse tipo de ensaio.

Os estudos de Gwinnett e Matsui (1967) [9] observaram a relação física entre os diferentes materiais restauradores e o tecido do esmalte condicionado com solução de ácido fosfórico a 50%. As imagens obtidas em microscopia eletrônica de varredura revelaram prolongamentos de resina que variaram entre 10  $\mu\text{m}$  e 25  $\mu\text{m}$  de comprimento.

Mais recentemente, os achados de Di Hipólito (2005) [4] relataram claramente que o mecanismo por meio do qual os monômeros resinosos interagem com o substrato do esmalte é decorrente de uma seqüência de fenômenos interdependentes. O processo inicia-se com o condicionamento ácido do esmalte, que promove o aumento dos espaços inter e intraprisimáticos, proporcionando uma superfície mais receptiva para a infiltração dos monômeros resinosos. Segue-se com a remoção do ácido e seus subprodutos por intermédio de abundante lavagem com água, o que produz um acréscimo de energia de superfície do esmalte. Essa elevação é resultado do processo de dissolução seletiva dos prismas, aumentando a área de superfície do esmalte e, conseqüentemente, de sua energia livre. Isso contribui para a quebra da tensão superficial do líquido monomérico e a formação de menor ângulo de contato com a superfície do esmalte, resultando em melhor umedecimento do substrato. Após a aplicação do adesivo, os monômeros resinosos são prontamente absorvidos por capilaridade para o interior das microporosidades criadas pelo tratamento ácido. Os cristais de hidroxiapatita são envolvidos por esses monômeros e, por meio de um processo de polimerização, forma-se uma zona híbrida, que passou também a ser conhecida como camada híbrida, a exemplo de como é chamado o processo que ocorre em dentina [18].

Os primeiros adesivos hidrófilos introduzidos no mercado envolviam três passos clínicos, que os tornavam muito complexos. Atualmente a forma mais popularizada de adesivos convencionais é representada por sistemas simplificados que empregam apenas dois passos clínicos. Nesses produtos, os componentes hidrófilos do *primer* e os componentes hidrófobos do adesivo estão

balanceados quimicamente e reunidos em um só frasco. E ambos os sistemas convencionais de dois e três passos proporcionam adequada união ao esmalte [30].

O estágio evolutivo dos sistemas adesivos autocondicionantes ocorreu principalmente na década de 1990. Os de dois passos clínicos são compostos basicamente por monômeros ácidos e derivados, monômeros hidrófilos e água, contidos em um frasco (*primer* ácido), enquanto um segundo frasco (*bond* ou adesivo) apresenta concentrações balanceadas de monômeros hidrófilos e hidrófobos [17]. Nesse processo não é necessário lavar a superfície do substrato após a aplicação do *primer* ácido, e os produtos da desmineralização ou resíduos do ácido são incorporados e polimerizados juntamente com o adesivo [6, 20].

Em 1999 foi introduzido no mercado odontológico o conceito do sistema adesivo *all-in-one*, com o produto Prompt L-Pop (3M Espe). Essa denominação se refere à incorporação de monômeros mais ácidos, solventes, diluentes e água em uma única solução (ou em duas soluções, mas somente um passo clínico) que desempenha as funções de desmineralização, *primer* e adesivo. De acordo com esse conceito, a solução ácida é aplicada em somente um passo clínico sobre a superfície do esmalte para promover a dissolução da hidroxiapatita e criar o padrão de condicionamento [17]. Após leve secagem e fotoativação, forma-se uma fina camada do adesivo na superfície do esmalte, suficiente para promover a retenção micromecânica do material restaurador [5].

Segundo os autores Pashley e Tay (2001) [19] e Van Meerbeek *et al.* (2003) [30], o padrão de condicionamento nos sistemas adesivos *all-in-one*, tanto em esmalte hígido quanto desgastado, tem mostrado ser similar ao obtido com o ácido fosfórico em análise de microscopia eletrônica de varredura. Apesar disso, outros trabalhos têm relatado que esses produtos resultam em valores de resistência de união inferiores aos encontrados nos adesivos convencionais que utilizam o ácido fosfórico como condicionador [3, 14].

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 o Adper Prompt L-Pop (3M Espe), o Xeno III (Dentsply) e o Tyrian SPE (Bisco). A alta acidez resulta em uma desmineralização mais profunda. Para aqueles classificados como moderados, o pH está em torno de 1,5. Exemplos são o Optibond Solo Plus SE (Kerr), o AdheSE (Ivoclar Vivadent) e o One-

Up Bond F Plus (Tokuyama Dental). A desmineralização não é tão profunda. Geralmente os adesivos autocondicionantes chamados de suaves têm pH em torno de 2. Exemplos desses produtos são o UniFil Bond (GC), o Clearfil SE Bond e o Clearfil S<sup>3</sup> Bond ou tri-S Bond (Kuraray) e o Hybrid Bond (Sun Medical). Ocorre uma desmineralização parcial e menos agressiva do substrato dental, conservando hidroxiapatita residual. De qualquer modo, suficiente porosidade na superfície é criada para obter uma união micromecânica para a hibridização [2, 29, 32].

Menor capacidade de condicionamento, no entanto, tem sido relatada principalmente na superfície de esmalte de dentes permanentes íntegros, pelo fato de seu pH ser maior em relação ao ácido fosfórico [19, 31]. Conseqüentemente, os valores de resistência de união são menores [12, 21], sugerindo menor efetividade na prevenção da infiltração marginal. Diante disso, recomenda-se que a superfície do esmalte seja previamente cortada ou desgastada quando utilizado um sistema autocondicionante para o procedimento restaurador [11, 13].

Estudos de Tay *et al.* (2004) [26] demonstram que a retenção dos sistemas autocondicionantes ao esmalte será sempre maior quando a camada aprismática for removida. Marquesini Júnior *et al.* (2003) [15] aconselham, para melhorar a retenção dos sistemas autocondicionantes, aplicar o produto sob agitação ou estender o tempo de aplicação em 20 a 30 s, ou ainda realizar um condicionamento ácido prévio da superfície com ácido fosfórico por 5 a 10 s.

Estudos *in vitro* devem ser realizados no sentido de predizer resultados e suas correspondências com o comportamento clínico. O método para análise de pequenas áreas de interface denominado microcissalhamento foi descrito recentemente por McDonough *et al.* (2002) [16] e Shimada *et al.* (2002) [24]. Os autores dizem que não é necessário o passo que envolve o corte das amostras em formato de palitos ou ampulheta, como ocorre com os ensaios de microtração. Esse método permite que vários corpos-de-prova sejam obtidos de uma amostra, em função de as superfícies de união serem muito pequenas, com aproximadamente 0,4 mm<sup>2</sup>.

Os objetivos deste estudo foram avaliar a resistência de união ao microcissalhamento de sistemas adesivos autocondicionantes do tipo *all-in-one* em esmalte bovino hígido e desgastado e discutir alguns conceitos que envolvem esses adesivos no substrato esmalte.

## Materiais e método

Foram utilizados 78 incisivos bovinos recém-extraídos, 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 n.º 100 (Carborundum, Vinhedo, SP, Brasil), que estavam montadas em uma politriz elétrica giratória horizontal refrigerada à água (Modelo APL-4, Arotec, Cotia, SP, Brasil), as superfícies de esmalte proximais, incisais e linguais foram desgastadas até a obtenção de amostras com

aproximadamente 150 mm<sup>2</sup> – 15 mm de altura, 10 mm de largura e 4 mm de espessura –, as quais foram divididas aleatoriamente em 6 grupos (n=13). Em 3 grupos as amostras permaneceram com esmalte hígido, e nos outros 3 as faces vestibulares foram desgastadas com lixa n.º 400 sem expor dentina. Os materiais utilizados e os procedimentos de união estão descritos no quadro I. Um sistema adesivo convencional de dois passos clínicos (Single Bond/controle), dois sistemas adesivos autocondicionantes de um passo clínico (One-Up Bond F Plus e Hybrid Bond) e o compósito (Filtek Z250) foram avaliados e aplicados de acordo com as instruções dos fabricantes.

Material Fabricante Lote/validade	Composição	Procedimentos de união
Condicionador ácido – pH 0,6 Adper Single Bond 2 – pH 4,7 – controle 3M ESPE, St Paul, MN, USA Lote: 6HM Validade: 6/2009	Ácido fosfórico 35% Dimetacrilatos, HEMA, PAA, sílica coloidal silanizada de 5 nm, etanol, água, fotoiniciador	Condicionamento – aplicar 15 s, lavar 10 s, secar Adesivo – aplicar 2 camadas, ar 2/5 s, fotoativar 10 s
One-Up Bond F Plus TOKUYAMA DENTAL, Tokyo, Japan – pH 1,2 (misturado) Lote: N10784 Validade: 7/2007	<u>Agente A:</u> MAC-10, fotoiniciador, ácido metacrilóilalquil fosfato, monômero metacrílico multifuncional <u>Agente B:</u> MMA, HEMA, água, micropartículas liberadoras de fluoretos, fotoiniciador	Agitar os frascos e misturar os agentes A e B, aplicar e esperar 20 s, remover excesso com ponta aplicadora, fotoativar 10 s
Hybrid Bond SUN MEDICAL, Shiga, Japan – pH 2,5 Lote: LG1 Validade: 1/2008	<u>Líquido:</u> água, acetona, 4-META, acrilatos polifuncionais, monometacrilatos, fotoiniciador, estabilizador <u>Ponta aplicadora:</u> p-sulfonato tolueno de sódio e aminas aromáticas	Dispensar o líquido, agitar o líquido com a ponta aplicadora, aplicar e esperar 20 s, ar 5/10 s, fotoativar 10 s
Filtek Z250 – cor B2 3M ESPE Lote: 6XB Validade: 6/2009	Bis-GMA, UEDMA, Bis-EMA, partículas inorgânicas de zircônia/sílica (60% em volume)	Aplicar e fotoativar 20 s
<u>Abreviações:</u> HEMA = 2-hidroxietilmetacrilato; PAA = co-polímero de ácido polialcenoico; MAC-10 = ácido 11-metacrilóxi-1,1-undecanodicarboxílico; MMA = metil metacrilato; 4-META = 4-metacrilóxi-1,1-trimetacrilato anidrido; Bis-GMA = bisfenol-glicidil-metacrilato; UEDMA = uretanoetil dimetacrilato; Bis-EMA = bisfenol-poliétileno glicol dimetacrilato.		

Quadro I - Materiais utilizados

Os grupos experimentais avaliados foram: 1) aplicação do Adper Single Bond 2 em esmalte hígido e confecção do cilindro de Z250; 2) aplicação do One-Up Bond F Plus em esmalte hígido e confecção do cilindro de Z250; 3) aplicação do Hybrid Bond em esmalte hígido e confecção do cilindro de Z250; 4) aplicação do Adper Single Bond 2 em esmalte desgastado e confecção do cilindro de Z250; 5) aplicação do One-Up Bond F Plus em esmalte desgastado e confecção do cilindro de Z250; 6) aplicação do Hybrid Bond em esmalte desgastado e

confecção do cilindro de Z250. A metodologia desenvolvida por McDonough *et al.* (2002) [16] e Shimada *et al.* (2002) [24] foi utilizada para preparar os corpos-de-prova para o ensaio de microcisalhamento (n=13). Três matrizes transparentes cilíndricas (Tygon tubing, TYG-030, Saint-Gobain Performance Plastic, Maime Lakes, FL, USA) foram posicionadas sobre o esmalte hígido ou desgastado de cada amostra (terço médio no sentido mesiodistal), as quais foram preenchidas em seu volume interno (0,7 mm) com o compósito

restaurador usando uma sonda exploradora n.º 5 modificada (SSWhite/Duflex, Rio de Janeiro, RJ, Brasil). Todos os procedimentos de fotoativação foram realizados com o fotopolimerizador LED Radium-Cal (SDI Dental Equipment Products / Australia), com potência de 1.200 mW/cm<sup>2</sup>. Na seqüência, as matrizes foram removidas com o auxílio de lâminas afiadas (Gillette, São Paulo, SP, Brasil), para expor os pequenos cilindros de compósito (0,7 mm de diâmetro por 1,0 mm de altura) com área de união de 0,38 mm<sup>2</sup> (fórmula  $\pi R^2$ ), unidos à superfície de esmalte. Então, três cilindros de compósito (corpos-de-prova) foram fixados em cada amostra dental e armazenados em água destilada a 37°C por uma semana. 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. A figura 1 ilustra esquematicamente a metodologia utilizada.

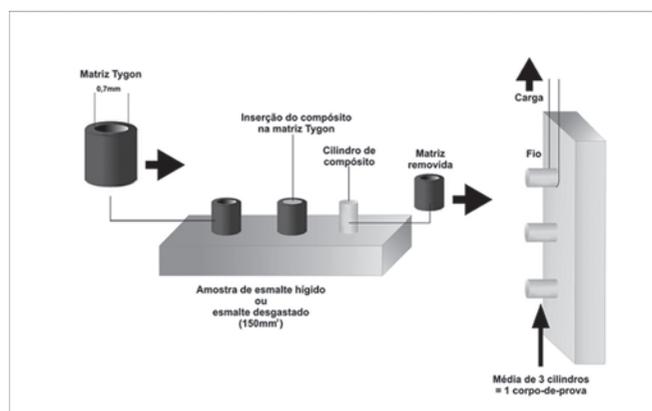


Figura 1 - Representação esquemática da metodologia utilizada

A resistência de união ao microcisalhamento de cada cilindro foi calculada e expressa (MPa) por um computador ligado à máquina de ensaios, por meio do Programa MTest 2.00, e fez-se a média de três leituras para cada corpo-de-prova. Os resultados foram analisados estatisticamente pela Análise de Variância (Anova) e pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância. A pesquisa foi conduzida por um delineamento inteiramente ao acaso em esquema fatorial; o tratamento do esmalte foi o Fator A (hígido, desgastado), e produtos, o Fator B (sistemas adesivos), totalizando 6 tratamentos.

## Resultados

Os resultados não apresentaram efeito significativo de interação entre tratamento do esmalte (desgastado e hígido) e tipos de produtos, considerando-se assim as médias marginais para aplicação do teste de Tukey ( $p < 0,05$ ) (tabela I).

Tabela I - Médias da resistência de união ao microcisalhamento (MPa)

Sistemas adesivos	Desgastado	Hígido	Média
Adper Single Bond 2	11,33	7,02	9,18 a
One-Up Bond F Plus	7,14	5,81	6,48 b
Hybrid Bond	7,24	4,75	6,00 b
Média	8,57 A	5,86 B	

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey no nível de 5% de significância

## Discussão

A Odontologia Restauradora contemporânea apresenta uma tendência de simplificação dos procedimentos de união. Isso pode ser observado nos adesivos de um frasco da técnica convencional (com o uso prévio do ácido fosfórico) ou na técnica que utiliza os adesivos autocondicionantes do tipo *all-in-one* [7, 30].

Este estudo revelou que, para esmalte tanto hígido como desgastado, o sistema adesivo convencional Adper Single Bond 2 apresentou a maior média de resistência de união ao microcisalhamento (9,18 MPa), com diferença estatística em relação aos adesivos autocondicionantes One-Up Bond F Plus (6,48 MPa) e Hybrid Bond (6,00 MPa), que não apresentaram diferença estatística entre si. Segundo os relatos de De Munck *et al.* (2005) [2], os ensaios de resistência de união podem proporcionar valiosas informações clínicas, quando obtidos em estudos devidamente delineados. Nesse sentido, os resultados observados no presente trabalho concordam com os achados de Torii *et al.* (2002) [28], Perdigão e Geraldini (2003) [21] e Di Hipólito (2005) [4], quando observaram maiores médias de resistência de união nos grupos em que foi feito condicionamento prévio com ácido fosfórico.

Di Hipólito (2005) [4] relata que o mecanismo por meio do qual os monômeros resinosos interagem com o substrato esmalte é decorrente de uma seqüência de fenômenos interdependentes. Possivelmente, fatores como o aumento dos espaços inter e intraprismáticos para infiltração dos monômeros resinosos, o acréscimo de energia de superfície do esmalte, a quebra de tensão superficial

do líquido monomérico e a formação de um menor ângulo de contato com a superfície do esmalte são responsáveis pela maior média de resistência de união apresentada pelo Adper Single Bond 2, único produto que utilizou o ácido fosfórico. Os sistemas adesivos autocondicionantes não requerem o condicionamento prévio com ácido fosfórico. Eles são compostos por soluções aquosas de monômeros ácidos multifuncionais, com pH variando aproximadamente de 1,0 a 2,5. Esses produtos têm uma técnica menos sensível em relação àqueles que usam o ácido fosfórico, especialmente por três razões: 1) diferentemente dos adesivos convencionais, eles não resultam em discrepâncias entre a profundidade de desmineralização e infiltração, porque o processo ocorre simultaneamente; 2) esses adesivos utilizam o substrato seco previamente ao procedimento adesivo; 3) quando o procedimento envolve dentina, a lama dentinária não é totalmente removida, resultando em uma técnica com menor ou nenhuma sensibilidade pós-operatória [21].

O adesivo One-Up Bond F Plus apresenta em sua composição o monômero ácido MAC-10, que é usualmente encontrado nos produtos do fabricante japonês Tokuyama Dental. Informações a respeito desse monômero na literatura são bastante escassas, no entanto suas propriedades podem ser deduzidas em função de sua estrutura química. A molécula de MAC-10 apresenta-se com 10 átomos de carbono, e isso faz com que esse monômero seja hidrófobo, podendo refletir em uma limitada dissolução em água. E, como não atrai água, é hidroliticamente estável [29].

O adesivo Hybrid Bond, entretanto, apresenta em sua composição o monômero ácido 4-META, promotor de adesão e desmineralização. É conhecido pelo seu fácil método de sintetização e por ter patente livre. Os dois grupos carboxílicos ligados a um grupo aromático determinam a acidez do produto e suas propriedades de desmineralização, assim como de molhamento. O grupo aromático, por sua vez, é hidrófobo e limita a acidez e a hidrofiliabilidade dos grupos carboxílicos. Como consequência, esse monômero é bem solúvel em acetona, moderadamente solúvel em etanol e pouco solúvel em água [29]. Em 2004, Yoshida *et al.* [32] mostraram que o 4-META é habilitado a estabelecer uma interação iônica com o cálcio da hidroxiapatita, embora menos intensamente em relação a outros monômeros ácidos funcionais, como o MAC-10 e o 10-MDP (10-metacrilóiloxidecil diidrogênio fosfato), esse último patentado pelo fabricante japonês Kuraray.

Em concordância com os estudos de Yoshida *et al.* (2004) [32] e Van Landuyt *et al.* (2007) [29], os sistemas adesivos são misturas complexas de diversos componentes, e o conhecimento desses produtos pode ser a chave para um melhor entendimento do mecanismo de ação dos materiais em estudos laboratoriais e clínicos. Cada componente tem um efeito específico em resistência de união, durabilidade e biocompatibilidade do sistema adesivo. Os componentes ainda podem afetar-se entre si em uma complexa interação de fatores. Uma mistura não balanceada pode permitir menor efetividade na união e menor durabilidade [6], assim como uma formulação equilibrada pode ser a razão para o sucesso clínico em longo prazo.

Quando o esmalte foi desgastado, este estudo revelou maior média de resistência de união (8,57 MPa), e a maior média para o produto Adper Single Bond 2 deve ter relação com o desgaste da superfície de esmalte, que expôs a camada prismática e pode ter favorecido a qualidade da desmineralização do ácido fosfórico no processo de união com o compósito restaurador. Também é importante atentar para o fato de que o desgaste ou o corte da superfície do esmalte com as lixas d'água produziu uma camada de resíduos de esmalte cortado que pode ter dificultado o mecanismo de ação dos dois adesivos autocondicionantes. Provavelmente esses produtos produziram também diferentes alterações morfológicas quando aplicados sobre a superfície do esmalte desgastado, segundo as afirmações de Pashley e Tay (2001) [19].

Os estudos de Di Hipólito (2005) [4] comprovaram, em microscopia eletrônica de varredura, que a superfície do esmalte hígido mostrou suaves ilhas de descalcificação provenientes da desmineralização da porção central dos prismas, produzidas pela ação do sistema adesivo autocondicionante Clearfil SE Bond (Kuraray), largamente pesquisado por ter sido o precursor dos demais autocondicionantes. Quando a superfície do esmalte foi desgastada, o grau de desmineralização foi mais abrangente, embora tenha sido observada uma região não condicionada no centro dos prismas. Quando esse mesmo autor utilizou outros dois adesivos do tipo *all-in-one*, eles se mostraram mais ativos, apresentando nítidas porosidades em toda a superfície do esmalte hígido e ainda maiores no esmalte desgastado. No presente estudo, em função dos valores de resistência de união, a desmineralização causada pelos adesivos autocondicionantes não foi tão efetiva quanto a gerada pela ação do ácido fosfórico.

Desde os achados de Gwinnett e Matsui (1967) [9], existe o entendimento de que é maior a capacidade de uma resina fluida hidrófila de penetrar em uma superfície porosa, criada pelo condicionamento do ácido fosfórico, formando prolongamentos longos e homogêneos. Contudo o mecanismo de ação é diferenciado para os adesivos autocondicionantes. Uma relação entre os menores valores de resistência de união apresentados e o provável grau de desmineralização ocorrido em função da ação dos monômeros ácidos desses produtos ficou evidente neste estudo. Apesar de os pHs dos produtos serem diferentes (Hybrid Bond pH 2,5 e One-Up Bond F Plus pH 1,2), em esmalte desgastado e hígido não houve diferença estatística para os valores de resistência de união. Não obstante os sistemas autocondicionantes serem materiais relativamente novos, o mecanismo que determina o autocondicionamento das estruturas dentais é semelhante ao dos cimentos de ionômero de vidro. A diferença básica entre eles é decorrente do fato de o cimento de ionômero de vidro possuir uma molécula de alto peso molecular (polímero baseado no policarboxilato), ao passo que os sistemas autocondicionantes utilizam monômeros de baixo peso molecular [30]. O radical ácido do monômero é responsável pelo condicionamento das estruturas dentais, enquanto o componente metacrilato da molécula se disponibiliza para a co-polimerização com o adesivo e o compósito restaurador. Os adesivos do tipo *all-in-one* vêm habitualmente acondicionados em dois compartimentos, em função de os fotoiniciadores, sensíveis à acidez, serem incorporados à solução ácida no momento de sua aplicação, evitando-se assim que estejam alterados antes do uso [29].

Os sistemas adesivos autocondicionantes têm mostrado menor capacidade de condicionamento em relação ao ácido fosfórico, em concordância com Kanemura *et al.* (1999) [13], Pashley e Tay (2001) [19] e Di Hipólito (2005) [4]. Provavelmente os sistemas adesivos autocondicionantes, independentemente de seus pHs, formaram prolongamentos curtos de resina polimerizada entre as desmineralizações causadas na hidroxiapatita. Isso pode ter contribuído fortemente para a proximidade entre os valores médios de resistência de união ao microcissalhamento encontrados neste estudo em esmalte desgastado e hígido.

## Conclusão

Os resultados indicaram que os dentes com esmalte desgastado apresentaram maior média de resistência de união para todos os adesivos testados. O adesivo Adper Single Bond 2 teve maior média de

resistência de união, com diferença estatisticamente significativa em relação aos adesivos autocondicionantes, que não apresentaram diferença estatística entre si.

## Referências

1. 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.
2. 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.
3. De Munck J, Van Meerbeek B, Satoshi I, Vargas M, Yoshida Y, Armstrong S et al. Microtensile bond strengths of one- and two-step self-etch adhesives to bur cut enamel and dentin. *Am J Dent.* 2003;16:414-20.
4. Di Hipólito V. Efeito de sistemas adesivos sobre a superfície do esmalte dental íntegro e desgastado. [Dissertação – Mestrado]. Piracicaba: Faculdade de Odontologia de Piracicaba, Universidade Estadual de Campinas; 2005.
5. Frey O. Creating a reliable bond. An all-in-one system. *Am J Dent.* 2000;13(Spec):85.
6. Garcia RN. Avaliação da resistência de união de sistemas adesivos e cimentos resinosos à dentina e aos compósitos restauradores. [Tese – Doutorado]. Piracicaba: Faculdade de Odontologia de Piracicaba, Universidade Estadual de Campinas; 2006.
7. Garcia RN, Souza CRS, Mazucco PEF, Justino LM, Schein MT, Giannini M. Avaliação da resistência de união de dois sistemas adesivos autocondicionantes. Revisão de literatura e aplicação do ensaio de microcissalhamento. *RSBO.* 2007 maio;4(1):37-45.
8. Gwinnett AJ. Structure and composition of enamel. *Oper Dent.* 1992;suppl.5:10-7.
9. Gwinnett AJ, Matsui A. A study of enamel adhesives. The physical relationship between enamel and adhesive. *Arch Oral Biol.* 1967;12(12):1615-20.
10. Giannini M. Comparação da resistência de união entre adesivos dentinários convencionais e de frasco único. *Rev ABO Nac.* 2003 fev/mar;11(1).

11. Hannig M, Reinhardt KJ, Bott B. Self-etching primer vs phosphoric acid: an alternative concept for composite-to-enamel bonding. *Oper Dent.* 1999;24(3):172-80.
12. Hara AT, Amaral CM, Pimenta LA, Sinhoreti MA. Shear bond strength of hydrophilic adhesive systems to enamel. *Am J Dent.* 1999;12(4):181-4.
13. Kanemura N, Sano H, Tagami J. Tensile bond strength and SEM evaluation of ground and intact enamel surfaces. *J Dent.* 1999;27(7):523-30.
14. Lopes GC, Marson FC, Vieira LC, Caldeira AM de, Baratieri LN. Composite bond strength to enamel with self-etching primers. *Oper Dent.* 2004;29(4):424-9.
15. Marquesini Jr I, Atta MT, Pazinato FB. Effects of pre-etching on the durability of bond strengths of self-etching adhesive to ground enamel. *J Dent Res.* 2003;82(Suppl Issue B):120.
16. McDonough WG, Antonucci JM, He J, Shimada Y, Chiang MY, Schumacher GE et al. A microshear test to measure bond strengths of dentin-polymer interfaces. *J Dent Res.* 2002 Feb;23:3603-8.
17. Miyazaki M, Sato M, Onose H. Durability of enamel bond strength of simplified bonding systems. *Oper Dent.* 2000;25(2):75-80.
18. 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.
19. Pashley DH, Tay FR. Aggressiveness of contemporary self-etching adhesives. Part II: etching effects on unground enamel. *Dent Mater.* 2001;17(5):430-44.
20. Perdigão J, Lopes L, Lambrechts P, Leitão J, Van Meerbeek B, Vanherle G. Effects of a self-etching primer on enamel shear bond strengths and SEM morphology. *Am J Dent.* 1997;10(3):141-6.
21. Perdigão J, Geraldini S. Bonding characteristics of self-etching adhesives to intact versus prepared enamel. *J Esthet Rest Dent.* 2003;15(32):32-42.
22. 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.
23. Sharawy M, Yaeger JA. Esmalte. In: Bhaskar SN. *Histologia e embriologia de Orban.* São Paulo: Artes Médicas; 1989. p. 51-110.
24. 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 Jul/Aug;27(4):403-9.
25. Silverstone LM, Saxton CA, Dogon IL, Fejerskov O. Variation in the pattern of acid etching of human dental enamel examined by scanning electron microscopy. *Caries Res.* 1975;9(5):373-87.
26. Tay FR, Pashley DH, King NM, Carvalho RM, Tsai J, Lai SC et al. Aggressiveness of self-etch adhesives on unground enamel. *Oper Dent.* 2004;29(3):309-16.
27. Ten Cate JM. *Oral histology. Development, structure and function.* 4. ed. St Louis: Mosby; 1994. p. 169-217.
28. Torii Y, Ito K, Nishitani Y, Ishikawa K, Suzuki K. Effect of phosphoric acid etching prior to self-etching primer application on adhesion of resin composite to enamel and dentin. *Am J Dent.* 2002;15:305-8.
29. Van Landuyt KL, Snauwaert J, De Munck J, Peumans M, Yoshida Y, Poitevin A et al. Systematic review of the chemical composition of contemporary dental adhesives. *Biomaterials.* 2007;28:3757-85.
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. Wang H, Shimada Y, Tagami J. Shear bond stability of current adhesive systems to enamel. *Oper Dent.* 2004;29(2):168-75.
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.