

Comparação da resistência de união ao cisalhamento de dois diferentes sistemas adesivos: estudo *in vitro*

Comparison of shear bond strength of two different adhesive systems: an *in vitro* study

Rosangela Maurina(1), Cristiane Giacomini(2), Fernanda Tomazoni(3), Mariá Cortina Bellan(4), Rodrigo Alessandretti(5), Daniel Galafassi(6)

1 Departamento de Odontologia Operatória, Centro Universitário da Serra Gaúcha (FSG), Caxias do Sul - RS, Brasil.
E-mail: romaurina@hotmail.com | ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3161-3438>

2 Departamento de Odontologia Operatória, Centro Universitário da Serra Gaúcha (FSG), Caxias do Sul - RS, Brasil.
E-mail: giacomini.cris@hotmail.com | ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7066-234X>

3 Departamento de Odontopediatria, Centro Universitário da Serra Gaúcha (FSG), Caxias do Sul - RS, Brasil.
E-mail: fei_tomazoni@hotmail.com | ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6291-552X>

4 Departamento de Odontologia Protética, Centro Universitário da Serra Gaúcha (FSG), Caxias do Sul - RS, Brasil.
E-mail: maria.bellan@fsg.edu.br | ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7074-3518>

5 Departamento de Prótese e Materiais Dentários da Faculdade Meridional (IMED), Passo Fundo - RS, Brasil.
E-mail: rodrigo.alessandretti@imed.edu.br | ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3997-9370>

6 Departamento de Odontologia Operatória, Centro Universitário da Serra Gaúcha (FSG), Caxias do Sul - RS, Brasil.
E-mail: danielgalafassi@gmail.com | ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6738-4008>

Journal of Oral Investigations, Passo Fundo, vol. 8, n. 1, p. 45-56, Janeiro-Junho, 2019 - ISSN 2238-510X

[Recebido: Novembro 19, 2018; Aceito: Março 11, 2019]

DOI: <https://doi.org/10.18256/2238-510X.2019.v8i1.3065>

Endereço correspondente / Correspondence address

Daniel Galafassi
Rua Os Dezoito do Forte, 2366, Caxias do Sul, RS, Brasil
CEP: 95020-472

Sistema de Avaliação: *Double Blind Review*
Editor-chefe: Aloísio Oro Spazzin

Como citar este artigo / How to cite item: [clique aqui! / click here!](#)

Resumo

Objetivos: O presente estudo buscou avaliar a resistência de união ao cisalhamento de dois sistemas adesivos aplicados em diferentes quantidades de camadas em amostras de esmalte e dentina bovina. **Métodos:** Os fatores estudados foram os sistemas adesivos em dois níveis: Single Bond Universal e Single Bond 2. As amostras experimentais foram compostas por 30 fragmentos de esmalte bovino ($n=5$) e 30 fragmentos de dentina bovina ($n=5$) divididos aleatoriamente em 2 grupos experimentais de esmalte e dois grupos de dentina, sendo esses subdivididos em 3 modos de aplicação do sistema adesivo em 1, 2 ou 3 camadas. **Resultados:** Os adesivos Single Bond 2 e Single Bond Universal, quando aplicados em 1 ou 3 camadas em dentina ou esmalte apresentaram similaridade estatística ($p=0,8726$). Já quando comparamos o sistema adesivo Single Bond 2 e Single Bond Universal em substrato dentinário a aplicação de 2 camadas do sistema adesivo implicam em aumento da resistência adesiva estatisticamente significativa ($p=0,000$) para o grupo Single Bond Universal aplicado em dentina. **Conclusão:** O adesivo Single Bond Universal apresentou melhor resistência adesiva que o adesivo Single Bond 2 quando aplicados em duas camadas em substrato dentina. Para o substrato esmalte, ambos os sistemas adesivos são efetivos independente do número de camadas aplicadas.

Palavras-chave: Adesão; Adesivos Dentinários; Dentina; Esmalte; Cisalhamento.

Abstract

Objectives: The present study aimed to evaluate the shear bond strength of two adhesive systems applied in different amounts of enamel and bovine dentin layers. **Methods:** The factors studied were adhesive systems at two levels: Single Bond Universal and Single Bond 2. The experimental samples were composed of 30 bovine enamel fragments ($n = 5$) and 30 bovine dentin fragments ($n = 5$) randomly divided into two experimental groups of enamel and two groups of dentin, subdivided into 3 different application modes adhesive system in 1, 2 or 3 layers. **Results:** The Single Bond 2 and Universal Bond adhesives, when applied in one or three layers in to the dentin or enamel, presented statistical similarity ($p=0.8726$). When comparing the Single Bond 2 and Single Bond Universal adhesive system in the dentin substrate, the application of two layers of the adhesive system implies an increase in the statistically significant adhesive resistance ($p=0,000$) for the Universal Single Bond group applied to dentin. **Conclusion:** The Single Bond Universal adhesive presented a higher adhesive strength than Single Bond 2 adhesive when applied in two layers on dentin substrate. For the enamel substrate, both adhesive systems are effective regardless of the number of layers applied.

Keywords: Adhesion; Dentinary Stickers; Dentin; Enamel; Shear.

Introdução

Desde o início do século passado os conceitos estabelecidos de preparação cavitária mudaram radicalmente, com princípios cada vez mais conservadores devido à capacidade de adesão dos novos materiais restauradores aos tecidos dentários duros (1).

O esmalte dentário é um substrato uniforme, composto especialmente por 96% de cristais inorgânicos. Enquanto a dentina apresenta uma maior quantidade de água e matéria orgânica (colágeno tipo I) o que implica e dificulta o processo de adesão (2). Buonocore *et al.* (3) desenvolveu uma técnica onde se aplicava o condicionamento ácido em esmalte para aumentar a adesão neste substrato. Outro trabalho alegou que a dentina apresenta uma estrutura complexa com a presença da *smear layer*, assim, para se ter uma adesão melhorada para este substrato, poderia ser empregado também o condicionamento ácido em dentina (4). Depois de preconizado o condicionamento ácido total em esmalte e dentina expandiu-se esse mesmo conceito até os dias de hoje (5).

O termo adesão é estabelecido por uma ligação adesiva que equivale à associação de dois substratos (1). O mecanismo de união dos materiais restauradores que se aderem ao esmalte e a dentina ocorrem especialmente pela permutação dos minerais removidos do tecido dental. Após inclui-se monômeros resinosos que se infiltram através das porosidades criadas por um tratamento prévio (6), o que posteriormente a polimerização possibilitará uma adesão micromecânica, conhecida como camada híbrida (7).

A evolução dos sistemas adesivos tem se tornado cada vez mais relevante na odontologia adesiva. No entanto, no mercado existem inúmeros tipos de adesivos e essa condição se torna de difícil escolha quando o cirurgião-dentista seleciona o material e a técnica ideal, tendo em vista que esses sistemas adesivos apresentam diferentes passos clínicos e cuidados durante a sua aplicação (8).

A constituição desses agentes adesivos é dada por monômeros resinosos possuindo diferentes viscosidades, pesos moleculares, solventes orgânicos como a água, o etanol e a acetona e compósitos resinosos (9). Com o propósito de facilitar a técnica adesiva foram desenvolvidos monômeros resinosos hidrofílicos, os quais possuem afinidade com a umidade natural do tecido dentinário e monômeros hidrofóbicos que exibem maior carga molecular e aumento na viscosidade o que resulta em uma resistência mecânica e durabilidade superior ao material (8).

Os sistemas adesivos podem ser classificados conforme a técnica preconizada de adesão e, são subdivididos em convencionais e autocondicionantes de acordo com a ação aos substratos dentinários, delineando a *smear layer*, e a quantidade de passos e etapas (10,11). Devido à grande diferença entre os tecidos dentários duros e o mercado apresentar inúmeros tipos de sistemas adesivos, variando suas características químicas e o método de aplicação, o profissional requer produtos com técnicas mais simples, menor tempo clínico e longevidade, todavia isso ainda é um desafio a ser superado (23).

Diante do exposto, o objetivo principal deste estudo visou avaliar a resistência de união ao cisalhamento de diferentes sistemas adesivos aplicados em diferentes quantidades de camadas.

Metodologia

Delineamento do Estudo

Os fatores estudados foram os sistemas adesivos em dois níveis: Single Bond Universal (3M ESPE) e Single Bond 2 (3M ESPE). Foram coletados 30 incisivos centrais inferiores no frigorífico de espécie bovina, sendo descartados aqueles que possuíam qualquer tipo de fratura ou trinca. Logo as amostras experimentais foram compostas por 30 fragmentos de esmalte bovino (n=5) e 30 fragmentos de dentina bovina (n=5) divididos aleatoriamente em dois grupos experimentais de esmalte e dois grupos de dentina subdivididos em três modos de aplicação do sistema adesivo em (1, 2 ou 3 camadas).

- *Preparo das amostras de esmalte:* A face vestibular do esmalte foi desgastada com lixas d'água de granulação ascendente (#600, #1200, #2000), concomitante com irrigação abundante para obter superfícies planas de esmalte.

- *Preparo das amostras de dentina:* Os elementos dentais foram seccionados por um corte transversal através de um disco diamantado dupla face 7/8 e peça reta sob irrigação, de forma a separar o segmento coroa e raiz expondo dentina. As superfícies cervicais dentinárias foram lixadas a fim de expor a dentina empregando lixas d'água de granulação #600 durante 15 segundos.

Confecção dos corpos de prova

Os fragmentos de esmalte e dentina foram incluídos em resina acrílica autopolimerizável (Clássico, São Paulo, SP, Brasil) com o auxílio de um anel de PVC (Tigre S/A, Joinville, SC, Brasil) com 21 mm de diâmetro interno e 12 mm de altura.

Materiais testados

Os materiais testados neste estudo incluem dois sistemas adesivos: Single Bond Universal (3M ESPE) e Single Bond 2 (3M ESPE). As especificações de todos os sistemas adesivos estão listadas na Tabela 1.

Tabela 1. Marca comercial, fabricante, composição química e lote dos materiais utilizados

Marca Comercial	Fabricante	Composição	Nº lote
Single Bond Universal	3M ESPE; St Paul, MN, USA	Metacrilato de 2-hidroxietila, Bisfenol A diglicidil éter dimetacrilato (BisGMA), Decametileno dimetacrilato, etanol, Sílica tratada de silano, Água, 1,10-Decanodiol fosfato metacrilato, Copolímero de acrílico e ácido itacônico, Caforquinona, N,N-Dimetilbenzocaína	3480110
Single Bond 2	3M do Brasil LTDA, Sumaré- SP	Líquido: Etanol, Água, Bis-GMA, silano tratado com <i>filler</i> de sílica, 2-hidroxietilmetacrilato, glicerol 1, 3 dimetacrilato, copolímero de ácido acrílico itacônico e diuretano dimetacrilato	N909021
Condac 37	FGM; Joinville, SC, Brasil	Ácido Fosfórico a 37%, Espessante, Corante e Água Deionizada.	280617
Resina Forma	Ultradent, Indaiatuba, SP, Brasil	Bisfenol-A Diglicidil Dimetacrilato (BisGMA), Trietileno Glicol Dimetracrilato (TEGDMA), Bisfenol-A Diglicidil Dimetacrilato Etoxilado (Bis-EMA) e Uretano Dimetacrilato (UDMA), carga inorgânica a base de zircônia/sílica e vidro de bário.	D05CR

-Procedimentos adesivos: As amostras de esmalte foram submetidas a uma etapa de condicionamento prévio com ácido fosfórico a 37%, por 30 segundos, seguido de enxague com água deionizada por 30 segundos e secagem com bolinhas de algodão. Em seguida, os sistemas adesivos (Single Bond Universal MN, USA 3M ESPE; St Paul) e Single Bond 2 (3M do Brasil LTDA, Sumaré- SP), foram aplicadas 1, 2, 3 camadas de adesivo com um micro aplicador descartável (Cavibrush, KG Bush, Cotia, SP, Brasil). A aplicação ocorreu de forma ativa por 20 segundos, seguido de leve jato de ar por 15 segundos para evaporação do solvente. Fotopolimerização por 20 segundos usando um dispositivo de LED (DB-686, Dabi Atlante, Ribeirão Preto, SP, Brasil) com uma potência de 600 mW / cm². As amostras de dentina para o grupo Single Bond 2 foram condicionadas com ácido fosfórico a 37%, por 15 segundos, seguido de enxague com água deionizada por 15 segundos e secagem com bolinhas de algodão. Os grupos em que o Single Bond Universal foi empregado em dentina, não foram condicionados com ácido fosfórico, visto que o mesmo pode ser feito condicionamento seletivo em esmalte conforme as recomendações do fabricante. Na sequência, os sistemas adesivos (Single Bond Universal (MN, USA 3M ESPE; St Paul) e Single Bond 2 (3M do Brasil LTDA, Sumaré- SP), foram aplicados em 1, 2 ou 3 camadas de adesivo, conforme o grupo experimental, com um micro aplicador descartável (Cavibrush, KG Bush, Cotia, SP,

Brasil). A aplicação foi de forma ativa por 20 segundos, seguido de leve jato de ar por 15 segundos para evaporação do solvente. Fotopolimerização por 20 segundos usando um dispositivo de LED (DB-686, Dabi Atlante, Ribeirão Preto, SP, Brasil) com uma potência de 600 mW / cm².

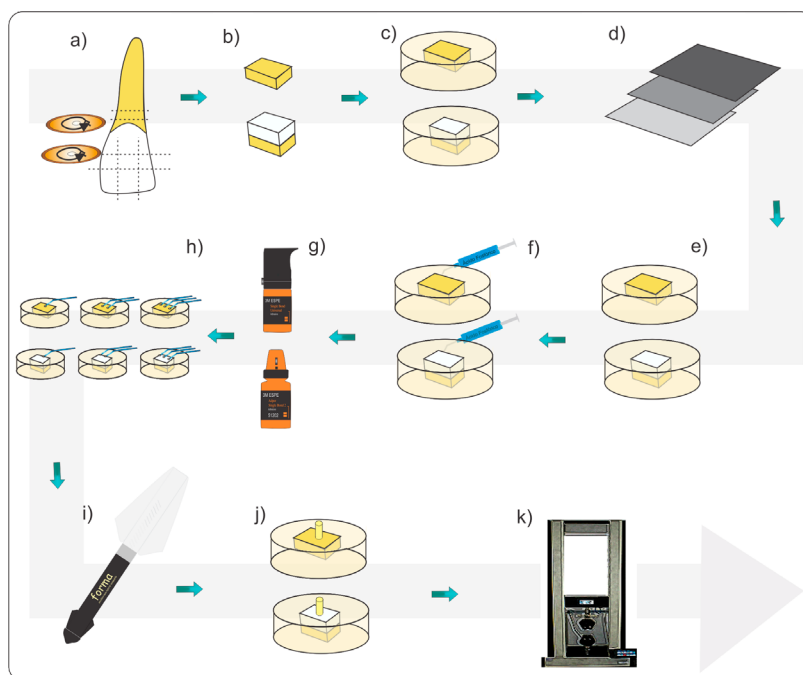
Aplicação da resina composta

Após a aplicação dos agentes adesivos, foi confeccionado um cilindro de resina composta de 2 mm de circunferência e 4 mm de altura com o auxílio de tubos de polietileno. O excesso de compósito foi removido da periferia do tubo com um explorador e após foi realizada a polimerização com uma luz de LED (DB-686, Dabi Atlante, Ribeirão Preto, SP, Brasil com potência de 600 mW/cm², durante 20 segundos. Em seguida, as amostras foram armazenadas em água destilada por 24 horas a 37 ° C.

Teste de resistência ao cisalhamento

Após o armazenamento, todos os espécimes foram introduzidos em uma máquina universal de testes (EMIC DL 10000, São José do Campos-SP). Os corpos de prova foram fixados na garra inferior da máquina, de modo que a base do cilindro colado estivesse paralela à direção da força de cisalhamento. A resistência de união foi realizada a uma velocidade de 1 mm / min para amostras de esmalte e dentina até a ruptura da amostra. A carga máxima necessária para ruptura foi de 100 N e calculada em MPa como uma razão de Newton (N) para a área de superfície do cilindro. Todo o processo de confecção das amostras encontra-se na figura 1.

Figura 1. Passo-a-passo da confecção das amostras



Análise do padrão de fratura

As amostras foram analisadas posteriores ao teste de cisalhamento com lupa estereoscópica em aumento de 40x para avaliar o padrão de fratura. Foram analisados ambos os lados da interface e classificadas adesivas (quando a falha ocorresse no sistema adesivo), coesiva em resina (quando a fratura ocorresse na resina composta), coesiva em esmalte/dentina (quando a fratura ocorresse no substrato dental) e mista (quando a análise de ambos os fragmentos apresentasse adesivo).

Análise estatística

O padrão de normalidade foi verificado pelo teste de Shapiro-Wilk ($p=0,00047$), não apresentando um resultado de normalidade. Foi realizado o teste de Kruskal-Wallis ($p\leq 0,05$).

Resultados

Os valores relativos à resistência de união ao cisalhamento estão discriminados na Tabela 2. Quando analisado o substrato esmalte, independente do número de camadas utilizadas e o tipo de sistema adesivo não há diferença estatística ($p=0,0371$). Os sistemas adesivos Single Bond 2 e Single Bond Universal, quando aplicados em 1 ou 3 camadas em dentina ou esmalte apresentam similaridade estatística ($p=0,8726$). Já quando comparamos o sistema adesivo Single Bond 2 e Single Bond Universal em substrato dentinário, a aplicação de 2 camadas do sistema adesivo Single Bond Universal implica em diferença estatisticamente significativa para o grupo Single Bond 2 ($p=0,000$). Na análise do padrão de fratura, houve predominância do tipo falha adesiva para ambos os substratos: dentina (figura 2) e esmalte (figura 3).

Tabela 2. Médias e desvio padrão do teste de cisalhamento para os grupos em estudo

	SBE Single Bond 2 Esmalte	SBD Single Bond 2 Dentina	SBUE Single Bond Universal Esmalte	SBUD Single Bond Universal Dentina
Uma camada	22,87 (10,21) Aa	9,38 (7,28) Aa	48,82 (17,38) Aa	47,71 (20,41) Aa
Duas camadas	33,28 (20,15) ab	5,20 (3,69) a	53,16 (29,62) ab	62,45 (29,86) b
Três camadas	43,28 (29,87) Aa	17,14 (9,03) Aa	44,83 (33,14) Aa	44,46 (36,25) Aa

Letras maiúsculas indicam análise em linha e letras minúsculas em coluna. Letras iguais indicam similaridade estatística, letras diferentes indicam diferença estatística.

Figura 2. Gráfico representando os tipos de fraturas em dentina

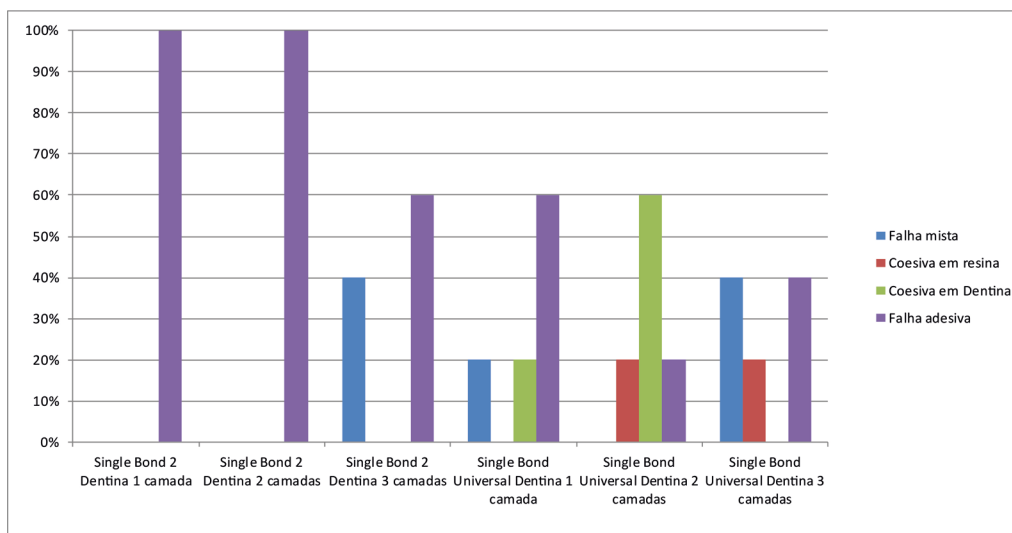
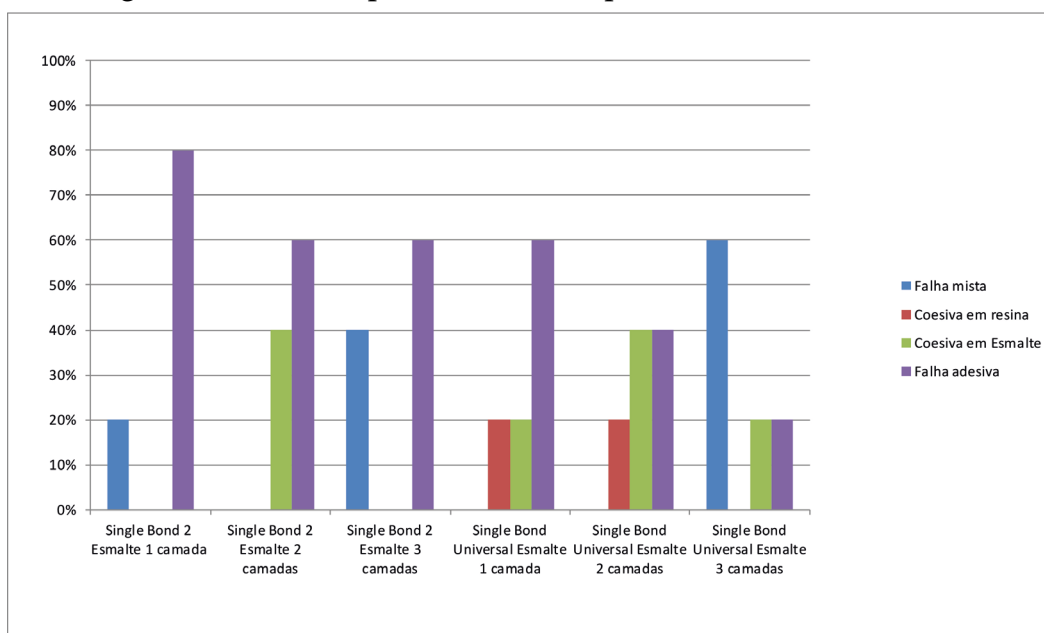


Figura 3. Gráfico representando os tipos de fraturas em esmalte



Discussão

A adesão em dentina depende de uma adequada infiltração do monômero na dentina desmineralizada pelo ácido ou quando se aplica um monômero ácido que promoverá assim, a adequada formação de uma camada híbrida (12). Assim, um adequado número de camadas dos sistemas adesivos parece ser um fator fundamental para a melhora da resistência adesiva e diminuição da nanoinfiltração (13).

Em nosso estudo realizamos a aplicação de camadas consecutivas (1 a 3 camadas) sem a polimerização entre as camadas de adesivo, potencializando a infiltração do

sistema adesivo nas fibras colágenas da dentina e a evaporação dos solventes em ambos os substratos, o que poderia aumentar o grau de polimerização do adesivo (14).

Os resultados deste estudo demonstram que a resistência adesiva ao cisalhamento pode ser afetada pelo tipo de sistema adesivo aplicado na dentina em duas camadas. Foi observado que o sistema adesivo no grupo Single Bond Universal 2 camadas dentina apresentou o maior valor estatisticamente significativo de resistência adesiva comparado com o grupo Single Bond 2 2 camadas dentina ($p=0,000$). Isso pode ser explicado, pois o sistema adesivo Single Bond 2 é precedido pela aplicação de ácido fosfórico, que pode desmineralizar em excesso a dentina e a mesma não ser totalmente infiltrada pelo sistema adesivo, corroborando com os achados de Carvalho et al. (13).

Com relação à aplicação do sistema adesivo Single Bond Universal, quando aplicado em duas camadas na dentina, houve uma maior resistência adesiva ao cisalhamento comparado com o grupo que foi aplicado em duas camadas do agente adesivo Single Bond 2 ($p=0,000$). Diante disso podemos justificar que a resistência de união foi melhor no grupo Single Bond Universal 2 camadas dentina, em razão da composição do adesivo possuir algumas particularidades. O *primer* composto nesse sistema adesivo é denominado de 2-hidroxietil metacrilato (HEMA), sendo de baixo peso molecular o que aumenta a capacidade de difusão e penetração no substrato dentinário além do monômero ácido denominado de 10-MDP (10- metacriloiloxidecil dihidrogenofosfato), sendo ele mais estável e assim aumentando o potencial de adesão química ao substrato (15).

O sistema adesivo Single Bond Universal apresenta uma parte homopolar de metacrilato que possui grande afinidade com os monómeros hidrofóbicos da resina adesiva. Já a porção hidrofílica promove uma excelente adesão, além de ter a capacidade de se ligar a dentina úmida, fato esse que também pode justificar o melhor valor de resistência de união quando aplicado em duas camadas em substrato dentinário (15,16).

No sistema adesivo Single Bond Universal o monômero ácido 10-MDP esta presente no *primer*, onde o mesmo consegue se ligar quimicamente ao cálcio da hidroxiapatita, liberando íons de fosfato e hidróxido. A estabilidade do sal de cálcio formado é que irá manter está ligação (17,18). Assim, este monômero quando presente no adesivo tem a capacidade de formar sais MDP-Ca, o qual a estabilidade e resistência à hidrólise serão aumentados conferindo maior longevidade à interface adesiva (19-21).

Quando analisado os padrões de fratura obtidos no teste de cisalhamento, observamos o predomínio de falha adesiva em ambos os substratos dentais, todavia, quando utilizado o sistema adesivo Single Bond Universal a porcentagem deste tipo de fratura foi reduzido. Para este fim podemos evidenciar que a molécula que compõe o adesivo Single Bond Universal, 10-MDP (10- metacriloiloxidecil dihidrogenofosfato), formou fortes ligações com hidroxiapatita presente no esmalte e dentina, permitindo assim associar a adesão química à adesão micromecânica, melhorando as forças de resistência adesiva (17,22).

Mediante aos resultados obtidos nesse estudo e a escassez de dados na literatura sobre o aumento de número de camadas dos sistemas adesivos testados é relevante realizar novos estudos promovendo uma degradação na interface adesiva para avaliar a longevidade nessas restaurações.

Conclusão

O adesivo Single Bond Universal apresentou melhor resistência adesiva que o adesivo Single Bond 2 quando aplicados em duas camadas em substrato dentina. Para o substrato esmalte, ambos os sistemas adesivos são efetivos independente do número de camadas aplicadas.

Referências

1. Perdigão J. New developments in dental adhesion. *Dent Clin North Am.* 2007;51:333-357
2. Pashley DH, Ciucchi B, Sano H, Carvalho RM, Russell CM. Bond strength versus dentine structure: a modelling approach. *Arch Oral Biol.* 1995;40:1109-18.
3. Buonocore MG. A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. *J Dent Res.* 1955;34:849-53.
4. Fusayama T, Nakamura M, Kurosaki N, Iwaku M. Non-pressure adhesion of a new adhesive restorative resin. *J Dent Res.* 1979;58:1364-1370.
5. Bertolotti R. Total etch, total seal, total success. *Dent Dimens.* 1990;23:10-1.
6. Nagem F, Aline DN, Alexandra RD, Cristina TF. Efeito do condicionamento ácido na morfologia do esmalte. *Rev Fob.* 2000;8:79-85.
7. Nakabayashi N, Kojima K, Masuhara E. The promotion of adhesion by the infiltration of monomers into tooth substrates. *J Biomed Mater Res.* 1982;16:265-273.
8. Carvalho RM. Sistemas adesivos: Fundamentos para aplicação clínica. *Biodonto.* 2004;28:1-86.
9. Naiara AO, Lilian SM, Nádia RS, Paulo HP. Sistemas Adesivos: conceitos atuais e aplicações clínicas. *Revista Dentística online* 2010;9:19.
10. Silva e Souza MH JR, Carneiro KG, Lobato MF. Adhesive systems: important aspects related to their composition and clinical use. *J Appl Oral Sci.* 2001;18:207-214.
11. Van Meerbeek B, De Munck J, Yoshida Y, Inoue S, Vargas M, Vijay P, Van Landuyt K, Lambrechts P, Vanherle G. "Buonocore memorial lecture. Adhesion to enamel and dentin: current status and future challenges. *Oper Dent.* 2003;28:215-235.
12. Prati, C, Pashley DH, and Montanari G. Hydrostatic intrapulpal pressure and bond strength of bonding systems. *Dent Mater.* 1991;7:54-8.
13. Carvalho EM, Stanislawczuk R, Costa T, Moura SK, Loguercio A, Bauer J. Multiple Adhesive Layering Influence on Dentin Bonding and Permeability. *Eur J Prosthodont Restor Dent.* 2017;25:2-8.
14. Hashimoto M, Sano H, Yoshida E, Hori M, Kaga M, Oguchi H, Pashley DH. Effect of multiple adhesive layerings on dentin bonding *Oper Dent* 2004;29:416-423.
15. Van Landuyt KL, Snauwaert J, De Munck J, Peumans M, Yoshida Y, Poitevin A, Coutinho E, Suzuki K, Lambrechts P, Van Meerbeek B. Systematic review of the chemical composition of contemporary dental adhesives. *Biomaterials.* 2007;28:3757-85.
16. Van Landuyt KL, Snauwaert J, Peumans M, De Munck J, Lambrechts P, Van Meerbeek B. The role of HEMA in one-step self-etch adhesives. *Dent Mater.* 2008;24:1412-9.
17. Yoshida Y, Inoue S. Chemical analyses in dental adhesive technology. *Japanese Dental Science Review.* 2012;48:141-52.

18. Yoshida Y, Van Meerbeek B, Nakayama Y, Yoshioka M, Snauwaert J, Abe Y, Lambrechts P, Vanherle G, Okazaki M. Adhesion to and decalcification of hydroxyapatite by carboxylic acids. *J Dent Res*. 2001;80:1565-9.
19. Matsui N, Takagaki T, Sadr A, Ikeda M, Ichinose S, Nikaido T, Tagami J. The role of MDP in a bonding resin of a two-step self-etching adhesive system. *Dental Mater*. 2015; 34:227-33.
20. Feitosa VP, Pomacondor HC, Ogliari FA, Leal F, Correr AB, Sauro S. Chemical interaction of 10-MDP (methacryloyloxi-decyl-dihydrogen-phosphate) in zinc-doped self-etch adhesives. *J Dent*. 2014;42:359-65.
21. Turp V, Sen D, Tuncelli B, Ozcan M. Adhesion of 10-MDP containing resin cements to dentin with and without the etch-and-rinse technique. *J Adv Prosthodont* 2013;5:226-33.
22. Yoshida Y, Van Meerbeek B, Nakayama Y, Snauwaert J, Hellemans L, Lambrechts P, Vanherle G, Wakasa K.. Evidence of chemical bonding at biomaterial-hard tissue interfaces. *J Dent Res* 2000;79:709-14.
23. Silva EOS, Beltrani FC, Shibayama R, Contreras EFR, Hoepfner MG. Sistemas adesivos: conceito, aplicação e efetividade. *Arq. Ciênc. Saúde Unipar*. 2010;14:81-7.