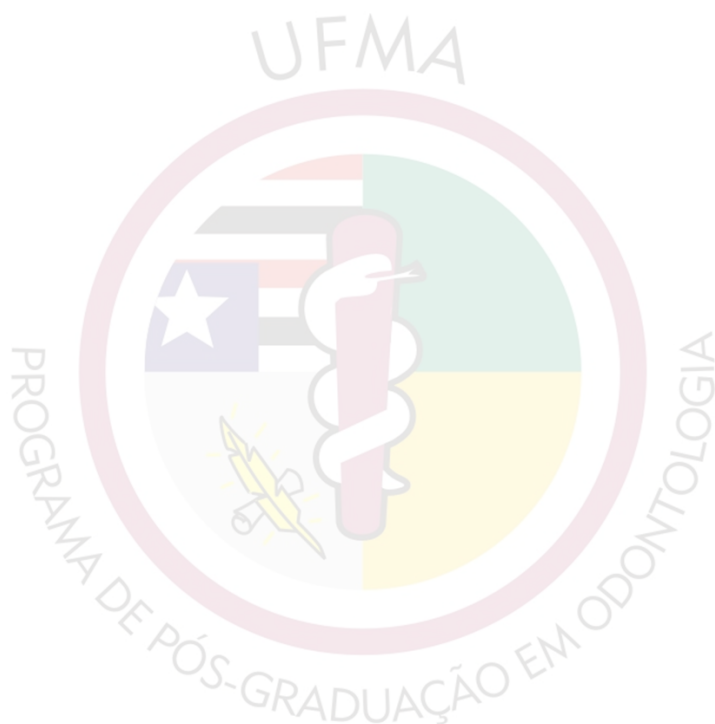




UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA
NÍVEL MESTRADO

**ADESIVO AUTOCONDICIONANTE CONTENDO VIDRO BIOATIVO 45S5:
RESISTÊNCIA DE UNIÃO E NANOINFILTRAÇÃO EM DENTINA AFETADA POR
CARIE.**



**SÃO LUÍS
2020**

RAYSSA FERREIRA CAVALEIRO DE MACÊDO

**ADESIVO AUTOCONDICIONANTE CONTENDO VIDRO BIOATIVO 45S5:
RESISTÊNCIA DE UNIÃO E NANOINFILTRAÇÃO EM DENTINA AFETADA POR
CARIE.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Odontologia.

Orientador: José Roberto de Oliveira Bauer

Co-Orientador: Andres Felipe Millan Cardenas

**SÃO LUÍS
2020**

Ferreira Cavaleiro de Macedo, Rayssa.

Adesivo autocondicionante contendo vidro bioativo 45s5: resistência de união e nanoinfiltração em dentina afetada por carie. / Rayssa Ferreira Cavaleiro de Macedo, Julliana Andrade da Silva, Edilausson Moreno Carvalho. - 2020.

44 p.

Coorientador(a): Andres Felipe Millan Cardenas. Orientador(a):

José Roberto de Oliveira Bauer. Dissertação (Mestrado) –

Programa de Pós-graduação em Odontologia/CCBS,

Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2020.

1. Dentina afetada por cárie. 2. Vidros Bioativos. 3. Sistemas adesivos. 4. Nanoinfiltração. 5 Resistência de união. I.Andrade da Silva, Julliana. II. de Oliveira Bauer, José Roberto. III. Millan Cardenas, Andres Felipe. IV Moreno Carvalho, Edilausson. V. Título.

RAYSSA FERREIRA CAVALEIRO DE MACÊDO

**ADESIVO AUTOCONDICIONANTE CONTENDO VIDRO BIOATIVO 45S5:
RESISTÊNCIA DE UNIÃO E NANOINFILTRAÇÃO EM DENTINA AFETADA POR
CARIE.**

A Comissão julgadora da Defesa do Trabalho Final de Mestrado em Odontologia, em sessão pública realizada no dia 18/12/2020, considerou a candidato(a).

() APROVADO

() REPROVADO

- 1) Examinador: Prof. Dr Alessandro Dourado Loguercio
- 2) Examinador: Prof. Dr. Edilausson Moreno Carvalho
- 3) Examinador: Prof. Dr. Darlon Martins Lima
- 5) Presidente (Orientador): Prof. Dr. José Roberto de Oliveira Bauer

“Seja fiel nas pequenas coisas, pois são nelas
que moram as suas forças”

Madre Tereza de Calcutá

AGRADECIMENTOS

Primeiramente à Deus, que sempre me guarda, pelas bênçãos e vitórias já alcançadas ao longo da minha vida acadêmica. À Nossa Senhora, que em todos os momentos de dificuldades me ampara e me dá forças, iluminando minha mente e meu coração e me guiando na escolha do melhor caminho a seguir.

À mamãe, Cleudinice Ferreira, quem me educou e me ensinou os valores que tenho hoje, pelo amor incondicional, carinho, dedicação, cuidados, preocupação em me dar sempre o melhor. Por me dar suporte durante a minha jornada acadêmica, inclusive durante o mestrado, e por me mostrar todos os dias o verdadeiro significado da missão sagrada que é ser mãe.

Aos meus avós, Raimundo e Eufrasia Ferreira, que, fazendo valer a expressão “avós são pais duas vezes” exercem com excelência essa missão, me educando, ensinando a ser uma pessoa de bem e transmitindo amor da melhor forma que existe.

Ao meu amor, Rômulo Siqueira, por todo amor, companheirismo, cuidado e dedicação a mim! Por ter sonhado comigo a realização do meu mestrado desde o colégio, pelos conselhos, sempre me incentivando a melhorar e progredir em minha formação. Pela paciência com minha ausência em momentos importantes e por sempre me ajudar em tudo que eu preciso, sendo minha fortaleza nos momentos mais difíceis. Te amo!

À Jaiza Leite, Loianne Sousa e Wévine Maia, por serem mais que amigas, irmãs de alma que o colégio me deu. Por toda paciência com minhas ausências. Pelos conselhos e palavras de força incentivo que sempre me dão. Por todo companheirismo e amizade incondicional. Obrigada por não desistirem de mim! Amo vocês!

À Isabelle Almeida, amiga maravilhosa que a Graduação me deu! Por tanto companheirismo, conversas (e põe tagarelices nisso), conselhos e força que me dá para eu continuar seguindo sonhos antigos e abrir espaço na minha vida para novos sonhos! Amo você!

À Seu Domingos, motorista que faz meu transporte para a escola desde criança, por toda paciência com meus horários conturbados, muitas vezes difíceis de conciliar com os dele. Muito obrigada!

À Juliana Andrade, minha Juzinha que foi minha companheira fiel durante o mestrado. Uma pessoa de uma serenidade e paz que foram essenciais pra mim! Obrigada por acima de tudo me ajudar a fortalecer mais ainda a minha fé. Você é uma pessoa cheia de luz e muito especial!

Ao professor José Roberto, meu orientador que contribuiu para o meu crescimento de forma imensurável nos últimos dois anos (talvez o senhor nem tenha se dado conta do quanto).

Obrigada por me lançar a voos que eu achei que não fosse capaz. Obrigada por me provar o que eu já tinha escutado antes sobre o senhor: que é um professor orientador excepcional, inquieto e com sede de inovar na ciência, mas acima de tudo, humano. O senhor é um dos maiores exemplos de profissionais pra mim. Muito obrigada por tudo.

Aos professores Andres Milan, Fabiana Siqueira e Edilausson Carvalho, que pacientemente me ensinaram o passo a passo dos testes laboratoriais necessários para a realização deste trabalho. Vocês foram muito importantes nessa jornada!

À dona Salete, pessoa tão especial que a Odontologia colocou em minha vida. Pelo carinho, conversas, companheirismo, conselhos e amizade! A senhora é muito especial pra mim! À dona Meire, pelos cuidados comigo desde que eu comecei a estudar na UFMA. Por fazer chá para mim sempre que chegava a faculdade com crise de enxaqueca. Por ver a minha correria diária e ter a preocupação em perguntar se eu já almocei, por tudo que já fez e faz por mim. Tenho admiração e carinho enorme pela senhora!

Aos técnicos administrativos, de laboratório e demais funcionários, especialmente Mayara, Seu Ivaldo, Sóstenes, Seu Eliseu, Seu Cavalcante, Maristela, Seu Manoel, Zenaide, Alba e Sandoval por toda ajuda, tornando meu caminho neste período menos difícil e mais prazeroso.

Aos professores dos quais tive o privilégio de ser aluna durante o mestrado, podendo receber ensinamentos de profissionais de excelência e tão queridos por mim, especialmente aos Professores José Ferreira (Déco), Cecília Ribeiro, Cláudia Coêlho, Leily Firoozmand, Luciana Almeida e Maria Carmen Nogueira.

Ao professor Breno Mont'Alverne, que nos bastidores do mestrado, continuou o trabalho iniciado na minha graduação como meu mentor, me dando oportunidades e ensinamentos valiosos para a minha jornada na Odontologia.

À minha turma, turma X do mestrado, especialmente à Cássio Bernard, Thaís Gomes e Renata Campelo, pelos bons momentos que passamos juntos nesta jornada.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Ensino Superior – CAPES, pela bolsa de mestrado concedida; à Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão – FAPEMA, pelo fomento concedido; à PPGO-UFMA e PPGO-CEUMA pelo suporte ao desenvolvimento desta pesquisa.

À todos os familiares e amigos que não foram citados, mas que de alguma forma contribuíram para que hoje eu pudesse estar aqui. Todos estão no meu coração e jamais esquecerei todas as mãos que me acolheram e ajudaram nesta jornada. Muito obrigada.

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: Composição básica dos adesivos utilizados.....pag 22

TABELA 2: Média e desvio-padrão dos valores de resistência de união à microtração (Mpa), após 24 horas, dos sistemas adesivos avaliados.....pag 26

TABELA 3: Média e desvio-padrão dos valores de nanoinfiltração, após 24 horas, dos sistemas adesivos avaliados.....pag 28

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: Imagens representativas do processo de indução artificial de cárie e remoção seletiva de tecido cariado.....pag 23

FIGURA 2: Número (%) de palitos de acordo com o modo de fratura e palitos perdidos..... pag 26

FIGURA 3: Imagens representativas em MEV da interface adesiva fraturada após 24 horas de armazenamento.....pag 27

FIGURA 4: Imagens representativas em MEV da nanoinfiltração interfacial dos sistemas adesivos após 24 horas de armazenamento.....pag 28

SUMÁRIO

RESUMO	11
ABSTRACT.....	12
1- REFERENCIAL TEÓRICO	13
2- ARTIGO.....	17
RESUMO	18
1. INTRODUÇÃO	19
2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	21
2.1 Seleção e Preparo dos dentes.....	21
2.2 Desenho experimental.....	21
2.3 Preparo dos adesivos.....	21
2.4 Indução artificial de cárie	22
2.5 Remoção seletiva de tecido cariado.....	23
2.6 Procedimento restaurador adesivo	23
2.7 Obtenção dos corpos de provas.....	24
2.8 Teste de resistência de união à microtração	24
2.9 Teste para avaliação da nanoinfiltração	24
2.10 Análise estatística	25
3. RESULTADOS.....	25
3.1 Avaliação da Resistência de união à microtração (µTBS)	25
3.2 Avaliação da Nanoinfiltração.....	27
4. DISCUSSÃO.....	28
5. RELEVÂNCIA CLÍNICA.....	31
6- AGRADECIMENTOS	32
REFERENCIAS	33
3- CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	37
REFERENCIAS	38
ANEXO A – Parecer de aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa.....	41
ANEXO B - Normas para submissão à revista “The Journal of Adhesive Dentistry”	43

RESUMO

Objetivo: O objetivo deste estudo in vitro foi avaliar o desempenho de sistemas adesivos autocondicionantes contendo partículas bioativas de 45S5 aplicado sobre dentina afetada por cárie.

Materiais e métodos: Quarenta e dois molares humanos hígidos foram usados, metade foi submetida à indução artificial de cárie, seguida de remoção seletiva do tecido cariado. Três sistemas adesivos autocondicionantes experimentais foram desenvolvidos: Adesivo controle experimental (sem vidro – 0%), adesivo contendo 5% (em peso) de vidro 45S5 (45S5 5%) e adesivo contendo 20% (em peso) de vidro 45S5 (45S5 20%). Os adesivos foram aplicados na superfície da dentina e os dentes foram restaurados e cortados. Os corpos de prova obtidos foram levados a uma máquina de ensaio universal (Instron 3342) para o teste de resistência de união no período de 24h. As interfaces dos corpos de prova fraturados foram observadas em estereomicroscópio para a obtenção do modo de fratura. Para o teste de nanoinfiltração, espécimes foram infiltrados com nitrato de prata e a interface foi analisada em Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV). Os dados foram submetidos ao teste ANOVA (two-way) e pós-teste de Holm- Sidak ($\alpha=0,05$).

Resultados: Houve uma redução da resistência de união ($p=0,03$) e aumento da nanoinfiltração ($p=0,04$) do adesivo controle em dentina cariada em comparação com a dentina hígida. Os adesivos bioativos nas duas concentrações não apresentaram diferenças estatísticas significantes na avaliação entre a dentina hígida e cariada em ambos os testes realizados ($p>0,05$). O adesivo com 20% de 45S5 teve a menor resistência de união no grupo hígido em comparação aos adesivos controle ($p=0,003$) e 5% ($p=0,02$).

Conclusão: A incorporação de partículas de vidro bioativo 45S5 em sistemas adesivos autocondicionantes experimentais na concentração de 5% (wt) não prejudica a resistência de união e é capaz de manter as taxas de nanoinfiltração da interface adesiva estáveis em dentina cariada após 24 horas.

Palavras-chave: dentina afetada por cárie; vidros bioativos; sistemas adesivos; resistência de união; nanoinfiltração

ABSTRACT

Objective: The objective of this in vitro study was to evaluate the performance of self-etching adhesive systems containing 45S5 bioactive particles applied to demineralized dentin by caries.

Materials and methods: Forty-two healthy human molars were used, half of which underwent artificial caries induction, followed by selective removal of carious tissue. Three experimental self-etching adhesive systems were developed: Experimental control adhesive (without glass - 0%), adhesive containing 5% (by weight) of 45S5 glass (45S5 5%) and adhesive containing 20% (by weight) of 45S5 glass (45S5 20 %). The adhesives were on the dentin surface and the teeth were restored and cut. The proof tests were taken to bodies of a universal testing machine (Instron 3342) for the test of bond strength in the period of 24 hours. The interface of the fractured specimens was observed in a stereomicroscope to obtain the fracture mode. For the nanoinfiltration test, specimens were infiltrated with silver nitrate and an interface was analyzed using a Scanning Electron Microscope (SEM). The data were discovered using the ANOVA test (two-way), post-Holm-Sidak test ($\alpha = 0.05$).

Results: There was a reduction in bond strength ($p = 0.03$) and an increase in nanoinfiltration ($p = 0.04$) of the control adhesive in carious dentin compared to a healthy dentin. The bioactive adhesives in the two grades did not show significant statistical differences in the evaluation between the healthy and decayed dentin in both tests performed ($p > 0.05$). The adhesive with 20% 45S5 had a lower bond strength in the healthy group compared to the control adhesive ($p = 0.003$) and 5% ($p = 0.02$).

Conclusion: An incorporation of 45S5 bioactive glass particles in experimental self-etching adhesive systems at a concentration of 5% (wt) does not impair the bond strength and is capable of maintaining as stable nano-infiltration rates of the adhesive interface in carious dentin after 24 hours.

Keywords: caries affected dentin; bioactive glass; adhesive systems; bond strength; nanoleakage

1- REFERENCIAL TEÓRICO

A adesão ao esmalte dental foi avaliada primeiramente por Buonocore em 1955 ao demonstrar que utilizar ácido fosfórico na superfície do esmalte resultou na adesão da resina acrílica a esse substrato, fato que deu início à Odontologia Adesiva. Assim, desde o surgimento dos sistemas adesivos, esforços vêm sendo empregados para o desenvolvimento de produtos cada vez mais simples, de fácil utilização e menos sensíveis à técnica de adesão.

Inicialmente surgiram os sistemas adesivos convencionais de 3 passos, caracterizados por: Condicionamento ácido total, Primer e Adesivo. O condicionamento ácido remove a smear layer e elimina o conteúdo mineral da zona superficial. O Primer possui monômeros hidrofílicos e solventes que auxiliam na evaporação da água presente na dentina e deixam estes monômeros em contato com as fibrilas de colágeno dentinárias, uma vez que, após o condicionamento ácido em dentina, há redução da energia livre de superfície e, por isso, ocorre essa dificuldade de interação. Daí, ao se polimerizar os monômeros hidrofílicos, tem-se a formação da camada híbrida (Bedran- Russo et al., 2017).

O Adesivo propriamente dito possui uma parte hidrofóbica compatível com a resina composta, o qual penetra na superfície preparada pelo primer e se copolimeriza com os monômeros hidrofílicos, formando as *tags* resinosas ao penetrarem pelos túbulos e canalículos. Posteriormente, com o apelo comercial pela simplificação, incorporou-se o primer ao adesivo, ficando os dois em apenas um frasco e passando a se chamar convencional de 2 passos (Muñoz et al., 2013; Alex et al., 2015).

Em seguida, surgiram os adesivos autocondicionantes de 1 ou 2 frascos, caracterizados pela diminuição de etapas clínicas para sua utilização, já que não requerem uma etapa prévia de condicionamento do tecido dental por conterem monômeros acídicos hidrofílicos que agem como condicionador e “primer” simultaneamente (Van Meerbeek et al., 2011). Neste caso, a smear layer não é dissolvida por completo, mas sim incorporada à interface de união, que tende a ser menos espessa que a camada formada ao utilizar a técnica convencional.

Embora a composição dos sistemas adesivos autocondicionantes contenha monômeros funcionais com potencial de adesão química a hidroxiapatita, devido ao seu potencial acídico baixo, a desmineralização do esmalte é menor, o que dificulta a formação de tags resinosos e embricamento nesse substrato. Assim, sugere-se o condicionamento seletivo do esmalte para garantir a adesão nesta técnica (Van Meerbeek et al., 2011; Mc Lean et al., 2015).

Por outro lado, a dentina deve permanecer sem a etapa de condicionamento prévio, pois esta removeria os íons cálcio residuais que permanecem após aplicação dos ácidos fracos do adesivo autocondicionante. Estes íons podem servir como sítios de ligação para o

estabelecimento de uma adesão química adicional às moléculas funcionais presentes nestes adesivos (Goes et al., 2014; Perdigão et al., 2014).

Já os adesivos universais compõem uma categoria recente de sistemas adesivos de frasco único que pode ser utilizada de acordo com a situação clínica específica ou preferência pessoal do operador (Muñoz et al., 2013). Podem ser aplicados tanto pela técnica autocondicionante (por também possuírem monômeros acídicos), quanto pela técnica convencional. Entretanto, na técnica convencional, embora os fabricantes a recomendem, a adesão em dentina é negativamente afetada devido à remoção dos íons cálcio pelo ácido, prejudicando a ação de monômeros funcionais como o 10-MDP (Perdigão et al., 2015).

Assim, desde que o conceito de Odontologia Adesiva surgiu, sabe-se que o contato do agente de condicionamento com o esmalte resulta em uma camada morfologicamente porosa, com área e energia de superfície aumentadas. Assim, monômeros em contato com a superfície são atraídos para o interior dessas microporosidades por capilaridade, formando projeções resinosas (tags), as quais, após polimerização, possibilitam união micromecânica e também química com o esmalte (Van Meerbeek et al., 2011).

Entretanto, a adesão em dentina ainda é considerada controversa devido à sua morfologia complexa, em que se tem a degradação das fibras colágenas na camada adesiva como importante fator que afeta, a longo prazo, a adesão em dentina. Essa degradação pode ocorrer por uma alta retenção de solventes na camada híbrida adesiva, tornando o material suscetível à hidrólise devido à água presente no local. Além disso, a ação das Metaloproteinases, uma classe de enzimas endógenas de ação proteolítica de colágeno que podem se tornar ativas pelo contato com ácidos, ainda que fracos, também figura como fator importante nesse processo de degradação da interface adesiva (Yamauti et al., 2011).

Dessa forma, quando se trata de substrato dentinário afetado por cárie, o qual permanece na abordagem conservadora de remoção seletiva de tecido cariado, as controvérsias são ainda maiores. Revisões sistemáticas recentes mostram dentina afetada por cárie apresentando resistência de união e durabilidade menores do que dentina sadia, independente do adesivo utilizado (Pinna et al., 2015; Ekambaram et al., 2015).

Tal fato pode ser explicado pela presença de dentina intertubular pouco mineralizada e porosa (Scholtanus et al., 2010), minerais ácido-resistentes no interior dos túbulos que dificultam a infiltração dos monômeros resinosos no interior desse substrato (Spencer et al., 2004) e matriz de colágeno desorganizada (Wang et al., 2007), o que resulta em uma dentina com baixa resistência coesiva e que pode contribuir para reduzir os valores de resistência de união dos sistemas adesivos e aumentar nanoinfiltração das restaurações.

Apesar destas controvérsias e características desfavoráveis da dentina afetada por cárie, a remoção seletiva de tecido cariado permanece com a vantagem de facilitar a rotina clínica e preservar ao máximo tecido dentário sadio (Felizardo et al., 2018). Esta abordagem conservadora somente é possível devido a resposta orgânica da dentina frente a agressão da cárie, onde observa-se duas camadas diferentes de lesão cariada, passíveis de serem diferenciadas macroscopicamente pela sua coloração e resistência ao corte, são elas: a camada de dentina infectada (mais externa) e dentina afetada (mais interna).

Microscopicamente, a camada de dentina infectada apresenta extensa desmineralização, fibrilas de colágeno desnaturadas e ausência de prolongamentos odontoblásticos viáveis, sendo, conseqüentemente, não passível de remineralização (Araújo et al., 2010). Já a camada subsequente de dentina afetada caracteriza-se por desmineralização moderada, fibrilas de colágeno saudáveis e presença de prolongamentos odontoblásticos viáveis, sendo biologicamente recuperável (FDI World Dental Federation, 2017).

O método mais comumente utilizado clinicamente para remoção seletiva de tecido cariado consiste na utilização de pontas diamantadas sob refrigeração para remoção de esmalte e principalmente brocas multilaminadas de baixa rotação e/ou curetas dentinárias manuais em dentina. O limite do tratamento é a remoção de todo tecido amolecido, restando apenas a dentina afetada, que apesar de muitas vezes estar escurecida, possui consistência mais firme e não se destaca com facilidade (Schwendicke et al., 2018).

Entretanto, em alguns estudos laboratoriais (Zanchia et al., 2010; Ricci et al., 2014) tem se empregado metodologia de remoção parcial de tecido cariado executada manualmente com lixas de carbetto de silício úmidas de granulação #400 e #600, a fim de conseguir uma camada de dentina plana e uniforme com smear layer padronizada. O limite de remoção é definido por meio de inspeção visual e tátil com cureta dentinária, considerando a resistência do tecido ao corte.

A abordagem de tratamento conservador da cárie tem sido muito utilizada e vem apresentando bons resultados no tratamento de lesões cariosas profundas, onde o risco de exposição pulpar é grande (Innes, 2016; Felizardo et al., 2018). Todavia, em razão das dúvidas a respeito da influência da dentina afetada por cárie sobre o sucesso do procedimento restaurador, é necessário desenvolver novos materiais que compensem as limitações adesivas que esse substrato apresenta e tenham capacidade de formação de dentina reparadora e manutenção da vitalidade pulpar.

Neste contexto, nos últimos anos biomateriais vem sendo introduzidos aos poucos em diversos campos da Odontologia e os vidros bioativos tem chamado atenção devido à

capacidade de formação da hidroxiapatita carbonatada (Sauro et al., 2012[b]), por meio da indução da deposição de minerais como Ca/P na interface adesiva mediante fluidos corporais e saliva (Sauro et al., 2015; Carvalho et al., 2016[a]). A incorporação de partículas de vidro bioativo poderia então compensar a degradação dos componentes poliméricos (Osorio et al., 2012) e, através da exposição destas partículas na camada de adesivo, estas induziriam a deposição de minerais a fim de proteger as fibrilas colágenas expostas dos agentes de degradação.

Há evidências também da inibição de crescimento bacteriano (Carvalho et al., 2016[b]; Lindfors et al., 2017) e da ação enzimática das metaloproteinases (Osorio et al., 2012; Sauro et al., 2012[a]), devido ao aumento de pH ocasionado pela alta liberação iônica (Tezvergilmutluay et al., 2014; Delihita et al., 2017). A presença de partículas de minerais funcionaria, ainda, como um elo com monômeros funcionais, como 10-MDP, dos materiais adesivos (Carvalho et al., 2015).

A maioria dos vidros bioativos são feitos de uma mistura de cálcio, fosfato e sílica, sendo um deles, o 45S5, que reage com fluidos corporais, produzindo precipitação de hidroxiapatita e remineralização de dentina e esmalte com deposição de minerais (Bakry et al., 2014; Carvalho et al., 2017). Atualmente, vários autores propõem a utilização do 45S5 em sistemas adesivos ou etapas pré-adesivas e sua capacidade bioativa está consagrada na literatura (Sauro et al., 2012[c], Leitune et al., 2013; Bauer et al., 2019).

2- ARTIGO

Adesivo autocondicionante contendo vidro bioativo 45S5: Resistência de união e nanoinfiltração em dentina afetada por carie.

Rayssa Ferreira Cavaleiro de Macedo ¹,

Julliana Andrade da Silva ¹,

Edilausson Moreno Carvalho ²,

Andres Felipe Millan Cardenas ²,

Fabiana Suelen Figuerêdo Siqueira ²,

Paulo Vitor Campos Ferreira ¹,

José Bauer ¹

¹ Programa de Pós-Graduação em Odontologia (PPGO), Universidade Federal do Maranhão (UFMA).

² Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Universidade CEUMA.

Endereço para correspondência:

Endereço: Avenida Deputado Luís Eduardo Magalhães, Condomínio Jardim de Vêneto, Torre Veneza, Apto 302. Bairro Alto do Calhau. CEP 65071-415.

Telefone: +55 (98) 98415-1590, **E-mail:** rayssafercm@gmail.com

RESUMO

Objetivo: Avaliar o desempenho de um sistema adesivo autocondicionante contendo partículas bioativas aplicado sobre dentina afetada por cárie.

Materiais e Métodos: Quarenta e dois molares humanos hígidos foram usados. A superfície dentinária foi exposta e metade dos espécimes foram submetidos à indução artificial de cárie, seguida de remoção parcial do tecido cariado. Três sistemas adesivos autocondicionantes experimentais foram desenvolvidos: Adesivo controle experimental (sem vidro – 0%), adesivo contendo 5% (em peso) de vidro 45S5 (45S5 5%) e adesivo contendo 20% (em peso) de vidro 45S5 (45S5 20%). Os adesivos foram aplicados na superfície da dentina e os dentes foram restaurados e cortados. Os corpos de prova obtidos foram levados a uma máquina de ensaio universal (Instron 3342) para o teste de resistência de união no período de 24h. As interfaces dos corpos de prova fraturados foram observadas em estereomicroscópio para a obtenção do modo de fratura. Para o teste de nanoinfiltração, espécimes foram infiltrados com nitrato de prata e a interface foi analisada em Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV). Os dados foram submetidos ao teste ANOVA (two-way) e pós-teste de Holm- Sidak ($\alpha=0,05$).

Resultados: Os adesivos bioativos nas concentrações de 5% e 20% não apresentaram diferenças estatísticas significantes na comparação entre a dentina hígida e cariada nos dois testes realizados ($p>0,05$). O adesivo com 20% de 45S5 teve a menor resistência de união no grupo hígido em comparação aos adesivos controle ($p=0,003$) e 5% ($p=0,02$). O adesivo sem partículas de vidro apresentou maior nanoinfiltração (0,04) e menor resistência de união ($p=0,03$) no grupo cariado. **Conclusão:** A incorporação de partículas bioativas pode ser uma alternativa viável para manter a integridade da interface e diminuir a nanoinfiltração em dentina afetada por cárie.

Palavras-chave: dentina afetada por cárie; vidros bioativos; sistemas adesivos; resistência de união; nanoinfiltração

1. INTRODUÇÃO

A cárie dentária é uma doença bucal de etiologia multifatorial e açúcar-dependente que gera danos nos tecidos duros dentais em nível de esmalte, dentina e/ou cimento (Kidd, 2005). Esses danos são causados pela perda progressiva de minerais dos dentes em decorrência da glicólise de carboidratos fermentáveis por bactérias acidogênicas que colonizam o meio bucal, culminando em cavitações dos tecidos duros dentais e necessidade de tratamento restaurador (Urquhart et al., 2018).

Todavia, o tratamento de lesões profundas de cárie ainda é um grande desafio clínico devido ao grande risco de exposição pulpar quando empregado o método de remoção total de cárie (Bjørndal et al., 2010). Na busca de um método mais conservador de tratamento dessa doença, foi proposta a abordagem de remoção seletiva de tecido cariado associada a materiais restauradores visando manutenção da integridade pulpar (Schwendicke et al., 2016).

Entretanto, dúvidas têm sido levantadas a respeito de procedimentos restauradores em substrato dentinário afetado por cárie, principalmente pelos baixos valores de resistência de união encontrados em alguns estudos (Zanchia et al., 2010; Pinna et al., 2015). Isto é devido principalmente a falha no vedamento marginal das restaurações em decorrência da degradação da camada adesiva, a qual também acontece em dentina sadia e pode se dar pela ação de metaloproteinases (MMP's) sobre a matriz orgânica dentinária (colágeno) e degradação hidrolítica dos componentes poliméricos do adesivo (Sauro & Pashley, 2016).

Tais eventos de degradação da camada adesiva podem ser ainda mais intensos em dentina cariada, principalmente em razão das características que este substrato possui, como presença de maior umidade (Abuna et al., 2016), matriz de colágeno desorganizada (Wang et al., 2007), dentina intertubular pouco mineralizada e porosa (Scholtanus et al., 2010), bem como a presença de minerais ácido resistentes no interior dos túbulos dentinários que dificultam a penetração do adesivo (Spencer et al., 2004). Além disso, o pH mais ácido do meio dentinário desmineralizado também pode gerar maior atividade de enzimas collagenolíticas presentes na dentina (Tjäderhane et al., 2013[b]).

Com o objetivo de evitar a degradação da camada híbrida, novos materiais e técnicas têm sido pesquisados ao longo dos anos, dentre eles, a utilização de vidros bioativos incorporados a sistemas adesivos (Sauro et al., 2012[b]; Profeta et al., 2013; Tauböck et al., 2014; Carneiro et al., 2018; Schwendicke et al., 2019) ou aplicados no substrato dentário em etapas pré-adesivas (Leal et al., 2017). Um dos vidros bioativos mais estudados para esta finalidade é o 45S5 (Sauro et al., 2012 [a]; 2012[b]; Bauer et al., 2019). Sabe-se que ele é capaz

de interagir com os tecidos dentais através da indução de deposição de minerais como $\text{Ca}^{2+}/\text{PO}_4^{3+}$ de forma rápida na interface adesiva, com capacidade de formar apatita mediante fluidos corporais (Delihta et al., 2017).

A incorporação de partículas de vidros bioativos poderia, então, compensar a degradação dos componentes poliméricos do adesivo (Rizk et al., 2017), induzindo a deposição de minerais nos espaços interfibrilares e protegendo o colágeno exposto. Além disso, poderia também promover uma maior remineralização da dentina afetada por cárie antes mesmo da degradação polimérica se iniciar, tendo-se o efeito terapêutico de recuperação das propriedades mecânicas do tecido dentinário residual (Profeta et al., 2013; Carvalho et al., 2015).

Além disso, tem sido demonstrado que o vidro 45S5 impregnado na dentina pode inibir o crescimento bacteriano devido sua capacidade de aumentar o pH do meio rapidamente, o qual afeta a integridade da membrana celular bacteriana (Bauer et al., 2019). Adicionalmente, esta classe de biomateriais pode diminuir a atividade das MMPs, reduzindo a degradação de colágeno por essas enzimas (Sauro et al., 2012[a]; Tezvergüç-Mutluay et al., 2017), além de produzir precipitados que podem ocupar os espaços deixados pela degradação hidrolítica da rede de polímero, o que poderia melhorar o vedamento marginal da restauração ao evitar nanoinfiltração da camada adesiva.

Na busca de tratamentos restauradores mais eficientes e duradouros os vidros bioativos têm figurado como materiais promissores. De fato, a literatura tem demonstrado efeitos positivos da aplicação de vidros bioativos na promoção de maior longevidade da interface adesiva em dentina cariada quando foram jateados (Leal et al., 2017), utilizados como suspensões, ou aplicados em pó (Palomino et al., 2019). No entanto, isso vai de encontro a necessidade da simplificação da técnica adesiva, sendo importante a incorporação de partículas bioativas à composição de sistemas adesivos e avaliação do seu desempenho em dentina cariada.

Portanto, o objetivo deste estudo foi avaliar o desempenho de um sistema adesivo autocondicionante contendo partículas bioativas em diferentes concentrações aplicados sobre dentina afetada por cárie. A hipótese nula deste estudo consistiu em afirmar que vidros bioativos incorporados a sistemas adesivos não interferem na resistência de união e nanoinfiltração de restaurações realizadas em dentina afetada por cárie.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Seleção e Preparo dos dentes.

Quarenta e dois molares humanos foram selecionados para o presente trabalho, aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Maranhão (parecer nº 4.043.629). Os dentes foram higienizados em água corrente sem utilização de soluções desinfetantes e armazenados em água destilada a 37°C, a qual foi trocada semanalmente até a sua utilização.

Superfícies dentinárias planas em todos os dentes do estudo foram criadas após a remoção do esmalte oclusal com um disco diamantado de baixa velocidade (Isomet 1000 – Buheler, Illinois, EUA) sob irrigação. A dentina exposta e livre de esmalte foi polida com lixa de carbetto de silício de granulação #600 (BOSCH, Gerlingen, GER) por 10 segundos para padronização da camada de *smear layer* (Gou et al., 2018). As superfícies de dentina foram examinadas em um microscópio óptico com aumento de 40x para confirmação da ausência de esmalte.

2.2 Desenho experimental

Os dentes foram distribuídos por meio de sorteio eletrônico em 6 grupos experimentais ($n = 7$) de acordo com as variáveis: tipo de substrato (dentina hígida e dentina afetada por carie) e sistema adesivo autocondicionante experimental contendo vidro bioativo 45S5 (5% e 20% wt) e adesivo sem vidro, servindo como controle. Os frascos dos adesivos foram identificados por códigos desconhecidos pelo operador. A Tabela 1 fornece informações detalhadas sobre os adesivos utilizados e suas composições.

2.3 Preparo dos adesivos

Sistemas adesivos autocondicionantes experimentais em diferentes concentrações (5% e 20% em peso) de partículas não silanizadas do vidro bioativo 45S5 foram adicionadas a porção hidrofóbica (*bond*) dos materiais. Um primer ácido ($\text{pH} \pm 1,5$) da mesma composição foi utilizado para todos os adesivos.

Os sistemas adesivos foram preparados através da mistura de um *blend* de monômeros com o auxílio de um agitador magnético em ambiente com temperatura e umidade controlada. Após a incorporação dos vidros bioativos, os materiais foram centrifugados (SpeedMixer, FlackTek, Carolina do Sul, EUA) para homogeneização completa dos materiais. Um adesivo experimental sem partículas (controle experimental) também foi formulado.

Tabela 1 – Composição básica dos adesivos utilizados

Adesivo	Monômeros (%)	Solvente (%)	Carga (%)
Adesivo Bioativo 5% - 45S5 20% - 45S5	Primer: GDMA-P, UDMA, HEMA, TEGDMA, etanol, água.	Etanol (20%)	Partículas de biovidro 45S5 (Tamanho médio das partículas = 4,0 µm)
	Adesivo: UDMA, Bis-GMA, HEMA, GDMA, TEGDMA, Bis-EMA, DMAEMA, CQ.		
Adesivo controle experimental (Sem Carga – 0%)	Primer: GDMA-P, UDMA, HEMA, TEGDMA, etanol, água. Adesivo: Bis-GMA, HEMA, GDMA, TEGDMA, Bis-EMA, UDMA, DMAEMA, CQ.	Etanol (20%)	

* *Bis-GMA: bisfenol glicidil metacrilato; HEMA: 2-hidroxietil metacrilato; BIS-EMA: Bisfenol A/etileno glicol /dimetacrilato de metila; TEGDMA: trietileno glicol dimetacrilato; GDMA: glicerol dimetacrilato; GDMA-P: 1,3-dimetacrilato de glicerol fosfato; DMAEMA: 2-dimetilaminoetil dimetacrilato; CQ: canforoquinona*

2.4 Indução artificial de cárie

Previamente a indução da lesão de cárie artificial, os dentes foram impermeabilizados com uma camada de adesivo epóxi (Araldite, Ciba Especialidades Químicas Ltda., São Paulo, Brasil) e outra de esmalte ácido resistente (Colorama, CEIL Com. Exp. Ind. Ltda, São Paulo, Brasil), deixando a superfície dentinária oclusal exposta. Em seguida, foram suspensos com auxílio de um fio ortodôntico em um béquer contendo uma solução cariogênica composta por 3,7 g de BHI caldo (Brain Heart 16 Infusion, Becton Dickinson and Company, Sparks, MD, EUA), 2 g de sacarose (Sigma-Aldrich, Saint Louis, Missouri, EUA), 1g de glicose (Sigma-Aldrich, Saint Louis, Missouri, EUA) e 0,5 g de extrato de levedura (Sigma-Aldrich, Saint Louis, Missouri, EUA) para cada 100 mL de água destilada.

A solução foi então esterilizada (autoclave por 20 minutos a 121 °C) previamente a inoculação de 2% de cepas de *Streptococcus mutans* ATCC 25175 (Instituto Nacional de Controle de Qualidade em Saúde - Fiocruz, RJ, Brasil) (108 UFC/mL). Os dentes suspensos no meio cariogênico foram incubados a 37°C em jarra de microaerofilia por 14 dias. Durante esse período, a solução cariogênica foi substituída a cada 48 horas, porém sem a inoculação de novos microrganismos. O biofilme foi removido com gaze e os dentes abundantemente lavados em água deionizada, possibilitando a constatação de uma superfície de dentina escurecida e amolecida ao toque com sonda exploradora (Sanabe, Costa e Hebling, 2011; Leal et al., 2017).

2.5 Remoção seletiva de tecido cariado

A remoção do tecido cariado foi baseada no princípio da eliminação da camada de dentina infectada e não passível de remineralização e preservação de dentina que mesmo afetada por cárie, é passível de reparo. Para isso, a remoção foi feita manualmente com lixas de carbeto de silício úmidas de granulação #400 e #600, com limite de remoção definido por meio de inspeção visual e tátil com cureta dentinária, considerando a resistência do tecido ao corte. Estudos similares prévios (Arrais et al., 2004, Zanchia et al., 2010) também empregaram esta metodologia a fim de conseguir uma camada de dentina plana e uniforme com smear layer padronizada. Características da superfície tratada podem ser observadas na figura 1.

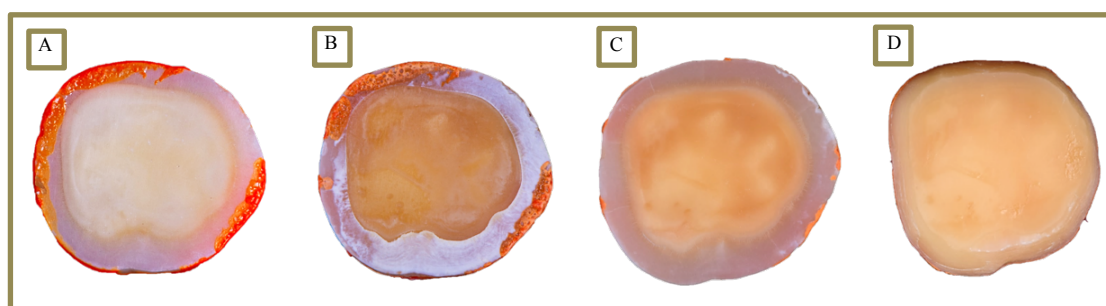


Figura 1: Imagens representativas do processo de indução artificial de cárie e remoção seletiva de tecido cariado. A: Superfície dental hígida; B: Superfície dental após indução artificial de cárie; C: Superfície dental após remoção seletiva de cárie; D: Unidade dental após remoção de esmalte lateral.

2.6 Procedimento restaurador adesivo

Para os procedimentos adesivos em todos os dentes (hígidos e submetidos a indução de cárie), foi feita a limpeza e secagem da superfície dentinária para a aplicação do primer autocondicionante de forma ativa por 20 segundos, com posterior uso de um leve jato de ar durante 15 s a uma distância de 20 cm. Em seguida, foi realizada a aplicação do adesivo (20s) seguida de fotoativação com o aparelho Valo Led (Ultradent, Indaiatuba, São Paulo, Brasil) com intensidade de 1000mW/cm² durante 20 segundos.

Após a aplicação do adesivo, foram confeccionadas restaurações com resina composta (Llis FGM, Joinville, Santa Catarina, Brasil) com aproximadamente 6,0 mm de altura, em três incrementos de 2mm. Cada incremento de resina foi fotoativado por 40 s com o mesmo fotopolimerizador utilizado no processo de aplicação dos adesivos. As unidades experimentais foram em seguida armazenadas a 37°C por 24 h em solução de fluido corporal humano simulado (SBF) (ISO 23317:2012, Kokubo e Takadama, 2006).

2.7 Obtenção dos corpos de provas

Cada dente foi fixado com cera pegajosa a um dispositivo da máquina de corte (ISOMET 1000 – Buehler, Illinois, EUA) com a interface de união perpendicular ao disco de corte. Foram realizadas duas sequências de cortes longitudinais e perpendiculares entre si para obtenção de espécimes com formato de “palitos” e com área de secção retangular de $0,8 \pm 0,1 \text{ mm}^2$. O número de palitos perdidos prematuramente durante o preparo dos espécimes foi anotado.

2.8 Teste de resistência de união à microtração

Cada espécime teve sua interface adesiva mensurada com um paquímetro digital de precisão 0,001 mm (Mitutoyo Corp., Kanagawa, Japão). O espécime foi, então, fixado com cola de cianoacrilato em gel (BSI, Wealden, East Sussex, Reino Unido) em uma garra para microtração (Odeme Dental, SC, Brasil). Esta garra foi acoplada a uma máquina de ensaios universal (Instron 3342, Canton, EUA), de maneira que as tensões de tração ocorriam perpendicularmente à interface de união.

Os ensaios foram realizados a uma velocidade de 1 mm/min até a ruptura de cada espécime e os resultados expressos em Newton (N) e convertidos em MPa. A análise dos espécimes fraturados foi realizada em estereomicroscópio (40X) e classificada nos seguintes padrões: 1) coesiva de dentina; 2) coesiva de resina composta; 3) adesiva/mista na interface. Dois espécimes de cada grupo foram avaliados em Microscópio Eletrônico de Varredura (Hitachi, modelo TM3000, Japão) nos aumentos de x100 e x1000 para avaliação do comportamento das interfaces fraturadas.

2.9 Teste para avaliação da nanoinfiltração

Cada dente cortado forneceu um palito para o teste de nanoinfiltração. Esses palitos foram imersos em solução amoniacal de nitrato de prata a 50% em peso por 24 h em ambiente protegido da luz. Então, os espécimes foram lavados em água destilada e armazenados em solução reveladora (Kodak, Rochester, Nova York, EUA) sob luz fluorescente por 8 h para que existisse redução dos íons de prata ao longo das microporosidades na interface de união.

Em seguida, os espécimes foram sequencialmente polidos com lixas de carvão de silício de granulação decrescente #600, #800, #1200, #1500, #2000, #2500, #3000 e #4000 (BOSCH, Gerlingen, Alemanha) e pastas diamantadas em ordem decrescente de granulação 1 μm e 0,5 μm (Ultradent Products, Salt Lake City, USA) e escova de pelo de cabra (American Burrs, Palhoça, SC). Após limpeza e secagem, os espécimes foram levados a um microscópio

eletrônico de varredura (Hitachi, modelo TM3030, Japão) para análise dos níveis de penetração de prata na interface adesiva.

O percentual de prata foi medido nos seguintes pontos: [1] a primeira imagem no centro do feixe (Hass et al., 2013), [2] a segunda imagem a 0,3 mm à direita do centro e [3] a terceira imagem à esquerda de 0,3 mm do centro. O Software Image J foi usado para determinar o percentual de prata no interior do adesivo e na camada híbrida em cada espécime, sendo o resultado expresso em pixels e convertido em porcentagem (Schneider et al., 2012).

2.10 Análise estatística

A análise estatística foi realizada utilizando o *software* SigmaPlot (SigmaPlot 13.0, Systat Software Inc., San Jose, Califórnia, EUA). Todos os dados foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk ($\alpha=0,05$) e a distribuição normal dos dados foi confirmada em todas as avaliações. Um poder do teste de 80% foi selecionado para todas as análises.

A média dos valores de resistência de união (μ TBS) e nanoinfiltração (NI) obtidos do mesmo dente foi realizada para fins estatísticos de modo que a unidade experimental neste estudo foi o dente ($n=7$). Após a confirmação da distribuição normal, os dados de μ TBS (MPa) e NI (%) foram analisados separadamente usando o teste ANOVA *two-way* (*substrato x sistema adesivo*), com pós-teste de Holm-Sidak ($\alpha=0,05$). Adicionalmente, os dados de distribuição de fraturas e número de palitos perdidos foram apresentados de forma descritiva.

3. RESULTADOS

3.1 Avaliação da Resistência de união à microtração (μ TBS)

Os resultados de resistência de união estão apresentados na Tabela 2. A análise de variância demonstrou uma interação significativa entre os fatores principais ($p < 0,001$). Houve uma redução estatisticamente significativa dos valores de resistência de união do sistema adesivo controle em dentina cariada, quando comparado com dentina hígida ($p = 0,03$). Os sistemas adesivos contendo 5% e 20% de vidro 45S5 apresentaram valores similares nos diferentes substratos ($p > 0,05$). O adesivo com 20% de 45S5 teve a menor resistência de união do grupo hígido em comparação aos adesivos controle ($p=0,003$) e 5% ($p=0,02$). Os valores de resistência de união dos sistemas adesivos em dentina cariada foram similares entre si ($p > 0,05$).

Tabela 2 - Média e desvio-padrão dos valores de resistência de união à microtração (MPa) dos sistemas adesivos avaliados (n=7).

	Resistência de união (MPa)		
	Controle (0%)	5%	20%
Dentina hígida	35,83 ± 11,03Aa	32,69 ± 10,59Aa	20,83 ± 5,26Ab
Dentina cariada	26,79 ± 9,04Ba	29,23 ± 5,58Aa	26,69 ± 6,24Aa

*Letras maiúsculas diferentes indicam diferenças estatísticas na mesma coluna ($p < 0,05$).

**Letras minúsculas diferentes indicam diferenças estatísticas na mesma linha ($p < 0,05$).

A distribuição dos padrões de fraturas (%) dos espécimes e números de palitos perdidos prematuramente durante o preparo dos corpos de prova em todas as condições avaliadas está representada na figura 2. Em todos os grupos, as fraturas do tipo adesiva/mista foi predominante.

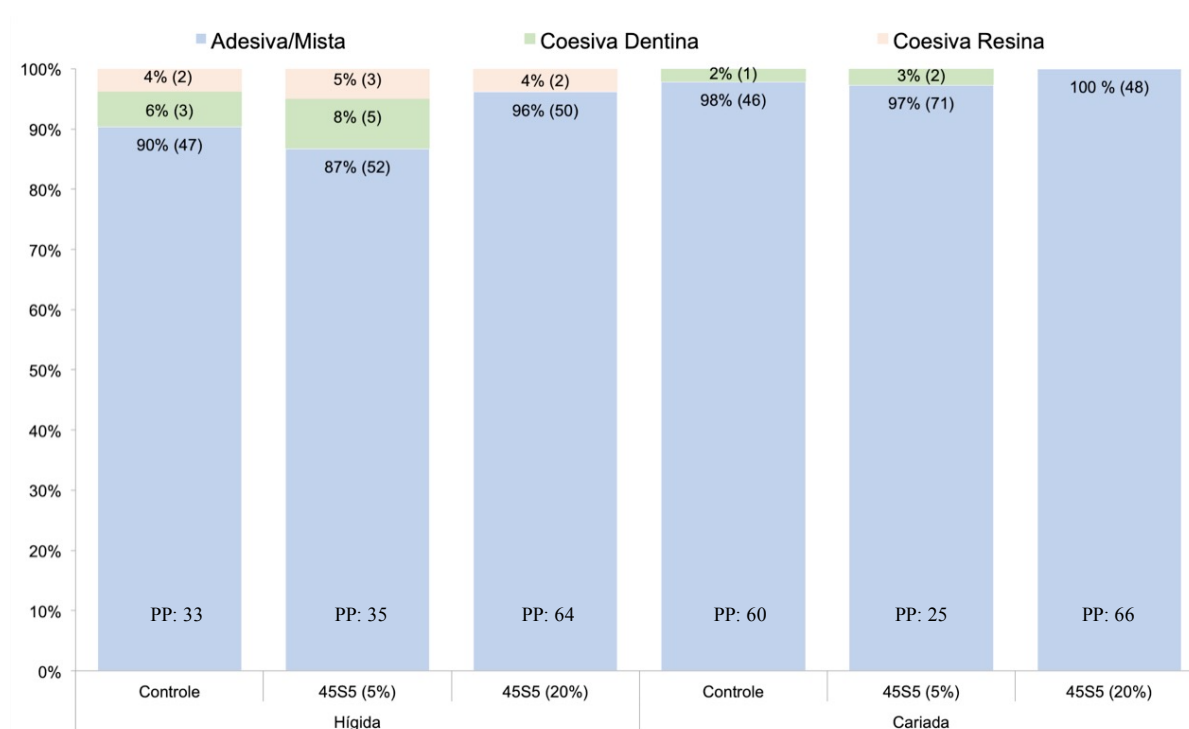


Figura 2. Número (%) de palitos de acordo com o modo de fratura e palitos perdidos

*PP: Palitos perdidos por grupo durante o preparo dos corpos de prova

A análise em MEV da interface adesiva mostrou um padrão de desmineralização da dentina semelhante entre o adesivo controle e os adesivos experimentais com partículas bioativas, além de diferenças estruturais da superfície dentinária de acordo com a sua exposição ou não a indução artificial de cárie. Em todos os grupos contendo vidros bioativos foi possível observar a presença das partículas bioativas distribuídas na camada adesiva (Figura 3).

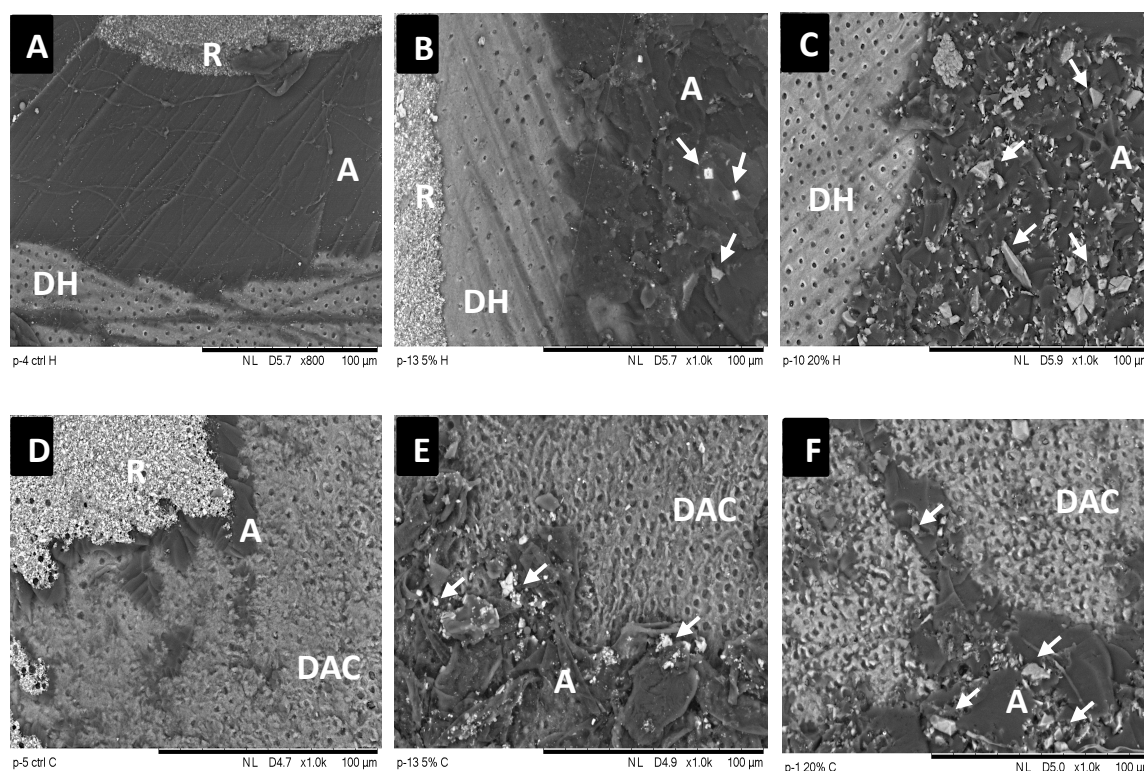


Figura 2: Imagens representativas dos espécimes fraturados após o ensaio de resistência de união (1000x). A: Controle em dentina hígida; B: 45S5 5% em dentina hígida; C: 45S5 20% em dentina hígida; D: Controle em dentina cariada; E: 45S5 5%; em dentina cariada, F: 45S5 20% em dentina cariada. (DH: dentina hígida, DAC: Dentina afetada por cárie, A: adesivo, R: resina, setas brancas: **partículas de vidro bioativo**).

3.2 Avaliação da Nanoinfiltração

Os resultados da análise de nanoinfiltração da interface de união estão apresentados na Tabela 3. A ANOVA demonstrou uma interação significativa entre os fatores principais ($p < 0,001$). Quando o substrato dentinário (hígido e afetado por cárie) foi comparado, a aplicação do adesivo autocondicionante contendo partículas de vidro bioativo 45S5 (5% e 20%) em dentina cariada resultou em médias de nanoinfiltração estatisticamente semelhantes as obtidas em dentina hígida ($p > 0,52$). O adesivo controle resultou em maiores médias de nanoinfiltração em dentina cariada ($P = 0,04$). Na Figura 4 pode ser observada um maior depósito de nitrato de prata na camada híbrida do adesivo controle na dentina cariada.

Tabela 3: Média e desvio-padrão dos valores de nanoinfiltração após 24 horas dos sistemas adesivos avaliados (n=7).

	Nanoinfiltração		
	Controle	5%	20%
Dentina hígida	3,45 ± 1,65Aa	2,00 ± 1,28Aa	1,63 ± 0,50Aa
Dentina Cariada	6,66 ± 3,63Bb	1,92 ± 1,80Aa	1,33 ± 0,58Aa

*Letras maiúsculas diferentes indicam diferenças estatísticas na mesma coluna ($p < 0,05$).

**Letras minúsculas diferentes indicam diferenças estatísticas na mesma linha ($p < 0,05$).

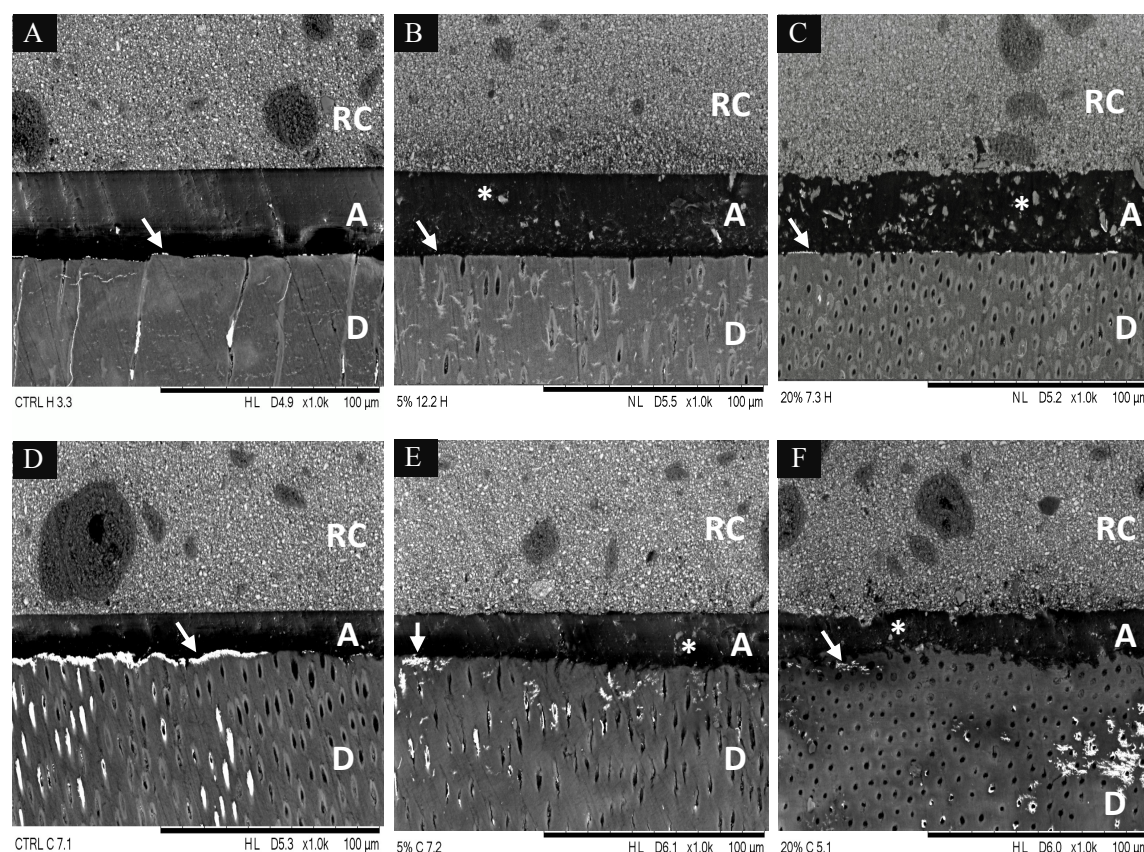


Figura 4. Imagens representativas em MEV da nanoinfiltração interfacial dos sistemas adesivos após 24 horas de armazenamento (magnificação: x1000, escala: 100 µm). A: Controle em dentina hígida; B: 45S5 5% em dentina hígida; C: 45S5 20% em dentina hígida; D: Controle em dentina cariada; E: 45S5 5%; em dentina cariada, F: 45S5 20% em dentina cariada (D: dentina, A: adesivo, R: resina, setas brancas: nitrato de prata, asteriscos: partículas de vidro bioativo).

4. DISCUSSÃO

O grande desafio que a adesão em substrato dentinário representa para a Odontologia restauradora tem motivado ao longo dos anos uma busca incessante por novos materiais que visem estabilizar a interface dentina-resina e recuperar as propriedades biomecânicas desse substrato. Assim, estratégias de adesão com abordagens operatórias com materiais contendo vidros bioativos tem sido propostas, dentre os quais tem se destacado o vidro 45S5. (Sauro et al., 2012(a); 2012(b); Bauer et al., 2019).

Neste contexto, o presente estudo obteve os primeiros resultados relatados em literatura do comportamento de um sistema adesivo bioativo simplificado em dentina cariada. De acordo com os resultados do presente trabalho, os sistemas adesivos bioativos apresentaram bons resultados de resistência de união e uma baixa nanoinfiltração em um tecido menos favorável a adesão.

A degradação da camada adesiva em dentina é um fator intimamente ligado a degradação das fibras colágenas desprotegidas durante o condicionamento dentinário, que não são recobertas totalmente pelo adesivo (Liu et al., 2011). Apesar de os adesivos autocondicionantes se mostrarem mais resistentes a essa degradação por promoverem o condicionamento e infiltração de monômeros ao mesmo tempo (Sano et al., 1999), o substrato dentinário cariado desfavoreceu o processo de adesão para o adesivo controle analisado neste estudo, o que foi evidenciado pela redução significativa da resistência de união deste adesivo em dentina cariada em comparação a dentina hígida e pelo maior número de palitos perdidos durante o corte dos dentes cariados restaurados com este adesivo.

Resultados semelhantes foram encontrados em outros estudos (Zanchia et al., 2010; Pinna et al., 2015) e podem ser explicados pelo fato de a degradação da camada híbrida em dentina se mostrar ainda mais intensa em substrato dentinário afetado por cárie, uma vez que se trata de um substrato já desmineralizado, úmido e com minerais ácido-resistentes no lúmen dos túbulos que dificultam a infiltração dos monômeros resinosos no interior desse substrato. Dessa forma, os componentes adesivos já podem não estar completamente coesos à dentina, potencializando essa degradação (Abuna et al., 2016). Como consequência, há a exposição das fibrilas colágenas, que ficam sujeitas à ação de MMP's endógenas da matriz dentinária (Tjäderhane et al., 2013[a];2013[b]) levando à deterioração da interface resina-dentina em períodos de tempo relativamente curtos (Carvalho et al., 2012).

Todavia, os adesivos experimentais com vidro 45S5, tanto na concentração de 5% quanto de 20%, não tiveram diferenças estatísticas significantes de desempenho na comparação da resistência de união entre o grupo hígido e cariado. Apesar desses desafios que o substrato dentinário afetado por cárie apresenta, as características que o vidro 45S5 possui podem ter sido benéficas para a interface adesiva, uma vez que ele tem a capacidade de liberar íons Ca^{2+} e PO_4^{3-} , promovendo deposição mineral na dentina desmineralizada pela cárie e a formação de precursores de hidroxiapatita, quando em contato com fluidos corporais ou soluções que simulem essas condições (Baino, 2018; Delihta et al., 2017).

Os resultados de resistência de união do presente estudo vão ao encontro também da pesquisa realizada por Schwendicke e colaboradores (2019), que avaliou o efeito de

remineralização de um adesivo experimental contendo vidro bioativo sobre dentina afetada por cárie, a qual se destacou quanto aos ganhos minerais e de microdureza após aplicação do adesivo. Assim, hipotetiza-se que independente da concentração, a presença das partículas de biovidro 45S5 pode ter induzido a remineralização do substrato pela formação de precursores de hidroxiapatita e consequentemente contribuído para um melhor estabelecimento da interface adesiva.

Adicionalmente, outros estudos tem sugerido também que esta classe de biomateriais pode reduzir a degradação de colágeno pelas MMPs (Sauro et al., 2012[a]; Tezvergil-Mutluay et al., 2017), por meio do aumento do pH e pela agregação dos íons liberados às MMP's, formando complexos (CaP-MMP) com alto peso molecular e baixa mobilidade, reduzindo a atividade proteolítica dessas enzimas (Makowski e Ramsby, 2004). Além disso, essa capacidade de elevar o pH do meio pode contribuir também para inibição de crescimento bacteriano (Leal et al., 2017; Bauer et al., 2018). Porém, estudos ao longo do tempo (6 meses ou 1 ano) com materiais bioativos em tecido cariado ainda são escassos na literatura.

Além das propriedades acima citadas, os vidros bioativos podem atuar como partículas de carga em sistemas adesivos (Habib et al., 2016). Neste contexto, a incorporação de partículas em materiais resinosos pode aumentar a resistência coesiva do material, agindo como obstáculos dentro da matriz polimérica e evitando a propagação de trincas (Lohbauer et al., 2013). No entanto, a formação de grandes aglomerados (clusters) de partículas agem como um sítio de concentração de estresse, levando à redução das propriedades mecânicas destes materiais (Sadat et al., 2010). Isso poderia explicar porque o adesivo contendo uma concentração maior de biovidro (20%) promoveu menor desempenho mecânico em dentina hígida, além de ter sido observado também grande perda de palitos durante o processo de obtenção dos corpos de prova para este adesivo.

Por outro lado, essas partículas bioativas podem ser fundamentais para impedir a nanoinfiltração da interface adesiva. No presente estudo, os sistemas adesivos contendo vidro 45S5 nas duas concentrações estudadas foram capazes de manter as taxas de nanoinfiltração no grupo cariado similares a do grupo hígido. Entretanto, o adesivo controle teve aumento significativo da nanoinfiltração no grupo de dentina afetada por cárie.

Isso pode ser atribuído a hipótese de que vidros bioativos reduzem a nanoinfiltração da interface adesiva por meio da substituição de água por cristais minerais dentro das matrizes de colágeno desprotegidas (Kim et al., 2010, Sauro et al., 2012b). Tais achados corroboram com os resultados da avaliação da resistência de união, evidenciando que os vidros bioativos, devido

a todas as suas propriedades acima discutidas, suportam e até podem compensar as características desfavoráveis ao processo adesivo que a dentina cariada apresenta.

Os adesivos experimentais bioativos parecem, portanto, ser uma boa alternativa para melhorar a adesão em substrato dentinário afetado por cárie. Dessa forma, este estudo sugere que os vidros bioativos têm ação terapêutica sobre tecido dentinário, sendo esta ação mais evidente em dentina afetada por cárie. Embora os resultados sugiram que o adesivo na concentração de 5% de 45S5 tem desempenho mecânico melhor que o adesivo de 45S5 a 20%, resultados de avaliações em longos períodos de armazenamento ainda são necessários.

Tais achados são de grande importância para a Odontologia adesiva, uma vez que apesar dos grandes avanços dos sistemas adesivos, estes materiais ainda são o elo mais fraco das restaurações em dentina, principalmente quando realizadas em substrato desmineralizado, como no caso da dentina cariada. Portanto, a utilização de materiais capazes de promover a remineralização do tecido dentário e atenuar os fatores que levam a degradação da interface de união é relevante, visto que a manutenção da integridade da camada adesiva é imprescindível para o vedamento marginal e sucesso das restaurações, com consequente preservação da saúde pulpar.

5. RELEVÂNCIA CLÍNICA

O desenvolvimento de materiais odontológicos capazes de responder a estímulos externos de forma específica e controlada (smart materials) é de grande relevância para a Odontologia Restauradora não somente pela possibilidade de devolver forma e função aos tecidos dentais, como também por serem capazes de prolongar a vida útil das restaurações realizadas tanto em dentina sadia quanto cariada. Assim, a presença das partículas bioativas na composição dos adesivos aqui estudados se mostra uma alternativa promissora para melhorar adesão em dentina cariada.

6- AGRADECIMENTOS

The authors thank the *Conselho Nacional* de Desenvolvimento Científico e Tecnológico [CNPq – 426145/2018-6], Fundação de Amparo a Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão [FAPEMA – BEPP 01087/18] and the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) Finance Code 001.

REFERENCIAS

- 1- Abuna G, Feitosa VP, Correr AB, Cama G, Giannini M, Sinhoreti MA et al. Bonding performance of experimental bioactive/biomimetic self-etch adhesives doped with calcium-phosphate fillers and biomimetic analogs of phosphoproteins. *J Dent*. 2016 Sept;52:79–86.
- 2- Arrais CA, Giannini M, Nakajima M, Tagami J. Effects of additional and extended acid etching on bonding to caries-affected dentine. *Eur J Oral Sci*. 2004;112:458-464.
- 3- Bairo F. Bioactive glasses – When glass science and technology meet regenerative medicine. *Ceram Int* 2018;44:14953–66. doi:10.1016/J.CERAMINT.2018.05.180.
- 4- Bauer J, Silva AS, Carvalho EM, Carvalho CN, Carvalho RM, Manso AP. A niobophosphate bioactive glass suspension for rewetting dentin: Effect on antibacterial activity, pH and resin-dentin bonding durability. *Int J Adhes & Adhes*. 2018 Aug;84: 178–183.
- 5- Bauer J, Silva E Silva A, Carvalho EM, Ferreira PVC, Carvalho CN, Manso AP et al. Dentin pretreatment with 45S5 and niobophosphate bioactive glass: Effects on pH, antibacterial, mechanical properties of the interface and microtensile bond strength. *J Mech Behav Biomed Mater*. 2019 Feb;90:374-380.
- 6- Bjørndal L, Reit C, Bruun G, Markvart M, Kjaeldgaard M, Näsman P et al. Treatment of deep caries lesions in adults: randomized clinical trials comparing stepwise vs. direct complete excavation, and direct pulp capping vs. partial pulpotomy. *Eur J Oral Sci*. 2010 Jun;118(3):290-7.
- 7- Carneiro KK, Araujo TP, Carvalho EM, Meier MM, Tanaka A, Carvalho CN et al. Bioactivity and properties of an adhesive system functionalized with an experimental niobium-based glass. *J Mech Behav Biomed Mater*. 2018 Feb;78:188-195.
- 8- Carvalho RM, Manso AP, Geraldini S, Tay FR, Pashley DH. Durability of bonds and clinical success of adhesive restorations. *Dent Mater*. 2012 Jan;28(1):72-86.
- 9- Carvalho EM, Lima DM, Carvalho CN, Loguercio AD, Martinelli JR, Bauer J. Effect of airborne-particle abrasion on dentin with experimental niobophosphate bioactive glass on the microtensile bond strength of resin cements. *J Prostodont Res*. 2015 Apr;59(2):129-35.
- 10- Delilhta F et al. Bioactive glass for dentin remineralization: A systematic review. *Mater Sci Eng C Mater Biol Appl*. 2017 Jul 1;76:1369-1377.
- 11- Gou YP et al. Optimizing resin-dentin bond stability using a bioactive adhesive with concomitant antibacterial properties and anti-proteolytic activities. *Acta Biomater*. 2018 Jul 15;75:171-182.
- 12- Habib E, Wang R, Wang Y, Zhu M, Zhu XX. Inorganic Fillers for Dental Resin

Composites: Present and Future. ACS Biomater Sci Eng 2016;2:1– 11.

- 13- Hass V et al. Correlation between degree of conversion, resin-dentin bond strength and nanoleakage of simplified etch-and-rinse adhesives. *Dent Mater.* 2013;29:921–928.
- 14- Kidd EAM. *Essentials of Dental Caries: The Disease and Its Management.* 3rd Edition. London: Wright, 2005.
- 15- Kim J, Gu L, Breschi L, Tjäderhane L, Choi KK, Pashley DH, Tay FR. Implication of ethanol wet-bonding in hybrid layer remineralization. *J Dent Res.* 2010;89:575–80.
- 16- Kokubo T, Takadama H, How useful is SBF in predicting in vivo bone bioactivity? *Biomaterials.* 2006 May;27(15):2907-15.
- 17- Leal AL et al. Airborne-particle abrasion with niobium phosphate bioactive glass on caries-affected dentin: effect on the microtensile bond strength. *J of Adhes Scienc and Tech.* 2017;31:2410–2423.
- 18- Liu Y, Tjäderhane L, Breschi L, Mazzoni A, Li N, Mao J, et al. Limitations in Bonding to Dentin and Experimental Strategies to Prevent Bond Degradation. *J Dent Res* 2011;90:953–68.
- 19- Lohbauer U, Belli R, Ferracane JL. Factors Involved in Mechanical Fatigue Degradation of Dental Resin Composites. *J Dent Res* 2013;92:584–91. doi:10.1177/0022034513490734.
- 20- Makowski GS, Ramsby ML. Differential effect of calcium phosphate and calcium pyrophosphate on binding of matrix metalloproteinases to fibrin: comparison to a fibrin-binding protease from inflammatory joint fluids. *Clin & Exp Immun.* 2004;136:176–187.
- 21- Pintado-Palomino K, Almeida CVVB, Motta RJG, Fortes JHP, Tirapelli C. Clinical, double blind, randomized controlled trial of experimental adhesive protocols in caries-affected dentin. *Clin Oral Investig.* 2019 Apr;23(4):1855-1864.
- 22- Pinna R et al. Carious affected dentine: its behaviour in adhesive bonding. *Aust Dent J.* 2015 Sep;60(3):276-93.
- 23- Profeta AC et al. Experimental etch-and-rinse adhesives doped with bioactive calcium silicate-based micro-fillers to generate therapeutic resin–dentin interfaces. *Dental Materials.* 2013;29(7):729–741.
- 24- Rizk M et al. Bioactivity and properties of a dental adhesive functionalized with polyhedral oligomeric silsesquioxanes (POSS) and bioactive glass. *Dent Mat.* 2017;33:1056–1065.
- 25- Sadat-Shojai M, Atai M, Nodehi A, Khanlar LN. Hydroxyapatite nanorods as novel fillers for improving the properties of dental adhesives: Synthesis and application. *Dent Mater* 2010;26:471–82. doi:10.1016/j.dental.2010.01.005.

- 26- Sanabe ME, Costa CA & Hebling J. Exposed collagen in aged resin-dentin bonds produced on sound and caries-affected dentin in the presence of chlorhexidine. *J Adhes Dent*. 2011 Apr;13(2):117-24.
- 27- Sano H et al. Long-term Durability of Dentin Bonds Made with a Self-etching Primer, in vivo. *J Dent Res* 1999;78:906–11. doi:10.1177/00220345990780041101.
- 28- Sauro S et al. Influence of air-abrasion executed with polyacrylic acid-Bioglass 45S5 on the bonding performance of a resin-modified glass ionomer cement. *Eur J Oral Sci*. 2012(a) Apr;120(2):168-77.
- 29- Sauro S, Osorio R, Watson TF, Toledano M. Therapeutic effects of novel resin bonding systems containing bioactive glasses on mineral-depleted areas within the bonded-dentine interface. *Journal of Materials Science Materials in Medicine*. 2012(b);23:1521–32.
- 30- Sauro S, Pashley DH. Strategies to stabilise dentine-bonded interfaces through remineralising operative approaches – State of The Art. *Int J Adhes & Adhes*. 2016 set;69: 39-57.
- 31- Schneider CA, Rasband WS, Eliceiri KW. NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis. *Nat Methods*. 2012;9:671–675.
- 32- Scholtanus JD, Purwanta K, Dogan N, Kleverlaan CJ, Feilzer AJ. Microtensile bond strength of three simplified adhesive systems to caries-affected dentin. *J Adhes Dent*. 2010 aug;12(4):273-8.
- 33- Schwendicke F et al. Managing carious lesions: consensus recommendations on carious tissue removal. *Adv Dent Res*. 2016 May;28(2):58-67.
- 34- Schwendicke F, Al-Abdi A, Moscardó AP, Cascales AF, Sauro S. Remineralization effects of conventional and experimental ion-releasing materials in chemically or bacterially-induced dentin caries lesions. *Dent Mater*. 2019 May;35(5):772-779.
- 35- Spencer P, Wang Y, Katz JL. Identification of collagen encapsulation at the dentin/adhesive interface. *J Adhes Dent*. 2004 summer;6(2):91-5.
- 36- Tauböck TT, Zehnder M, Schweizer T, Stark WJ, Attin T, Mohn D. Functionalizing a dentin bonding resin to become bioactive. *Dent Mater*. 2014 Aug;30(8):868-75.
- 37- Tjäderhane L et al. Strategies to prevent hydrolytic degradation of the hybrid layer – A review. *Dent Mater*. 2013(a) Oct;29(10):999-1011.
- 38- Tjäderhane L et al. Optimizing dentin bond durability: control of collagen degradation by matrix metalloproteinases and cysteine cathepsins. *Dent Mater*. 2013(b) Jan;29(1):116-35.
- 39- Tezvergil-Mutluay A, Seseogullari-Dirihan R, Feitosa VP, Cama G, Brauer DS, Sauro S. Effects of Composites Containing Bioactive Glasses on Demineralized Dentin. *J*

Dent Res. 2017 Aug;96(9):999-1005.

- 40- Wang Y, Spencer P, Walker MP. Chemical profile of adhesive/caries-affected dentin interfaces using Raman microspectroscopy. J Biomed Mater Res A. 2007 may;81(2):279-86.
- 41- Urquhart O, Tampi MP, Pilcher L, Slayton RL, Araujo MWB, Fontana M, et al. Nonrestorative Treatments for Caries: Systematic Review and Network Meta-analysis. J Dent Res. 2018: 22034518800014.
- 42- Zanchia CH, D'Avila OP, Rodrigues-Junior SA, Burnett LH, Jr., Demarco FF, Pinto MB. Effect of additional acid etching on bond strength and structural reliability of adhesive systems applied to caries-affected dentin. J Adhes Dent. 2010;12:109-115.

3- CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Odontologia Restauradora tem investido constantemente em pesquisas relacionadas ao desenvolvimento de biomateriais capazes de recuperar tecidos dentais danificados por processos patológicos, como a cárie dental. Dentro deste contexto, este estudo desenvolveu e avaliou propriedades mecânicas e químicas de sistemas adesivos experimentais contendo partículas bioativas em duas diferentes concentrações aplicados em dentina hígida e em dentina submetida a remoção seletiva de tecido cariado. Por meio dos resultados obtidos nesta pesquisa foi possível constatar que a incorporação de micropartículas de vidros bioativos em sistemas adesivos autocondicionantes é capaz de promover a criação de interfaces mais resistentes à degradação em dentina afetada por cárie, com baixo impacto sobre as propriedades mecânicas do material. No entanto, apesar dos resultados promissores, novas investigações *in vitro* e *in vivo* devem ser realizadas para avaliar outras propriedades desses materiais, bem como seu desempenho clínico.

REFERENCIAS

1. ALEX G. Universal adhesives: the next evolution in adhesive dentistry? **Compend Contin Educ Dent**. v. 36, n. 1, p. 15-26, jan. 2015.
2. ARAÚJO N.C. et al. Considerations of partial caries removal. **Int J Dent**. v. 9, n. 4, p. 202-209, oct. 2010.
3. BAUER J.R.O. et al. Dentin pretreatment with 45S5 and niobophosphate bioactive glass: Effects on pH, antibacterial, mechanical properties of the interface and microtensile bond strength. **J Mech Behav Biomed Mater**. v. 90, p. 374-380, feb. 2019.
4. BAKRY A.S. et al. The effect of a bioglass paste on enamel exposed to erosive challenge. **J Dent**. v. 42, n. 11, p. 1458-63, nov. 2014.
5. BEDRAN-RUSSO A. et al. An Overview of Dental Adhesive Systems and the Dynamic Tooth-Adhesive Interface. **Dent Clin North Am**. v. 61, n. 4, p. 713-731, oct. 2017.
6. CARVALHO E.M. et al. Effect of airborne-particle abrasion on dentin with experimental niobophosphate bioactive glass on the microtensile bond strength of resin cements. **J Prosthodont Res**, v. 59, n. 2, p. 129-35, apr. 2015.
7. CARVALHO C.N. et al. Ions Release and pH of Calcium Hydroxide-, Chlorhexidine- and Bioactive Glass-Based Endodontic Medicaments. **Braz Dent J**, v. 27, n. 3, p. 325-31. may-jun 2016(a).
8. CARVALHO C.N. et al. Comparative analyses of ion release, pH and multispecies biofilm formation between conventional and bioactive gutta-percha. **Int Endod J**, v. 49, n. 11, p. 1048-1056, nov. 2016(b).
9. CARVALHO C.N. et al. Micro Push-out Bond Strength and Bioactivity Analysis of a Bioceramic Root Canal Sealer. **Iran Endod J**, v. 12, n. 3, p. 343-348, summer. 2017.
10. DELIHTA F. et al. Bioactive glass for dentin remineralization: A systematic review. **Mater Sci Eng C Mater Biol Appl**, v. 1, n. 76, p. 1369-1377. jul. 2017.
11. EKAMBARAM M. et al. Bonding of resin adhesives to caries-affected dentin-A systematic review. **Int J Adhes & Adhes**, v. 6, p. 23-34. 2015.
12. FDI World Dental Federation. FDI policy statement on Minimal Intervention Dentistry (MID) for managing dental caries: Adopted by the general assembly: September 2016, Poznan, Poland. **International Dentistry Journal**, v. 67, p. 6-7. 2017.

13. FELIZARDO K.R. et al. Agentes de remoção químico-mecânica da cárie: revisão de literatura. **J of Clin Dent and Resear**, v. 15, n. 3, p. 84-103, sept.dec. 2018.
14. GOES M.F. et al. Performance of a new one-step multi-mode adhesive on etched vs non-etched enamel on bond strength and interfacial morphology. **The J of Adhes Dent**, v. 16, n. 3, p. 243-50, 2014.
15. INNES N.P. Managing carious lesions: Consensus recommendations on terminology. **Adv in Dent Res**. v. 28, n. 2, p. 49–57. 2016.
16. LINDFORS N. et al. Antibacterial bioactive glass, S53P4, for chronic bone infections – a multinational study. **Adv in Exp Med and Bio**, v. 97, n. 1, p. 81–92. 2017.
17. LEITUNE V.C.B. et al. Niobium pentoxide as a new filler for methacrylate-based root canal sealers. *Int Endod J*. 2013 Mar;46(3):205-10.
18. MC LEAN D.E. et al. Enamel bond strength of new universal adhesive bonding agents. **Op Dent**, v. 40, n. 4, p. 410-7, 2015.
19. MUÑOZ M.A. et al. Immediate bonding properties of universal adhesives to dentine. **J Dent**, v. 41, n. 5, p. 404-11, may. 2013.
20. OSORIO R. et al. Experimental resin cements containing bioactive fillers reduce matrix metalloproteinase-mediated dentin collagen degradation. **J Endod**, v. 38, n. 9, p. 1227-32, sept. 2012.
21. PERDIGÃO J., SWIFT Jr E. J. **Universal Adhesives**. **J Esth and Rest Dent**, v. 27, n. 6, p. 331-4, 2015.
22. PINNA R et al. Carious affected dentine: its behaviour in adhesive bonding. **Aust Dent J**, v. 60, n. 3, p. 276-93, sep. 2015.
23. RICCI H.A. Exposed collagen in resin bonds to caries-affected dentin after dentin treatment with aqueous and alcoholic chlorhexidine solutions. **J Adhes Dent**, v. 16, p. 21-28, 2014.
24. SAURO S et al. Influence of air-abrasion executed with polyacrylic acid-Bioglass 45S5 on the bonding performance of a resin-modified glass ionomer cement. **Eur J Oral Sci**, v. 120, n. 2, p. 168-77, apr. 2012(a).
25. SAURO S. et al. One-bottle self-etching adhesives applied to dentine air-abraded using bioactive glasses containing polyacrylic acid: An *in vitro* microtensile bond strength and confocal microscopy study. **J Dent**, v. 40, p. 896-905, 2012(b).
26. SAURO S. et al. Therapeutic effects of novel resin bonding systems containing bioactive glasses on mineral-depleted areas within the bonded-dentine interface. **J of Mat Sci Mat in Med**, v. 23, p. 1521–32, 2012(c).

27. SAURO S et al. Influence of phosphoproteins biomimetic analogs on remineralization of mineral-depleted resin-dentin interfaces created with ion-releasing resin-based systems. **Dent Mat**, v. 31, p. 759–777, 2015.
28. SCHOLTANUS JD. Microtensile bond strength of three simplified adhesive systems to caries-affected dentin. **J Adhes Dent**, v. 12. n. 4, p. 273-8, aug. 2010.
29. SCHWENDICKE F et al. Selective carious tissue removal using subjective criteria or polymer bur: study protocol for a randomised controlled trial. **BMJ Open**, v. 8, n 12, p. e022952, dec. 2018.
30. SPENCER P., WANG Y., KATZ J.L. Identification of collagen encapsulation at the dentin/adhesive interface. **J Adhes Dent**, v. 6, n. 2, p. 91-5, Summer. 2004.
31. TEZVERGIL-MUTLUAY A. et al. Zoledronate and ion-releasing resins impair dentin collagen degradation. **J Dent Res**, v. 93, n. 10, p. 999-1004, oct. 2014.
32. VAN MEERBEEK B. et al. State of the art of self-etch adhesives. *Dent Mater*, v. 27, n. 1, p. 17-28, jan. 2011.
33. WANG Y., SPENCER P., WALKER M.P. Chemical profile of adhesive/caries-affected dentin interfaces using Raman microspectroscopy. **J Biomed Mater Res A**, v. 81, n. 2, p. 279-86, may. 2007.
34. YAMAUTI M. et al. Effect of dentin etching and chlorhexidine application on metalloproteinase-mediated collagen degradation. *Eur J Oral Sci*, v. 119, n. 1, p. 79-85, feb. 2011.
35. ZANCHIA C.H. et al. Effect of additional acid etching on bond strength and structural reliability of adhesive systems applied to caries-affected dentin. **J Adhes Dent**, v. 12, p. 109-115, 2010.

ANEXO A – Parecer de aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa

COMISSÃO NACIONAL DE
ÉTICA EM PESQUISA



PARECER CONSUBSTANCIADO DA CONEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: EFEITO TERAPEUTICO DE SISTEMAS ADESIVOS AUTOCONDICIONANTES BIOATIVOS EM DENTINA DESMINERALIZADA POR CÁRIE

Pesquisador: Jose Roberto de Oliveira Bauer

Área Temática: Equipamentos e dispositivos terapêuticos, novos ou não registrados no País;
Novos procedimentos terapêuticos invasivos;

Versão: 4

CAAE: 19281319.4.0000.5087

Instituição Proponente: CENTRO DE PESQUISA CLINICA

Patrocinador Principal: FUND COORD DE APERFEICOAMENTO DE PESSOAL DE NIVEL SUP

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 4.043.629

Apresentação do Projeto:

As informações elencadas nos campos "Apresentação do Projeto", "Objetivo da Pesquisa" e "Avaliação dos Riscos e Benefícios" foram retiradas do arquivo Informações Básicas da Pesquisa (PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1371746.pdf, de 05/02/2020).

INTRODUÇÃO

O tratamento de lesões profundas de cárie ainda é um grande desafio para os clínicos devido ao grande risco de exposição pulpar quando empregado o método de remoção total de cárie (Bjørndal et al., 2010; Maltz & Corralo, 2013). Na busca de um método mais conservador de tratamento da cárie, foi proposta a abordagem de remoção seletiva de tecido cariado associada à selamento coronário com materiais restauradores visando controle da doença e integridade pulpar (Santamaria et al., 2015; Schwendicke et al., 2016). Entretanto, dúvidas têm sido levantadas a respeito de procedimentos restauradores em substrato dentinário afetado por cárie, seja pelos danos potenciais causados pelas bactérias remanescentes (Schwendicke et al., 2013[a]; Schwendicke et al., 2017) ou devido aos baixos valores de resistência de união encontrados em alguns estudos (Zanchi et al., 2010; Alves et al., 2013; Pinna et al., 2015; Ekambaram et al., 2015). Em razão disto, novos materiais tem sido pesquisados ao longo dos anos com o objetivo de melhorar o desempenho desses materiais tanto em dentina saudável quanto afetada por cárie,

Endereço: SRTVN 701, Via W 5 Norte, lote D - Edifício PO 700, 3º andar

Bairro: Asa Norte

CEP: 70.719-040

UF: DF

Município: BRASILIA

Telefone: (61)3315-5877

E-mail: conep@saude.gov.br

COMISSÃO NACIONAL DE ÉTICA EM PESQUISA



Continuação do Parecer: 4.043.629

Declaração de Instituição e Infraestrutura	Declaracaoinfraestrutura.pdf	02/08/2019 12:55:34	Jose Roberto de Oliveira Bauer	Aceito
--	------------------------------	------------------------	-----------------------------------	--------

Situação do Parecer:

Aprovado

BRASILIA, 23 de Maio de 2020

Assinado por:

Jorge Alves de Almeida Venancio
(Coordenador(a))

Endereço: SRTVN 701, Via W 5 Norte, lote D - Edifício PO 700, 3º andar

Bairro: Asa Norte

CEP: 70.719-040

UF: DF

Município: BRASILIA

Telefone: (61)3315-5877

E-mail: conep@saude.gov.br

ANEXO B - Normas para submissão à revista “The Journal of Adhesive Dentistry”

The Journal of Adhesive Dentistry GUIDELINES FOR AUTHORS

The Journal of Adhesive Dentistry is a bi-monthly journal that publishes scientifically sound articles of interest to practitioners and researchers in the field of adhesion to hard and soft dental tissues. The Journal publishes several types of peer-reviewed original articles:

1. **Clinical and basic science research reports** – based on original research in adhesive dentistry and related topics.
2. **Reviews topics** – on topics related to adhesive dentistry
3. **Short communications** – of original research in adhesive dentistry and related topics. Max. 4 printed pages, including figures and references (max. characters 18,000). High priority will be given to the review of these papers to speed publication.
- 4a. **Invited focus articles** – presenting a position or hypothesis on a basic science or clinical subject of relevant related topics. These articles are not intended for the presentation of original results, and the authors of the articles are selected by the Editorial Board.
- 4b. **Invited commentaries** – critiquing a focus article by addressing the strong and weak points of the focus article. These are selected by the Editorial Board in consultation with the focus article author, and the focus article and the commentaries on it are published in sequence in the same issue of the Journal.
5. **Invited guest editorials** – may periodically be solicited by the Editorial Board.
6. **Proceedings of symposia, workshops, or conferences** – covering topics of relevance to adhesive dentistry and related topics.
7. **Letters to the Editor** – may be submitted to the editor-in-chief; these should normally be no more than 500 words in length.

SUBMISSION INSTRUCTIONS

Submission of manuscripts in order of preference:

Submission via online submission service (www.manuscriptmanager.com/jadd). Manuscript texts should be uploaded as PC-word files with tables and figures preferably embedded within the PC-word document. A broad range of file formats are acceptable. No paper version required but high resolution photographs or illustrations should be sent to the editorial office (see below). Online submissions are automatically uploaded into the editorial office's reviewer assignment schedule and are therefore processed immediately upon upload.

Mailing address:
Quintessenz Verlags-GmbH
The Journal of Adhesive Dentistry
Ifenpfad 2–4, D-12107 Berlin, Germany

Illustrations that cannot be sent electronically will be scanned at the editorial office so that they can be sent to reviewers via e-mail along with the manuscript to expedite the evaluation process. Resubmitted manuscripts should also be submitted in the above manner. Please note that supplying electronic versions of your tables and illustrations upon resubmission will assure a faster publication time if the manuscript is accepted.

Review/editing of manuscripts. Manuscripts will be reviewed by the editor-in-chief and at least two reviewers with expertise within the scope of the article. The publisher reserves the right to edit accepted manuscripts to fit the space available and to ensure conciseness, clarity, and stylistic consistency, subject to the author's final approval. **Adherence to guidelines.** Manuscripts that are not prepared in accordance with these guidelines will be returned to the author before review.

MANUSCRIPT PREPARATION

- The Journal will follow as much as possible the recommendations of the International Committee of Medical Journal Editors (Vancouver Group) in regard to preparation of manuscripts and authorship (Uniform requirements for manuscripts submitted to biomedical journals. *Ann Intern Med* 1997;126: 36-47).
- **Title page.** The first page should include the title of the article (descriptive but as concise as possible) and the name, degrees, job title, professional affiliation, contribution to the paper (e.g., idea, hypothesis, experimental design, performed the experiments in partial fulfillment of requirements for a degree, wrote the manuscript, proofread the manuscript, performed a certain test, consulted on and performed statistical evaluation, contributed substantially to discussion, etc.) and full address of all authors. Phone, fax, and e-mail address must also be provided for the corresponding author, who will be assumed to be the first listed author unless otherwise noted. If the paper was presented before an organized group, the name of the organization, location, and date should be included.
- **3-8 keywords.**
- **Structured abstract.** Include a maximum 250-word structured abstract (with headings *Purpose, Materials and Methods, Results, Conclusion*).
- **Introduction.** Summarize the rationale and purpose of the study, giving only pertinent references. Clearly state the working hypothesis.
- **Materials and Methods.** Present materials and methods in sufficient detail to allow confirmation of the observations. Published methods should be referenced and discussed only briefly, unless modifications have been made. Indicate the statistical methods used, if applicable.
- **Results.** Present results in a logical sequence in the text, tables, and illustrations. Do not repeat in the text all the data in the tables or illustrations; emphasize only important observations.
- **Discussion.** Emphasize the new and important aspects of the study and the conclusions that follow from them. Do not repeat in detail data or other material given in the Introduction or Results section. Relate observations to other relevant studies and point out the implications of the findings and their limitations.
- **Acknowledgments.** Acknowledge persons who have made substantive contributions to the study. Specify grant or other financial support, citing the name of the supporting organization and grant number.
- **Abbreviations.** The full term for which an abbreviation stands should precede its first use in the text unless it is a standard unit of measurement.
- **Trade names.** Generic terms are to be used whenever possible, but trade names and manufacturer should be included parenthetically at first mention.
- **Clinical Relevance.** Please include a very brief (2 sentences or 3 lines) clinical relevance statement.

REFERENCES

- **All references must be cited** in the text, according to the alphabetical and numerical reference list.
- **The reference list** should appear at the end of the article, in alphabetical and numerical sequence.
- **Do not include unpublished data** or personal communications in the reference list. Cite such references parenthetically in the text and include a date.
- **Avoid using abstracts** as references.
- **Provide complete information** for each reference, including names of all authors. If the reference is part of a book, also include title of the chapter and names of the book's editor(s).

Journal reference style:

1. Turp JC, Kowalski CJ, Stohler CS. Treatment-seeking patterns of facial pain patients: Many possibilities, limited satisfaction. *J Orofacial Pain* 1998;12:61–66.

Book reference style:

1. Hannam AG, Langenbach GEJ, Peck CC. Computer simulations of jaw biomechanics. In: McNeill C (ed). *Science and Practice of Occlusion*. Chicago: Quintessence, 1997:187–194.

ILLUSTRATIONS

- All illustrations must be numbered and cited in the text in order of appearance.
- Submitted figures should meet the following minimum requirements:
 - High-resolution images should have a width of 83 mm and 300 dpi (for column size).
 - Graphics (bar diagrams, schematic representations, drawings) wherever possible should be produced in Adobe Illustrator and saved as AI or EPS files.
 - All figures and graphics should be separate files – not embedded in Word or Power Point documents.

Upon article acceptance, high-resolution digital image files must be sent via one of the following ways:

1. As an e-mail attachment, if the files are not excessively large (not more than 10 MB), to our production department
2. Online File Exchange Tool: Please send your figures with our Online File Exchange Tool. This web tool allows you to upload large files (< 500 MB) to our server. Please archive your figures with a maximum size of 500 MB first. Then upload these archives with the following link: <http://files.qvnet.de/JAD/>, password: IAD. Please name the archive with your name and article number so we can identify the figures.

Line drawings – Figures, charts, and graphs should be professionally drawn and lettered large enough to be read after reduction. Good-quality computer-generated laser prints are acceptable (no photocopies); also provide electronic files (eps, ai) if possible. Lines within graphs should be of a single weight unless special emphasis is needed.

Legends – Figure legends should be grouped on a separate sheet and typed double-spaced.

TABLES

- Each table should be logically organized, on a separate sheet, and numbered consecutively.
- The title and footnotes should be typed on the same sheet as the table.

MANDATORY SUBMISSION FORM

The Mandatory Submission Form, signed by all authors, must accompany all submitted manuscripts before they can be reviewed for publication. Electronic submission: scan the signed form and submit as JPG, TIF or PDF file.

PERMISSIONS & WAIVERS

- Permission of author and publisher must be obtained for the direct use of material (text, photos, drawings) under copyright that does not belong to the author.
- Waivers must be obtained for photographs showing persons. When such waivers are not supplied, faces will be masked to prevent identification. For clinical studies the approval of the ethics committee must be presented.

PAGE CHARGE

The first 8 printed pages in an article are free of charge. For excess pages, the charge is €140 per printed page. The approximate number of characters on a printed page is approximately 6,800. Please also consider the number and size of illustrations.

