

Influência da aplicação do laser de ND: yag na durabilidade de adesão de um sistema adesivo universal à dentina humana

Influence of ND: yag laser application on the bond durability of a universal adhesive system to human dentin

DOI:10.34119/bjhrv6n4-065

Recebimento dos originais: 13/06/2023

Aceitação para publicação: 12/07/2023

Lilian Gomes Soares Pires

Doutora em Clínicas Odontológicas

Instituição: Faculdade São Leopoldo Mandic

Endereço: R. Fernandes de Barros, 1752, Hugo Lange, Curitiba - PR, CEP: 80040-450

E-mail: liliansoaresdentistica@gmail.com

Mila Oliveira Santos Viana

Doutorado em Clínicas Odontológicas

Instituição: Faculdade São Leopoldo Mandic

Endereço: R. Fernandes de Barros, 1752, Hugo Lange, Curitiba - PR, CEP: 80040-450

E-mail: mila.o.santos@hotmail.com

Matheus Araújo Brito Santos Lopes

Doutorando em Clínica Odontológica Integrada

Instituição: Faculdade São Leopoldo Mandic

Endereço: R. Fernandes de Barros, 1752, Hugo Lange, Curitiba - PR, CEP: 80040-450

E-mail: matheus.araujo@uninovafapi.edu.br

Fabiana Mantovani Gomes França

Graduada em Odontologia

Instituição: Faculdade São Leopoldo Mandic

Endereço: R. Fernandes de Barros, 1752, Hugo Lange, Curitiba - PR, CEP: 80040-450

E-mail: biagomes@yahoo.com

Cecilia Pedroso Turssi

Graduada em Odontologia

Instituição: Faculdade São Leopoldo Mandic

Endereço: R. Fernandes de Barros, 1752, Hugo Lange, Curitiba - PR, CEP: 80040-450

E-mail: cecilia.turssi@gmail.com

Roberta Tarkany Basting

Graduada em Odontologia

Instituição: Faculdade São Leopoldo Mandic

Endereço: R. Fernandes de Barros, 1752, Hugo Lange, Curitiba - PR, CEP: 80040-450

E-mail: rbasting@yahoo.com

Flávia Lucisano Botelho Amaral

Graduada em Odontologia

Instituição: Faculdade São Leopoldo Mandic

Endereço: R. Fernandes de Barros, 1752, Hugo Lange, Curitiba - PR, CEP: 80040-450

E-mail: flbamamaral@gmail.com

RESUMO

Pesquisas sobre pré-tratamento da dentina têm sido desenvolvidas a fim de minimizar os efeitos da degradação da interface adesiva e aumentar a longevidade da adesão. A irradiação com laser Neodimium: ítrio-alumínio granada (Nd:YAG) promove alterações morfológicas e estruturais na dentina que podem favorecer a estabilidade da resistência de união ao longo do tempo. Este trabalho visou avaliar, *in vitro*, o efeito do uso do laser de Nd:YAG na resistência de união (RU), imediata e em longo prazo, bem como modo de falha (MF), de um sistema adesivo universal (SAU) à dentina humana, aplicado no método convencional e autocondicionante. Trinta e dois terceiros molares humanos hígidos tiveram suas porções oclusais removidas para exposição da dentina e foram aleatoriamente divididos em 4 grupos (n=8), de acordo com modo de aplicação do SAU (Single Bond Universal, 3M ESPE), autocondicionante ou convencional, e da irradiação da superfície com laser de Nd:YAG (100mJ/10Hz) ou não (controle). As superfícies de dentina foram restauradas com resina composta (Filtek™ Z350 XT, 3M ESPE). Após 24 hs, os blocos dentina-resina foram seccionados em amostras em forma de “palitos” (1mm² de área adesiva), os quais foram aleatoriamente divididos conforme o tempo de armazenamento em água (AA) após restauração: 24 horas e seis meses. Os palitos foram submetidos ao teste de microtração em máquina universal de ensaio com velocidade de 0.5mm/min. A análise do MF foi realizada por meio de um esteromicroscópio (30x). Os resultados de RU (MPa) foram submetidos ao teste de ANOVA a três critérios ($\alpha = 0,05$) e os dados de MF a estatística descritiva (%). Não houve interação tripla significativa entre os fatores em estudo ($p = 0,603$). A irradiação com Nd:YAG resultou em valores significativamente maiores de RU ($p = 0,031$), independente do modo de aplicação de SAU ou tempo de AA. RU foi estatisticamente semelhante quando SAU foi empregado no modo convencional ou autocondicionante ($p < 0,001$), tenha sido irradiada ou não a dentina, tanto no tempo 24 horas quanto após 6 meses de AA. A RU foi significativamente reduzida após 6 meses de armazenamento ($p = 0,007$), independentemente se a dentina foi ou não irradiada e da forma pela qual o sistema adesivo universal foi aplicado. Houve predomínio de falhas adesivas em todos os grupos. Conclui-se que o laser de Nd:YAG afetou positivamente a resistência de união do sistema adesivo universal, independente de seu modo de aplicação, à dentina. No entanto, sua aplicação à dentina não promoveu estabilidade da união ao longo dos 6 meses de armazenamento em água.

Palavras-chave: adesivos dentinários, lasers, resistência à tração.**ABSTRACT**

This study evaluated the *in vitro* effect of Nd:YAG laser on bond strength (BS) stability, and failure mode (FM), of a universal adhesive system (UAS) to human dentin, applied in the conventional (CON) or self-etching method (SE). Thirty-two dentine fragments were randomly divided into 4 groups (n = 8), according to the application mode of the UAS (Single Bond Universal, 3M ESPE), SE or CON, and the irradiation with Nd:YAG laser (100mJ/10Hz) or not (control). Dentin surfaces were restored with composite resin (Filtek™ Z350 XT, 3M ESPE). After 24h, samples were obtained in the form of stick-shaped specimens (1mm² area), which were subjected to microtensile BS test immediately or after six months of storage in water (SW). FM analysis was performed using a stereomicroscope (30x). For BS, three-way

ANOVA ($\alpha = 0.05$) demonstrated that there was no significant triple interaction ($p = 0.603$). Irradiation with Nd:YAG resulted in significantly higher BS values ($p = 0.031$), regardless of the application mode of UAS or time of SW. Statistically higher BS was found when UAS was applied in CON mode ($p < 0.001$) and significantly reduced after 6 months of storage ($p = 0.007$). There was predominance of adhesive failures in all groups. It was concluded that the Nd:YAG laser positively affected BS of the UAS, as well as the conventional method of applying UAS. However, there was no stability of the bond.

Keywords: dentin adhesives, lasers, tensile strength.

1 INTRODUÇÃO

Os sistemas adesivos trouxeram mudanças significativas para a prática da odontologia restauradora, pois permitiram uma abordagem minimamente invasiva a qual substituiu preparos cavitários com desgastes excessivos de estrutura dentária, o que acarretava declínio da resistência mecânica do remanescente dentário (Cuevas-Suárez et al., 2019). A eficácia superior dos adesivos atuais desenvolveu procedimentos restauradores estéticos e minimamente invasivos, reforçando o papel da odontologia na saúde e bem-estar dos pacientes (Reis A, et al., 2023)

A adesão ao esmalte foi solucionada através do trabalho desenvolvido por Buonocore, em 1955, que introduziu a técnica do condicionamento ácido do esmalte. A indicação de um ácido fosfórico a 85% por 30 segundos sobre a superfície de esmalte trouxe aumento da resistência adesiva de materiais resinosos, e conseqüentemente, melhor selamento marginal das restaurações de resina composta com margens localizadas em esmalte (Jacker-Guhr S et al., 2019).

Por outro lado, em dentina, a adesão é desafiadora. A integridade da camada híbrida, formada pela rede de fibras colágenas desmineralizadas e infiltradas por monômeros resinosos é um dos fatores responsáveis pela longevidade das restaurações com resina composta. Entretanto, a presença de umidade nos túbulos dentinários favorece a degradação hidrolítica dos polímeros (Chiaraputt et al., 2008), além da ação colagenolítica de enzimas como as metaloproteinases e as cisteíno-catepsinas (Pashley et al., 2004) sobre as fibras de colágeno incompletamente infiltradas pelos monômeros, o que diminui a longevidade da resistência de união. Tem sido reportado que a degradação enzimática ocorre com maior gravidade no caso dos adesivos convencionais. Isso porque a desmineralização provocada pelo ácido fosfórico leva a maior proporção de fibras colágenas não infiltradas por monômero. A biodegradação do colágeno não encapsulado, pela presença da água e enzimas colagenolíticas seria umas das principais causas da diminuição da durabilidade da adesão dentina-resina (Tjaderhane et al.,

2013). Apesar das melhorias dos adesivos, quedas significativas na resistência de união após armazenamento de curto e longo prazo foram observadas em vários estudos. (Reis A, et. al., 2023)

Seguindo a mesma tendência de simplificação da técnica operatória dos sistemas adesivos, surgiram os adesivos universais (Rosa et al., 2015). Possuem o pH maior ou igual a 2,0 e composição semelhante aos adesivos autocondicionantes de uma etapa, porém podem ser utilizados com condicionamento ácido prévio, ou pela técnica de autocondicionamento (Perdigão J, Swift Jr, 2015). Adicionalmente, a maioria dos adesivos universais possuem monômeros funcionais, como o 10-MDP, capazes de se unirem quimicamente ao cálcio da hidroxiapatita, união esta que é forte e estável ao longo do tempo (Yoshida et al., 2004). Estudos como os de Yin, H.et. al., 2022, relatam superioridade dos adesivos universais quanto à resistência de união, quando comparados aos convencionais de 3 passos, e autocondicionantes de 2 passos, em reparos de resina composta.

Dentro ainda de uma abordagem menos invasiva de tratamentos da estrutura dentária, o estudo dos lasers em odontologia vem ganhando importância há décadas e, desde então, vários tipos de lasers têm sido utilizados em tecidos moles bucais e estruturas dentárias com objetivos diferentes. Lasers de alta potência podem ser indicados, de acordo com os parâmetros empregados, para remoção de tecido cariado, condicionamento de esmalte e dentina, redução microbiana de cavidades, prevenção de cárie e controle da hipersensibilidade dentinária (Ariyaratnam et al., 1999). Dentre estes, destaca-se o laser de Neodímio: ítrio-alumínio-granada (Nd:YAG), o qual emite um comprimento de onda de 1064 nm, e a energia irradiada, apesar de parcialmente absorvida pela dentina, ainda é capaz de aquecer o tecido para o ponto de carbonização (600-800°C), e provocar vaporização por micro explosões, fusão da fase mineral e resolidificação (Ariyaratnam, 1999; Franke, et. al., 2006). As alterações morfológicas induzidas pela ablação, como desnaturação dos componentes orgânicos e recristalização da apatita, com fases adicionais de fosfato de cálcio, e oclusão dos túbulos dentinários (Marimoto, et al., 2013, Barcellos et al., 2015 e Gan et. al., 2017) tem um impacto direto em propriedades como menor permeabilidade e maior resistência a ataques ácidos (Ghiggi et al., 2010), o que, conseqüentemente pode ocasionar respostas diversas entre o dente e o material restaurador adesivo (Franke, et. al., 2006). Especialmente para os adesivos que contém o monômero 10-MDP, as mudanças na estrutura mineral da dentina podem favorecer a formação de sais de cálcio, promovendo uma união mais estável ao longo do tempo, que não foi totalmente compreendida até o presente momento.

Adicionalmente, definir as MMPs e dizer que elas causam degradação enzimática da camada híbrida. Nesse sentido, tem sido sugerido que a irradiação com laser de Nd:YAG podem reduzir os níveis séricos de MMPs quando associados a terapia periodontal não cirúrgica, se comparados ao tratamento periodontal não cirúrgico isoladamente (Javed et al., 2016). Assim, desperta-se novas perspectivas para o laser de Nd:YAG como um tratamento de superfície dentinária que poderia favorecer a estabilidade da resistência de união pela possível atuação sobre as MMPs dentinárias.

Tendo em vista o exposto, a avaliação do efeito da irradiação da dentina com laser de Nd:YAG sobre a estabilidade da resistência de união de sistema adesivos universais, aplicados tanto no modo autocondicionante como convencional, se tornam importantes e justificam a condução do presente estudo. A hipótese nula testada foi de que não há diferença na resistência de união à dentina frente a: H01. irradiação do substrato dentinário com o laser Nd:YAG 100mJ/Hz ou não; H02. utilização de um sistema adesivo universal aplicado pelo método convencional ou autocondicionante; H03. armazenamento em água por 24 horas ou seis meses.

2 MATERIAS E MÉTODOS

2.1 SELEÇÃO DOS DENTES E PREPARO DOS FRAGMENTOS DE DENTINA

Foram incluídos na pesquisa trinta e dois terceiros molares humanos hígidos e recém-extraídos, selecionados após aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa Local (CAAE 83597518.8.0000.5374), limpos com cureta periodontal, e mantidos em solução de timol 0,1%, a 4°C, até a realização do estudo. Foram excluídos terceiros molares com lesões cariosas e/ou fraturas coronárias e radiculares.

Os dentes tiveram suas porções oclusais removidas com um disco de corte diamantado de alta concentração (Série 15 HC Buehler Ltd, Lake Bluff, Illinois, EUA) montado em cortadeira elétrica de precisão (Isomet 1000 Precision Diamond Saw (Buehler Ltd, Lake Bluff, Illinois, EUA), sob refrigeração e velocidade constantes. As superfícies foram inspecionadas em lupa estereoscópica (EK3ST (Eikonol Equipamentos Ópticos e Analíticos, São Paulo, SP, Brasil) com aumento de 30 vezes para comprovar a ausência de remanescentes de esmalte.

Em seguida, suas superfícies foram polidas em uma politriz elétrica giratória (Aropol 2V, Arotec, Cotia, SP, Brasil) com lixas d'água de granulação decrescente #600, #1200 sob irrigação constante com água. Estes fragmentos foram mantidos em umidade relativa a 100%, a 4°C até utilização.

2.2 PROCEDIMENTOS ADESIVOS

Os fragmentos de dentina foram divididos aleatoriamente em dois grupos, de acordo com o tratamento realizado na superfície dentinária: irradiação com laser de Neodimium: ítrio-alumínio granada (Nd:YAG) e nenhum tratamento (NT).

Para o grupo LASER, as superfícies de dentina foram irradiadas com um laser Nd: YAG 100 mJ/10 Hz por 20 segundos (Dalkilic et al., 2012) com uma ponta de fibra óptica, escaneando manualmente a superfície dentinária por um único operador.

A seguir, as amostras foram distribuídas em dois grupos, conforme a estratégia de uso do sistema adesivo universal, detalhado na Tabela 1.

Uma restauração de resina composta fotopolimerizável nanoparticulada (Filtek Z350, 3M ESPE, Irvine, CA, USA) foi realizada na superfície da dentina, de acordo a técnica de inserção incremental, sendo cada incremento de 1mm polimerizado por 20 segundos. A fotoativação foi realizada com aparelho de luz LED (Valo LED, Ultradent INC, South Jordan, UT, EUA), operando no modo *standart*, com 1000mW/cm² de irradiância. Foram realizados incrementos de 1 mm de resina composta, totalizando uma altura de 4mm. Os excessos de resina composta foram removidos com auxílio de uma lâmina de bisturi nº15.

2.3 PREPARO DOS ESPÉCIMES PARA MICROTRAÇÃO E ARMAZENAMENTO EM ÁGUA

As restaurações foram armazenadas em água destilada, a 37 °C, por 24 horas e posteriormente seccionadas perpendicularmente à interface adesiva com disco flexível diamantado montado em cortadeira elétrica de precisão, definindo-se amostras em forma de “palitos”, com ângulos retos e dimensões de 0,8 mm². A cada bloco dente-resina composta obtiveram-se, em média, 8 “palitos” que foram distribuídos em dois grupos, conforme o período de execução do teste de microtração: Grupo imediato: Teste dos espécimes 24 horas após a confecção da restauração; Grupo 6 meses: Teste dos espécimes 6 meses após a confecção das restaurações.

Os espécimes testados após 6 meses foram individualmente armazenados em água destilada e deionizada, trocada a cada 2 dias, e mantidos em estufa bacteriológica (Odontobrás, Ribeirão Preto, SP, Brasil) a 37°C.

Antes de serem submetidos ao ensaio mecânico de tração, a área transversal quadrangular de cada palito foi aferida com auxílio de paquímetro digital (Mitutoyo, Tokyo, Japão) e as mesmas individualmente identificadas. Cada palito foi fixado em dispositivo próprio para teste de microtração com auxílio do adesivo instantâneo (Super Bonder em gel, Henkel

Loctite Ltda, São Paulo, SP, Brasil) e subsequentemente submetido ao teste de microtração em Máquina Universal de Ensaio (MEM-2000 model, EMIC, São José dos Pinhais, PR, Brasil) com velocidade de 0,5 mm/min. Os valores obtidos foram anotados em Kgf e posteriormente transformados e expressos em valores de carga/área (MPa). A comparação foi feita pela média dos palitos em cada dente, sendo cada dente considerado uma unidade experimental.

2.4 ANÁLISE DO MODO DE FRATURA

As superfícies dos corpos-de-prova fraturados foram examinadas visualmente em lupa estereoscópica, com aumento de 30 vezes (Eikonol Equip. Ópticos e Analíticos, modelo EK3ST, São Paulo, SP, Brasil) para classificar o tipo de fratura ocorrido. As fraturas puderam ser classificadas em: adesiva (falha de adesão), coesiva em dentina (falha do substrato dental), coesiva em resina (falha da resina composta) ou mista (falha adesiva e coesiva em resina).

2.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Primeiramente, os dados de resistência de união foram avaliados quanto ao atendimento dos requisitos de normalidade e de homocedasticidade, os quais foram atendidos. Então, para a investigação do efeito do laser, do método de aplicação do sistema adesivo universal e do tempo de armazenamento, bem como das interações triplas e duplas entre estes três fatores em estudo, foi empregada a análise de variância a três critérios para medidas repetidas.

Os dados de modo de falha, por sua vez, foram descritos em frequência relativa (%).

Os cálculos estatísticos foram conduzidos nos programas SPSS 23 (SPSS Inc., Chicago, IL, EUA) e BioEstat 5.3 (Instituto Mamirauá, Belém, PA, Brasil), adotando-se o nível de significância de 5%.

3 RESULTADOS

A tabela 2 apresenta as médias e os desvios padrão dos valores de resistência de união à microtração. Pela análise de variância três critérios para medidas repetidas, observou-se que não existiu interação tripla e nem duplas estatisticamente significativas ($p > 0,05$). Assim sendo, foram investigados os efeitos dos fatores principais em estudo.

Nesse processo, como se observa na tabela 3, constatou-se que a irradiação da dentina com laser resultou em valores significativamente maiores de resistência de união do sistema adesivo/resina composta ($p = 0,031$), tenha sido utilizado método de aplicação convencional ou autocondicionante, seja no tempo 24 horas ou 6 meses. Em adição, ao se averiguar o efeito do método de aplicação do sistema adesivo verificou-se que a resistência de união foi superior

quando empregado o método convencional ($p < 0,001$), tenha sido irradiada ou não a dentina, tanto no tempo imediato quanto tardio. Por fim, notou-se que a resistência de união foi significativamente reduzida após 6 meses de armazenamento ($p = 0,007$), independentemente se a dentina foi ou não irradiada e da forma pela qual o sistema adesivo universal foi aplicado.

Com relação ao modo de falha, verificou-se que, seja no tempo imediato ou tardio, a ruptura mais prevalente foi do tipo adesiva, representando de 38% a 89% das falhas.

Os palitos com maior frequência de falha adesiva foram aqueles não irradiados com laser, cujo adesivo universal foi aplicado pelo método autocondicionante, no tempo 24 horas. Neste grupo, e também naquele irradiado e que recebeu o adesivo pelo método autocondicionante após 6 meses, observaram-se as menores taxas de falhas coesivas em dentina. Por outro lado, a condição com a maior proporção de falhas coesivas em dentina foi quando não houve irradiação, se aplicou adesivo universal seguindo o método convencional, no tempo 24 horas. Em resina, falhas coesivas ocorreram em maior frequência no grupo irradiado com laser, que recebeu adesivo universal pelo método autocondicionante, aos 6 meses. Inexistiram falhas coesivas em resina nos grupos controle não irradiados, cujo tratamento da dentina foi pelo método autocondicionante, seja no tempo imediato ou tardio. Ainda se nota que, como o tempo de armazenamento, o grupo não irradiado, que recebeu o tratamento com sistema adesivo universal pelo método convencional foi o que, como o armazenamento, revelou maior aumento no número de palitos com falha adesiva. Em todos grupos (exceto não irradiados, tratados pelo método autocondicionante) a frequência de falhas coesivas em dentina reduziu com o tempo de armazenamento.

4 DISCUSSÃO

Os resultados do presente estudo demonstraram que não existiu interação tripla estatisticamente significativa entre os fatores em estudo (laser, método de aplicação do sistema adesivo universal e tempo de armazenamento; $p = 0,603$). Entretanto, ao se analisar as principais variáveis de estudo isoladamente, verificou-se que o laser de Nd:YAG promoveu valores significativamente maiores de resistência de união do sistema adesivo/resina composta, tenha sido utilizado o método de aplicação convencional ou autocondicionante, no tempo imediato ou 6 meses, e, portanto, a H01 foi rejeitada.

Estes resultados podem ser explicados pelas alterações morfológicas e estruturais promovidas pela irradiação com laser de Nd:YAG. Tem sido demonstrado que o calor e aquecimento induzido promoveu a fusão e recristalização da hidroxiapatita, a remoção da camada de smear layer e das fibrilas de colágeno e oclusão dos túbulos da dentina por fusão

(Gan et. al., 2017). Dada a ausência de fibrilas de colágeno na superfície da dentina irradiada por laser, os polímeros de resina infiltram os microporos de hidroxiapatita desmineralizada, aplicado após o tratamento com o laser, ao invés de matrizes de colágeno desmineralizadas. Este fenômeno levaria à formação de uma relação estável de adesão dentina-resina que seria insusceptível à biodegradação in vivo (Gan et. al., 2017). A recristalização da apatita, com fases adicionais de fosfato de cálcio (Marimoto, et al., 2013, Barcellos et al., 2015), pode tornar o substrato dentinário favorável para os adesivos universais, que contém MDP, pelas ligações químicas à hidroxiapatita que esse componente promove (Yoshida et al., 2004), o que pode ter favorecido o melhor resultado neste grupo. Além disso, tem sido descrito que a irradiação com laser de Nd:YAG promove no substrato um íntimo contato dos adesivos com os tecidos dentinários, possivelmente por um aumento de energia de superfície proporcionado pelo laser de Nd:YAG, com consequente aumento da capacidade de molhamento do adesivo quando comparadas as superfícies não irradiadas e não condicionadas com ácido (Armengol et al., 2003; Castro et al., 2012).

Apesar dos resultados do presente trabalho, a literatura diverge quanto aos benefícios da irradiação com laser de Nd:YAG, havendo estudos que demonstraram efeitos negativos sobre a resistência de união (Gonçalves, et al., 1999, Franke, et al., 2006. Barcellos et al., 2015) Estes estudos apontam que as fibrilas de colágeno se tornam desnaturadas e fundidas pós-irradiação, o que, associado a obliteração tubular, provavelmente limita a infiltração de resina à dentina intertubular e enfraquecem a resistência de união da dentina. No entanto, é válido ressaltar que variação dos parâmetros utilizados dos lasers, assim como a diversificação dos métodos de tratamento adesivo dentinário nos vários estudos podem justificar resultados distintos quanto a resistência e estabilidade de união.

Com relação ao modo de aplicação do sistema adesivo universal, o presente estudo demonstrou que não houve diferença estatística entre as estratégias convencional e autocondicionante, independente do tratamento de superfície e tempo de armazenamento. Portanto, a H02 foi aceita. Este resultado difere de alguns apontados na literatura, os quais indicam que, em substrato dentinário, tem sido verificada maior eficácia dos adesivos universais quando utilizados pelo método autocondicionante (Perdigão et al., 2015; Rosa, et al., 2015). O primer, de acidez suave e muito suave, ou seja, com pH maior ou igual a 2,0, promove uma menor desmineralização, e infiltração simultânea do monômero hidrofílico na dentina, impedindo a formação de camada de colágeno desprotegida na base da camada híbrida (Van Meerbeek et al, 2011). Adicionalmente, haveria uma uniformidade, e ligações adesivas mais estáveis em soluções aquosas, pela presença do monômero 10-MDP (Yoshida et al., 2004), que

tem a capacidade de ligação química entre os componentes adesivos e os íons cálcio da hidroxiapatita residual. Já na estratégia convencional, a interação química 10-MDP/Cálcio pode ser desfavorecida, já que o condicionamento prévio com ácido fosfórico em dentina removeria o cálcio necessário para interação com 10-MDP, o que poderia prejudicar o potencial de adesão química (Perdigão, et al., 2015). No entanto, no presente trabalho não se evidenciou influência da estratégia adesiva. Alguns estudos sugerem que um composto presente nesse adesivo, um copolímero de ácido polialquenoico, também funciona promovendo adesão química ao cálcio, a assim, influenciaria negativamente na resistência de união, pela disputa com o 10-MDP pelo conteúdo mineral (Muñoz et al., 2013; Arinelli et al., 2016). Ainda, um estudo de meta-análise (Rosa et al., 2015) demonstrou que há uma substancial heterogeneidade quanto aos resultados de resistência de união para os diferentes sistemas adesivos universais suaves, de acordo com a método de aplicação à dentina.

Com relação ao tempo, houve redução significativa da resistência de união após 6 meses de armazenamento em água ($p = 0,007$), o que leva a rejeição de H03. Este resultado pode estar relacionado ao fenômeno da sorção de água que ocorre com o passar do tempo, induzindo um aumento no volume de resina e rompendo as ligações adesivas na interface de restauração dentária. Essa sorção de água pode ter sido agravada pelo fato de que os espécimes do estudo foram armazenados em forma de “palitos”, com área adesiva reduzida, o que facilita difusão da água, e acelera a degradação da interface adesiva. Além disso, a deficiente evaporação do solvente durante a aplicação do adesivo pode determinar a separação das fases e uma menor taxa de polimerização, resultando na formação de interfaces enfraquecidas, com crescente suscetibilidade da camada adesiva à degradação ao longo do tempo (Pashley e Tay, 2001). A redução significativa da resistência de união após armazenamento em água por períodos de seis e doze meses são achados frequentes de estudos relevantes (Pashley e Tay, 2001; Barcellos, et al., em 2015).

Os resultados do presente trabalho, no entanto diferem de alguns encontrados na literatura, que observaram, ao comparar a resistência de união frente a utilização de duas estratégias adesivas para aplicação de adesivos universais e o tempo de armazenamento, maior estabilidade e menores quedas médias na resistência de união após o envelhecimento de resistência de união para aqueles grupos em que o sistema adesivo foi aplicado no método autocondicionante (Cardoso et al., 2019). No entanto, clinicamente não são evidenciadas diferenças significativas na qualidade das restaurações realizadas com o mesmo sistema adesivo

universal testado no presente estudo, independente deste ter sido aplicado na estratégia convencional ou autocondicionante (Perdigão et al., 2015).

O declínio dos valores médios da resistência de união após seis meses de armazenamento em água pode sugerir, portanto, uma significativa influência da degradação hidrolítica. De fato, houve aumento das falhas adesivas para todos os grupos avaliados, exceto para o grupo controle, sem irradiação, com adesivo aplicado no modo autocondicionante, em que com o tempo observou-se diminuição do número de falhas adesivos e aumento das coesivas em dentina. Assim, possíveis efeitos que o laser de Nd:YAG possam ter sobre MMPs dentinárias tornam-se meramente especulativos, apesar de estudos prévios (Javed et al., 2016) relatarem redução dos níveis séricos das MMPs. Desta forma, se evidencia a necessidade de mais estudos a serem conduzidos sobre a influência que as alterações morfológicas e químicas observadas após pré-tratamento dentinário com Nd :YAG possam ter na degradação enzimática da camada adesiva.

5 CONCLUSÃO

Conclui-se que o laser de Nd:YAG afetou positivamente a resistência de união do sistema adesivo universal, independentemente de seu modo de aplicação, à dentina. No entanto, não promoveu estabilidade da união ao longo dos 6 meses de armazenamento em água.

Os autores declaram que não há conflitos de interesse.

REFERÊNCIAS

- Arinelli AMD, Pereira KF, Prado NAS, Rabello TB. Sistemas adesivos atuais. *Rev. bras. odontol.*, Rio de Janeiro, v. 73, n. 3, p. 242-46, jul./set. 2016.
- Ariyaratnam MT, Wilson MA, Blinkhorn AS. An analysis of surface roughness, surface morphology and composite/dentin bond strength of human dentin following the application of the Nd: YAG laser *Dental Materials*. 1999; 15(4): 223-228.
- Armengol V, Laboux O, Jean A, Hamel H. Effects of Er: Yag and Nd:Yag laser irradiation of the surface roughness and free surface energy of enamel and dentin: an in vitro study. *Oper Dent*. 2003;(28): 67-74.
- Barcellos DC, Batista GR, Pucci CR, Persici ES, Borges AB, Torres CRG, Fonseca BM, Gonçalves SEP. Longitudinal Evaluation of Bond Strength to Enamel of Dental Adhesive Systems Associated with Nd:YAG Laser. *Operative Dentistry*. 2015; 40(3):122-131.
- Cardoso GC, Nakanishi L, Isolan CP, Jardim PS, Moraes R R. Bond Stability of Universal Adhesives Applied To Dentin Using EtchAnd-Rinse or Self-Etch Strategies. *Braz. Dent. J.*, 2019; 30(5):467-475.
- Castro LA, Andrade MF, Hebling J, Lizarelli RFZ. Nd: YAG Laser irradiation of Etched/Unetched Dentin Through na Uncured two-step Etch-and-rinse adhesive and its effect on microtensile bond strenght. *J Adhes Dent*. 2012; (14): 137-147.
- Chiaraputt, S, Roongrujimek P, Sattabanasuk V, Panich N, Harnirattisai A, Senawongse P. Biodegradation of all-in-one self-etch adhesive systems at the resin-dentin interface. *Dental Materials Journal* 2011; 30(6): 814–826
- Cuevas-Suárez CE, Rosa WLO, Lund RG, Silva AF, Piva E. Bonding Performance of Universal Adhesives: An Updated Systematic Review and Meta-Analysis. *J Adhes Dent*. 2019; 21(1):7-26.
- Dalkilic, EE, Arisu, HD, Kivanc, BH. Effect of diferente desinfectant methods on the initial microtensile resistance of a self-etching adhesive. *Lasers Med. Sci*. 2012; 27: 809-825.
- Franke M, Taylor AW, Lago A, Fredel MC. Influence of Nd:YAG Laser Irradiation on an Adhesive Restorative Procedure. *Operative Dentistry*. 2006; 31(5): 604-609.
- Gan S, Liu L, Zhou Y, Wang J, Guo C, Huang. Effect of Nd:YAG Laser Irradiation Pretreatment on the Long-Term Bond Strength of Etch-and-Rinse Adhesive to Dentin. *Oper. Dent*. 2017; 42 (1): 62-72.
- Ghiggi PC, Rhuy Jacob JC, Burnett Junior LH, Borges, GA, Spohr, AM. Effect of the Nd:YAG and the Er:YAG Laser on the Adhesive–Dentin Interface: A Scanning Electron Microscopy Study. *Photomedicine and Laser Surgery*. 2010; 28, (2): 195-200.
- Gonçalves SE, de Araujo MA, Damião AJ, Dentin bond strength influence of laser irradiation acid etching and hypermineralization. *J. Clin. Laser Med. Surg*. 1999;17(2):77-85.
- Jacker-Guhr S, Sander J, Luehrs AK. How "universal" is adhesion? Shear strength of multimode adhesives for enamel and dentin. *J Adhes Dent*. 2019; 21 (1): 87-95.

Javed F, Kellesarian SV, Al-Kheraif AA, et al. Effect of Nd:YAG laser-assisted non-surgical periodontal therapy on clinical periodontal and serum biomarkers in patients with and without coronary artery disease: A short-term pilot study. *Lasers Surg Med.* 2016;48(10):929-935.

Marimoto, A.K., Cunha, L.A., Yui, K.C.K, Huhtala, M.R., Barcellos, D.C., Prakki, A., Goncalves, S. Influence of Nd:YAG Laser on the Bond Strength of Self-etching and Conventional Adhesive Systems to Dental Hard Tissues. *Operative Dentistry*, 2013, 38-4, 447-455.

Muñoz MA, Luque I, Hass V, Reis A, Loguercio AD, Bombarda NHC. Immediate bonding properties of universal adhesives to dentine. *J Dent.* 2013;41(5):404-11.

Tjäderhane L, Tersariol IL. Cysteine cathepsins in human carious dentin. *J Dent Res.* 2011; 90(4):506-511.

Pashley DH, Tay FR. Aggressiveness of contemporary self-etching adhesives. Part II: Etching effects on unground enamel *Dental Materials.* 2001; 17(5) 430-444.

Pashley DH, Tay FR, Yiu C, Hashimoto M, Breschi L, Carvalho RM, Ito S. Collagen degradation by host-derived enzymes during aging. *J Dent Res.* 2004;83(3):216-221.

Perdigão J, Swift Jr EJ. Universal Adhesives. *J Esthet Restor Dent.* 2015;27(6):331-4.

Reis A, Loguercio AD, Favoreto M, Chibinski AC. Some Myths in dentin bonding: an evidence-based perspective. *J Dent Res.* 2023; 102(4): 376-382.

Rosa WL, Piva E, Da Silva AF, Bond strength of universal adhesive: A systematic review meta-analysis. *Journal of dentistry*, 2015;(43):765–776.

Tjäderhane L, Nascimento FD, Breschi L, Mazzoni A, Tersariol IL, Geraldeli S, Tezvergil-Mutluay A, Carrilho M, Carvalho RM, Tay FR, Pashley DH. Strategies to prevent hydrolytic degradation of the hybrid layer-A review. *Dent Mater.* 2013 Oct;29(10):999-1011.

Van Meerbeek B, Yoshihara K, Yoshida Y, Mine A, De Munck J, Van Landuyt KL. State of the art of self-etch adhesives. *Dental Materials* 2011; 27:17–28. 2.

Yin H, Kwon S, Chung SH, Kim RJY. Performance of Universal Adhesives in composite resin repair. *Biomed Res Int.* 2022; 9; 2022:7663490

Yoshida Y, Nagakane K, Fukuda R, Nakayama Y, Okazaki M, Shintani H, et al. Comparative study on adhesive performance of functional monomers. *J of Dent Res.* 2004; 83(6): 454-458.

ANEXOS

Tabela 1. Materiais, composição e modo de aplicação.

Material Fabricante/Lote	Parâmetros de irradiação/ Composição	Modo de aplicação
Laser Nd:YAG (Power Laser™, ST6, Lares Research®, Chico, CA, Estados Unidos)	Luz laser com comprimento de onda de 1064 nm	Aplicação com 100 mJ/10 Hz por 20s com uma ponta de fibra óptica escaneando a superfície da dentina
Ácido fosfórico Scotchbond Etchant (3M ESPE, St. Paul, MN, EUA) #775	Ácido fosfórico	Nas amostras tratadas pela estratégia convencional, foi realizada aplicação por 15s na superfície dentinária, lavagem com água e secagem com papel absorvente.
Sistema adesivo universal Single Bond Universal (3M ESPE, St. Paul, MN, EUA) #1814800240	HEMA; BISGMA; etanol; água; MDP; copolímero de acrílico e ácido itacônico; CQ; N, N-dimetilbenzocáina	Aplicação por 20s, de forma ativa, seguida de um leve jato de ar por 5s, e fotopolimerização por 10 segundos.
Resina Composta nanoparticulada Filtek™ Z350 XT (3M ESPE St. Paul, MN, EUA) #1906600185	BISGMA BISEMA UDMA TEGDMA	Quatro camadas de 1 mm, totalizando uma altura de 4 mm. Cada incremento de 1 mm foi fotoativado por 20 com unidade fotopolimerizadora de LED, operando com irradiância de 1000mw/cm ² .

Legenda: MDP (1,10-decanodiol fosfato metacrilato); BISGMA (Bisfenol A-Glicidil Metacrilato); BISEMA (Bisfenol A Dimetacrilato Etoxilado); TEGDMA (Trietilen Glicol Dimetacrilato); UDMA (Uretano Dimetacrilato).

Tabela 2 – Valores médios e desvios padrão dos valores de resistência de união (MPa), imediata e em longo prazo, entre a dentina irradiada ou não com laser e restaurações em resina composta confeccionadas com sistema adesivo universal, aplicado pelo método convencional ou autocondicionante.

Método aplicação sistema	Nd:YAG		Controle	
	24 horas	6 meses	24 horas	6 meses
Convencional	49,80 (12,37)	35,38 (11,56)	42,20 (12,01)	40,09 (9,56)
Autocondicionante	39,61 (8,90)	29,36 (7,25)	25,70 (11,66)	22,09 (4,12)

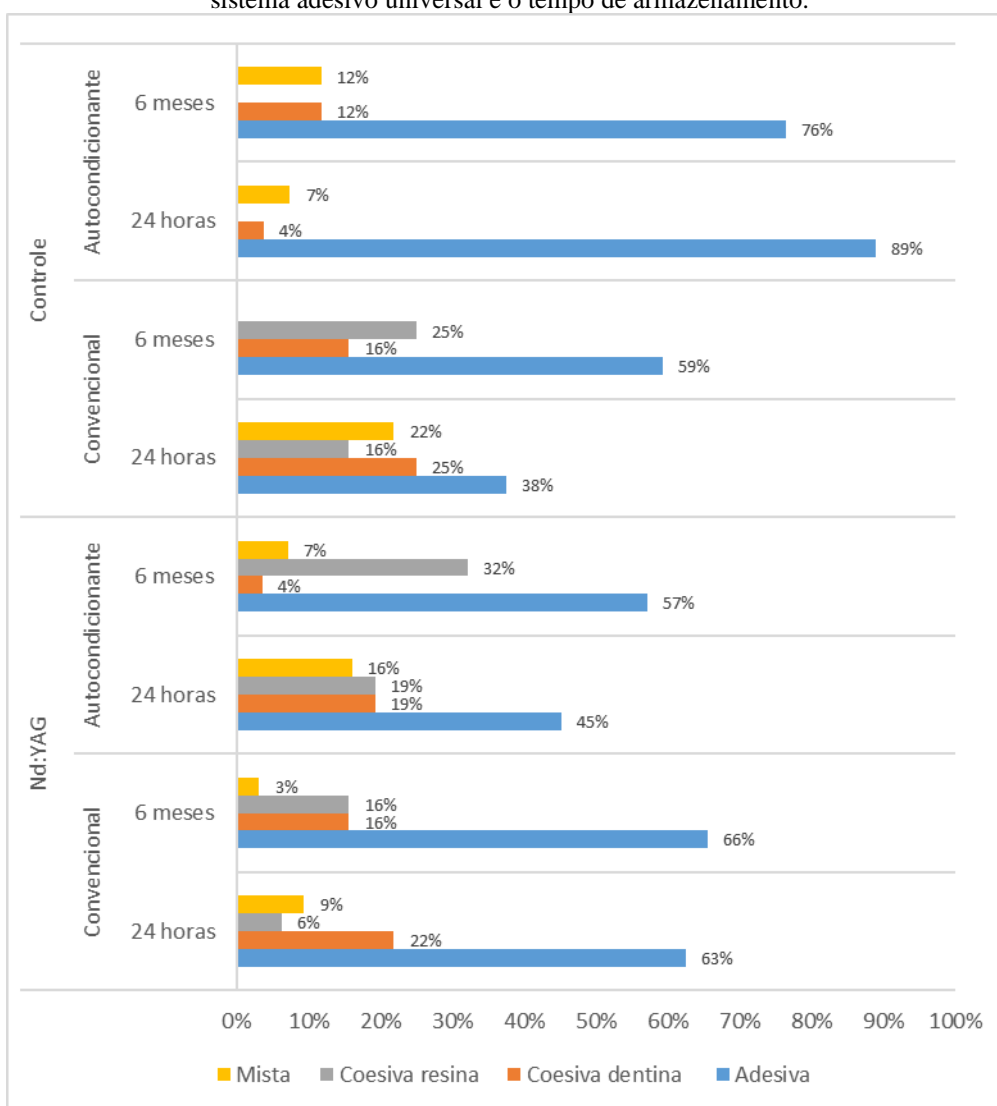
Fonte: Autores

Tabela 3 – Valores médios e desvios padrão da resistência de união (MPa), segundo cada fator em estudo.

Fator em estudo	Resistência de união
Laser (independentemente do método de aplicação do sistema adesivo e do tempo)	Laser 38,83 (12,34) A Nenhum tratamento 33,88 (12,99) B
Método de aplicação do sistema adesivo (independentemente de haver ou não irradiação com laser e do tempo)	Convencional: 41,87 (12,08) A Autocondicionante: 30,10 (10,63) B
Tempo de armazenamento (independentemente de haver ou não irradiação com laser e do método de aplicação do sistema adesivo)	24 horas: 39,77 (13,77) A 6 meses: 32,85 (10,70) B

Legenda: Médias seguidas por letras maiúsculas distintas indicam diferença estatisticamente significativa entre grupos, considerando-se separadamente cada fator em estudo.

Gráfico 1 – Diagrama de barras da frequência dos modos de falhas, segundo o laser, o método de aplicação do sistema adesivo universal e o tempo de armazenamento.



Fonte: Autores