

Avaliação da resistência de união ao esmalte e à dentina de diferentes sistemas adesivos com carga

Marina Di FRANCESCANTONIO^a, Thaiane Rodrigues AGUIAR^a,

Cíntia Tereza Pimenta de ARAÚJO^a, Luis Alexandre Maffei Sartini PAULLILO^b,

Marcelo GIANNINI^b, Giselle Maria MARCHI^b, Flávio Henrique Baggio AGUIAR^b

^aMestranda em Clínica Odontológica, Área de Dentística,
Departamento de Odontologia Restauradora, Faculdade de Odontologia,
UNICAMP, 13414-903 Piracicaba - SP, Brasil

^bDepartamento de Odontologia Restauradora, Faculdade de Odontologia,
UNICAMP, 13414-903 Piracicaba - SP, Brasil

Francescantonio M, Aguiar TR, Araújo CTP, Paullilo LAMS, Giannini M, Marchi GM, Aguiar FHB. Bond strength evaluation of different adhesive systems with fillers to enamel and dentin. Rev Odontol UNESP. 2008; 37(2): 171-176.

Resumo: O objetivo deste estudo foi avaliar a resistência de união (RU) ao esmalte e à dentina bovinos de sistemas adesivos com partículas de carga, sendo dois com condicionamento ácido prévio (Adper Single Bond 2 – 3M ESPE (SB) e Solobond M – Voco (SM)); e dois autocondicionantes (Adper Prompt L-Pop – 3M ESPE (ADP) e Futurabond NR/SD – Voco (FUT)), através do teste de microcissalhamento. Foram utilizados 48 dentes bovinos cujas superfícies vestibulares foram desgastadas com lixas de carbetto de silício para exposição e planificação de esmalte (E) e dentina (D). As amostras foram distribuídas em 8 grupos experimentais segundo o substrato dental e o sistema adesivo aplicado (n = 6). Estes foram aplicados de acordo com as instruções dos fabricantes e, com o auxílio de matrizes de silicone Tygon (0,75 mm diâmetro x 1 mm altura), foram confeccionados três cilindros de resina composta (Grandio Flow – Voco) por espécime. As amostras foram submetidas ao ensaio de microcissalhamento em máquina de ensaio universal (4411/Instron, 0,5 mm.min⁻¹) e os dados, analisados por ANOVA (2 fatores) e teste Tukey (p < 0,05). Houve diferença estatística entre os fatores em estudo, sendo que os valores de RU do SB foram superiores (p < 0,05) aos do ADP e FUT. O SM apresentou valores intermediários de RU, sem diferir estatisticamente dos demais grupos (p > 0,05). Em relação aos substratos, o esmalte apresentou maior RU independente do sistema adesivo utilizado. Os resultados sugerem que os adesivos tiveram melhor desempenho em esmalte e o SB foi superior aos autocondicionantes em ambos os substratos.

Palavras-chave: Sistema adesivo; partículas de carga; resistência de união; esmalte; dentina.

Abstract: The aim of this study was to evaluate the bond strength (BS) of filled adhesive systems to the bovine enamel and dentin using micro-shear testing. Four adhesives were selected being two “etch&rinse” adhesives: Adper Single Bond 2 – 3M ESPE (SB) and Solo bond M – Voco (SM); and 2 self-etching adhesives: Adper Prompt L-Pop - 3M ESPE (ADP) and Futurabond NR/SD – Voco (FUT). Forty-eight bovine teeth were used and their buccal surfaces were abraded with SiC 600 paper in order to expose and flat the enamel (E) and dentin (D) surfaces. The samples were divided in 8 experimental groups (n = 6), according to dental substrates. The adhesives were applied following manufacturers` instructions and the specimens were prepared using Tygon matrixes. Three resin composite cylinders (0.75 m diameter x 1.0 mm high) (Grandio Flow- Voco) were obtained per enamel on dentin surface and samples stored for 24 hours at 37 °C. The specimens were submitted to micro-shear testing (0.5 mm.min⁻¹/Instron - 4411) and the data evaluated by 2-two ANOVA and the Tukey test (p < 0.05). There was statistical difference between the factors under study and the BS of SB values were higher than ADP and FUT. The BS values of SM were intermediate, without statistical difference to the other groups. Regarding the substrates, the enamel

promoted higher BS, independently of adhesive system used. The results suggest that adhesive systems had higher BS on enamel surface and in general the “etch&rise” systems, specifically SB, showed higher BS in both substrates.

Keywords: *Adhesive system; fillers; bond strength; enamel; dentin.*

Introdução

A preservação da estrutura dental sadia, a longevidade e a qualidade dos procedimentos, são busca importantes dentro da Odontologia Restauradora. No entanto, a cavidade bucal representa um desafio para as técnicas adesivas, pois a umidade e a complexidade dos substratos dentais estão intimamente relacionadas à estabilidade da união restauração-dente.

Após o condicionamento ácido, a prática adesiva em esmalte proporciona união à resina restauradora através do mecanismo de embricamento micromecânico. O sucesso clínico desta união está relacionado à composição inorgânica do esmalte (86% vol.) e à formação de prolongamentos da resina adesiva denominados *tags*¹. A dentina, por sua vez, é um substrato biológico complexo e composto por uma matriz de colágeno preenchida com cristaltos de apatita, contendo 20% de água em sua composição². Além disso, o substrato dentário apresenta grande variabilidade morfológica e fisiológica, que reflete na dificuldade de sua adesividade.

A primeira união significativa obtida entre o esmalte e a resina foi relatada por Buonocore em 1955³, através do esmalte condicionado com ácido fosfórico a 85%. Desde então, foram desenvolvidas diferentes gerações de sistemas adesivos com o objetivo de aumentar a resistência de união ao remanescente dentário e também de reduzir o número de passos clínicos durante a aplicação. Os sistemas adesivos convencionais de frasco único combinam o *primer* e o agente hidrofóbico, sendo aplicados após condicionamento com ácido fosfórico. Os sistemas adesivos autocondicionantes consistem na mistura de um condicionador, *primer* e agente hidrofóbico em único ou dois frascos, descartando-se a necessidade de passos separados de condicionamento ácido prévio dos substratos e controle da umidade pós-enxágüe com água.

Alguns sistemas adesivos apresentam em sua composição a adição de partículas inorgânicas de tamanho nanométrico com a finalidade de melhorar suas propriedades mecânicas, sendo a sílica a mais utilizada^{4,5}. As partículas de carga foram introduzidas para reduzir as tensões provenientes da contração de polimerização da resina composta, amenizando assim a formação de fendas e defeitos na camada híbrida⁶. Isso ocorre porque quanto maior é a quantidade de cargas inorgânicas, menor é a contração de polimerização⁷.

Entretanto, o estudo dos diferentes tipos, dimensões e formas das partículas de carga é essencial já que estas podem aglomerar-se no topo da camada híbrida e na embocadura dos túbulos dentários^{8,9} impedindo a infiltração dos monômeros

resinosos nos espaços interfibrilares, que resulta em menores valores de resistência de união¹⁰. Teoricamente, as partículas de carga deveriam penetrar em toda a extensão dentinária desmineralizada a fim de reforçar a camada híbrida⁸ já que o espaço interfibrilar apresenta dimensão próximo de 20 nm¹¹⁻¹³. O alto peso molecular das partículas⁸ e o tipo de carga comprometem a difusão das partículas, bem como tendem a formar aglomerados de partículas. Apesar dessas possíveis características, pouco se conhece sobre o comportamento das partículas de carga nos sistemas adesivos. Dessa forma, o objetivo deste estudo foi avaliar a resistência de união de quatro diferentes sistemas adesivos com partículas de carga, ao esmalte e à dentina bovinos, através do teste de microcisalhamento. As hipóteses nulas foram: 1) não há diferença significativa entre os valores de união para as superfícies de esmalte e dentina; 2) os diferentes sistemas adesivos não apresentam diferenças significativas em relação ao valor de união.

Material e método

Para o estudo foram utilizados 48 incisivos bovinos, armazenados em solução de timol (5%), submetidos à raspagem manual com cureta periodontal (Duflex, SS White, Rio de Janeiro, RJ, Brasil) para remoção de debris orgânicos e polidos com taça de borracha (KG Sorensen, São Paulo, SP, Brasil), e pasta de pedra-pomes (SS White, Rio de Janeiro, RJ, Brasil) e água. Em seguida, foram armazenados em água destilada até o momento de sua utilização.

As raízes dos dentes foram removidas com disco diamantado dupla face (KG Sorensen, São Paulo, SP, Brasil) acoplado a micro motor em baixa rotação (Dabi Atlante, Ribeirão Preto, SP, Brasil). Metade dos dentes teve as faces vestibulares abrasionadas com lixa de carbetto de silício de granulação 180 até a exposição da dentina; em seguida foi utilizada a lixa de granulação 600 por 30 segundos, para o aumento da área de exposição da dentina e formação de *smear layer* padronizada. A outra metade teve a superfície do esmalte vestibular desgastada e planificada com lixa de carbetto de silício de granulação 600, também por 30 segundos. Os dentes foram aleatoriamente separados em 8 grupos experimentais (n = 6) segundo o sistema adesivo utilizado e o substrato em que foi aplicado. A descrição dos grupos e a composição dos sistemas adesivos utilizados no estudo estão descritos na Tabela 1.

Blocos da superfície vestibular (13 mm comprimento x 7 mm largura x 1 mm de espessura) da coroa dental foram

Tabela 1. Composição dos sistemas adesivos e compósito utilizado no estudo

Grupo	Sistema adesivo	Composição	Fabricante
SB - E SB - D	Adper Single Bond	Álcool etílico; BisGMA; sílica tratada com silano (nanopartículas); HEMA; glicerol 1,3-dimetacrilato; copolímero do ácido acrílico e itacônico; diuretano dimetacrilato; água	3M ESPE, St Paul, Minnesota, USA
SM - E SM - D	Solobond M	Bis-GMA (16-18%), HEMA, GHT, dimetacrilatos, acetona (60%), água, iniciadores, aditivos, ácidos orgânicos	Voco, Cuxhaven, Germany
ADP - E ADP - D	Adper Prompt L-Pop	Ésteres fosfóricos metacrilatos, Bis-GMA, canforoquinona, estabilizadores, partículas de carga, água, HEMA, ácido polioquenóico, estabilizadores	3M ESPE, St Paul, Minnesota, USA
FUT - E FUT - D	Futurabond	Bis-GMA, HEMA, BHT, UDMA (12-14%), fluoretos, etanol (12-15%), partículas de carga (SiO ₂ - 20 nm), iniciadores, estabilizadores, ácidos orgânicos, ésteres fosfórico de dimetacrilato	Voco, Cuxhaven, Germany

Grupos denominados com a letra E tiveram sistemas adesivos aplicados sobre Esmalte. Quando denominados com letra D, sobre Dentina. Bis-GMA: bisfenol A diglicidil dimetacrilato; HEMA: 2-hidroxiethyl metacrilato; TEGDMA: trietileno glicol dimetacrilato; UDMA: uretano dimetacrilato; BHT: butilado hidroxitoluidina; HEDMA: metacrilato de (5-etil-1,3-dioxan-5-il) metilo

obtidos através de secções realizadas com ponta diamantada 3315 (KG Sorensen, São Paulo, SP, Brasil). Os sistemas adesivos foram aplicados de acordo com as recomendações dos fabricantes e três cilindros (0,75 mm de diâmetro e 1 mm de altura) de resina composta de baixa viscosidade (Grandio Flow, Voco, Cuxhaven, Germany) foram confeccionados por bloco dental, aumentando os números de testes realizados por amostra. Para isso, a resina composta foi aplicada em matrizes de Tygon (Tygon tubing, TYG – 030, Saint-Gobain Performance Plastic, Maime Lakes, FL, USA) e fotoativada, durante 20 segundos, com aparelho de luz halógena (XL 3000, 3M ESPE, St. Paul, MN, USA). Em seguida, os corpos-de-provas foram armazenados em água destilada a 37 °C por 24 horas.

Teste de microcisalhamento

O estudo da resistência de união empregou a metodologia de ensaio de cisalhamento descrito por Shimada et al.¹⁴ (2002). Após remoção da matriz de Tygon, cada cilindro de resina composta foi individualmente envolvido por um fio de aço (0,2 mm de diâmetro) que estava fixado no dispositivo para cisalhamento acoplado à máquina universal de ensaio (4411/Instron Corp, Canton, MA, USA), equipada com uma célula de carga de 50 N. A carga foi aplicada com velocidade de 0,5 mm.min⁻¹ até a falha do espécime. Os resultados foram obtidos em kgf.cm⁻² e expressos em MPa (Tabela 2).

Forma de análise dos resultados

A média de cada amostra foi calculada a partir da média das parcelas (cilindros de resina composta). A média do grupo levou em consideração as médias das amostras. As diferenças de resistência de união foram avaliadas utilizando-se a análise de variância ANOVA (2 fatores) e o teste

Tabela 2. Valores das médias (MPa) de resistência de união (desvio padrão) de sistemas adesivos ao esmalte e à dentina

Adesivo	Substrato	
	Esmalte	Dentina
Solobond M (VOCO)	9,82 (1,36) ABa	7,88 (2,44) ABb
Futurabond NR/SD (VOCO)	8,71 (1,05) Ba	6,51 (1,48) Bb
Adper Single Bond 2 (3M)	11,92 (2,81) Aa	8,23 (0,60) Ab
Adper Prompt L-Pop (3M)	8,56 (1,49) Ba	7,20 (2,49) Bb

Maiúscula – Indica diferença entre os adesivos para o mesmo substrato; Minúscula – Indica diferença entre os substratos para o mesmo adesivo

Tukey ($p < 0,05$). As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o programa SAS para PCs (SAS Institute, Cary, NC, USA).

Resultado

Os valores médios (desvio-padrão) da resistência de união (RU) estão apresentados na Tabela 2, e a análise dos resultados revelaram que houve diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$) nos fatores “substrato” e “adesivos”.

Os valores de RU foram superiores em esmalte para todos os adesivos utilizados no estudo quando comparados à aplicação em dentina com diferenças estatisticamente significantes para todos os grupos ($p < 0,05$). O *Adper Single Bond* apresentou maiores valores de RU em esmalte e em dentina. *Adper Prompt L-Pop* e *Futurabond* apresentaram

comportamentos semelhantes em termos de RU ($p > 0,05$). O *Solobond M* obteve valor médio de RU e semelhantes estatisticamente ($p > 0,05$) a todos os adesivos testados, em esmalte e dentina.

Discussão

Embora estudos de adesão aos dentes vitais e não-vitais devam ser preferencialmente realizados utilizando-se dentes humanos, há uma dificuldade crescente em obtê-los^{17,18}. Alternativas foram sugeridas para a sua substituição; sendo os dentes bovinos mais utilizados, pois além de apresentarem histologia semelhante ao do órgão dental humano¹⁸⁻²⁰ também demonstram valores de resistência de união semelhantes²¹⁻²³, permitindo assim, sua utilização em estudos de união.

Para os sistemas adesivos com condicionamento ácido prévio (*Adper Single Bond* e *Solobond*), estudos mostram que a união ao esmalte é um procedimento bem consolidado e clinicamente estável^{15,16}. No presente estudo, foram obtidos valores superiores de resistência de união em esmalte para todos os sistemas adesivos utilizados. Nesse substrato, foi observado comportamento semelhante entre o *Solobond* e os sistemas autocondicionantes, entretanto, trabalhos mostram valores inferiores de resistência de união ao esmalte para os autocondicionantes^{24,25}. Assim, a primeira hipótese nula foi rejeitada. Isso pode ser atribuído à qualidade do substrato, que é altamente mineralizado e uniforme. Além disso, a secagem deste substrato, após a etapa de condicionamento ácido ou a aplicação do sistema adesivo autocondicionante em esmalte seco, promove melhor penetração dos monômeros resinosos²⁶, que resulta em maiores valores de RU.

Na dentina, os sistemas adesivos com condicionamento ácido prévio apresentam maior sensibilidade à técnica de aplicação, pois requerem uma umidade adequada para que não ocorra o colapamento das fibras colágenas²⁷, o que dificulta a penetração dos monômeros nos espaços interfibrilares²⁸.

O *Adper Single Bond* apresentou maiores médias de RU que os autocondicionantes em ambos os substratos, entretanto, igual ao *Solobond M*. Desta forma, a segunda hipótese nula também foi rejeitada, pois o *Solobond M* mostrou valores intermediários e semelhantes ($p > 0,05$) aos dois tipos de sistemas autocondicionantes estudados, sugerindo a influência do tipo de solvente na sensibilidade da técnica adesiva. O *Solobond M* apresenta como solvente a acetona, que possui alto valor de pressão de vapor (184 mmHg a 20 °C), quando comparado ao etanol (43,9) e água (17,5)²⁹. Isso permite maior volatilização durante a aplicação. Além disso, o formato em doses individuais do *Solobond M*, utilizado neste estudo, leva ao maior contato do adesivo com o ambiente, acentuando a volatilização do solvente acetona, proporcionando um aumento da viscosidade do adesivo^{29,30} e refletindo em uma menor penetração dos monômeros e incompleta remoção da água²⁶.

Quanto à presença de partículas de carga, o *Adper Single Bond* contém 10% em peso e partículas com tamanho médio de 20 a 70 nm. O *Futurabond NT* apresenta partículas com tamanho de 20 nm. Os demais sistemas não especificam a porcentagem e a dimensão das partículas, o que dificulta a análise comparativa entre os sistemas adesivos. De acordo com Van Landuyt et al.³¹, o aumento na porcentagem de carga pode influenciar negativamente a viscosidade dos sistemas adesivos, reduzindo a capacidade de molhamento. Em relação ao tamanho das partículas, sabe-se que o espaço interfibrilar após a desmineralização do substrato dentinário é de aproximadamente 20 nm^{11,12}, e partículas menores permitem melhor difusão nos túbulos dentinários³¹.

Em relação à metodologia de microcisalhamento, Ishikawa et al.³² relata sua maior facilidade de execução quando comparado ao teste de microtração, além disso, há uma menor indução de tensões durante a confecção dos corpos-de-prova. Como limitação do teste, relata-se a ocorrência de flexão devido ao uso do fio ortodôntico para o carregamento, gerando tensões^{33,34}, e a tendência de falhas coesivas como em todo ensaio de cisalhamento.

Apesar da adição de partículas de carga apresentar aspectos promissores na evolução dos sistemas adesivos, quanto à melhoria das propriedades mecânicas, ainda são necessários estudos que consolidem suas vantagens in vivo, principalmente a longo prazo, pois os adesivos apresentaram diferentes comportamentos em termos de RU.

Conclusão

Com a presença de partículas de carga em sua composição, os sistemas adesivos autocondicionantes apresentam RU inferior, tanto para o esmalte quanto para a dentina, quando comparados ao adesivo *Adper Single Bond 2*, que preconiza condicionamento prévio com ácido fosfórico.

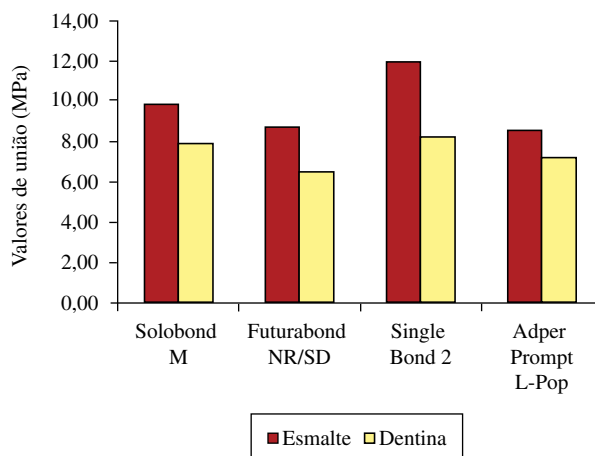


Figura 1. Valores das médias de resistência de união de sistemas adesivos ao esmalte e a dentina.

Agradecimentos

Este estudo teve auxílio financeiro da Capes e FAPESP (#06/58813-3).

Referências

- Nakabayashi N. The hybrid layer: a resin-dentin composite. *Proc Finn Dent Soc.* 1992;88(Suppl 1):321-9.
- Marshall GW, Marshall SJ, Kinney JH, Balooch M. The dentin substrate structure and properties related to bonding. *J Dent.* 1997;25:441-58.
- Buonocore MG. A simple method of. Increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. *J Dent Res.* 1995;34:849-53.
- Li Y, Swartz ML, Phillips RW, Moore BK. Effect of filler content and size on properties of composites. *J Dent Res.* 1995;64:1396-401.
- Nunes MF, Swift EJ, Perdigão J. Effects of adhesive composition on microtensile bond strength to human dentin. *Am J Dent.* 2001;14:340-3.
- Nakabayashi N, Kojima K, Masuhara E. The promotion of adhesion by infiltration of monomers into tooth substrates. *J Biomed Mater Res.* 1982;16:265-73.
- Swift EJ Jr, Triolo PT Jr, Barkmeier WW, Bird JL, Bounds SJ. Effect of low-viscosity resins on the performance of dental adhesives. *Am J Dent.* 1996;9:100-4.
- Tay FR, Moulding MM., Pashley DH. Distribution of. Nanofiller from a simplified-step adhesive in acid-conditioned dentin. *J Adhes Dent.* 1999;2:103-7.
- Lopes GC, Oliveira GM. Direct composite resin restorations in posterior teeth. *Compend Contin Educ Dent.* 2006;27:572-81.
- Perdigão J, Baratieri LN, Lopes M. Laboratory evaluation and clinical application of a new one-bottle adhesive. *J Esthet Dent.* 1999;11:23-35.
- Perdigão J, Lambrechts P, Van Meerbeek B, Tomé AR, Vanherle G, Lopes AB. Morphological filed emission -SEM stud of. Effect of six phosphoric acid etching agents um human dentin. *Dent Mater.* 1996;12:262-71.
- Van Meerbeek B, Yoshida Y, Lambrechts P, Vanherle G, Duke ES, Eick JD, et al. A TEM stud of two water based adhesive systms bonded to dry and wet dentin. *J Dent Res.* 1998;77:50-9.
- Watanabe I, Nakabayashi N, Pashley DH. Bonding to group dentin by a phenyl- P silfo etching primer. *J Dent Res.* 1994;73:1212-20.
- Shimada Y, Yamaguchi S, Tagami J. Micro-shear bond strength of dual-cured resin cement to glass ceramics. *Dent Mater.* 2002;18:380-8.
- Nakabayashi N, Pashley DH. *Hybridization of dental hard tissue.* Tokyo: Quintessence Publishing; 1998.
- Kugel G, Ferrari M. The science of bonding: from first to sixth generation. *J Am Dent Assoc.* 2000;131(Suppl): 20S-25S.
- Watanabe I, Nakabayashi N. Measurement methods for adhesion to dentine: current status in Japan. *J Dent.* 1994;22:67-72.
- Nakamichi I, Iwaku M, Fusayama T. Bovine teeth as possible human teeth substitutes. *J Dent Res* 1983;62:1076-81.
- Schilke R, Lisson JA, Bauss O, Geurtsen W. Comparison of the number and diameter of dentinal tubules in human and bovine dentine by scanning electron microscopic investigation. *Arch Oral Biol.* 2000;45:355-61.
- Camargo MA, Marques MM, de Cara AA. Morphological analysis of human and bovine dentine by scanning electron microscope investigation. *Arch Oral Biol.* 2008;53:105-8.
- 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;6:117-21.
- Titley KC, Childers S, Kulkarni G. An in vitro comparison of short and long term bond strengths of polyacid modified composite resins to primary human and bovine enamel and dentine. *Eur Arch Paediatr Dent.* 2006;7:246-52.
- Krifka S, Börzsönyi A, Koch A, Hiller KA, Schmalz G, Friedl KH. Bond strength of adhesive systems to dentin and enamel-Human vs. bovine primary teeth in vitro. *Dent Mater.* 2007 Dec 21 [Epub ahead of print].
- Pashley DH, Tay FR. Aggressiveness of contemporary self-etching adhesives. Part II: etching effects on unground enamel. *Dent Mater.* 2001;17: 430-44.
- Tay FR, Pashley DH, Yiu C, Chong C, Hashimoto M, Ito K, et al. Nanoleakage types and potential implications: Evidence from unfilled and filled adhesive with the same resin composition. *Am J Dent.* 2004;17:217-23.
- Reis AF, Oliveira MT, Giannini M, De Goes MF, Rueggeberg FA. The effect of organic solvents on one-bottle adhesives' bond strength to enamel and dentin.1: *Oper Dent.* 2003;28:700-6.
- Kanca J III. Resin bonding to wet substrate. I. Bonding to dentin. *Quintessence Int.* 1992;23:39-41.
- Maciel KT, Carvalho RM, Ringle RD, Preston CD, Russell CM, Pashley DH. The effects of acetone, ethanol, HEMA, and air on the stiffness of human decalcified dentin matrix. *J Dent Res.* 1996;75:1851-8.
- Gallo JR, Burgess JO, Xu X. Effect of delayed application on shear bond strength of four fifth-generation bonding systems. *Oper Dent.* 2001;26 48-51.
- Ogata M, Nakajima M, Sano H, Tagami J. Effect of dentin primer application on regional bond strength to cervical wedge-shaped cavity walls. *Oper Dent.* 1999;24:81-8.
- Van Landuyt KL, Snauwaert J, 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
32. Ishikawa A, Shimada Y, Foxton RM, Tagami J. Micro-tensile and micro-shear bond strengths of current self-etch adhesives to enamel and dentin. *Am J Dent*. 2007;20:161-6.
33. Pashley DH, Sano H, Ciucchi B, Yoshiyama M, Carvalho RM. Adhesion testing of dentin bonding agents: a review. *Dent Mater*. 1995;11:117-25.
34. Placido E, Meira JB, Lima RG, Muench A, de Souza RM, Ballester RY. Shear versus micro-shear bond strength test: a finite element stress analysis. *Dent Mater*. 2007;23:1086-92.

Recebido: 17/12/2007

Aceito: 24/06/2008