

UNIVERSIDADE NOVE DE JULHO
DEPARTAMENTO DE BIOFOTÔNICA APLICADA ÀS CIÊNCIAS DA SAÚDE

AVALIAÇÃO DO TRATAMENTO SUPERFICIAL COM
LASER DE CO₂ ULTRAPULSADO E SISTEMA ADESIVO
UNIVERSAL E ENVELHECIMENTO DE RESINAS
COMPOSTAS NA RESISTÊNCIA DE UNIÃO APÓS REPARO

ALEXANDRE MORAIS

2021

AVALIAÇÃO DO TRATAMENTO SUPERFICIAL COM
LASER DE CO₂ ULTRAPULSADO E SISTEMA ADESIVO
UNIVERSAL E ENVELHECIMENTO DE RESINAS
COMPOSTAS NA RESISTÊNCIA DE UNIÃO APÓS REPARO

Alexandre Morais

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em
Biofotônica Aplicada as Ciências da Saúde da
Universidade Nove de Julho como cumprimento das
exigências da Universidade para obtenção do Título
de Doutor.

Orientadora: Prof^a Dr^a Sandra Kalil Bussadori

2021

Morais, Alexandre.

Avaliação do tratamento superficial com laser de CO₂ ultrapulsado e sistema adesivo universal e envelhecimento de resinas compostas na resistência de união após reparo. / Alexandre Moraes. 2021.

36 f.

Tese (Doutorado) - Universidade Nove de Julho - UNINOVE, São Paulo, 2021.

Orientador (a): Prof^a. Dr^a. Sandra Kalil Bussadori.

1. Reparo em resina composta. 2. Estética dental. 3. Laser CO₂. 4. Envelhecimento de reparo em resina composta.

I. Bussadori, Sandra Kalil II. Título.

CDU 615.831

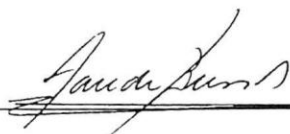
São Paulo, 16 de abril de 2021.

TERMO DE APROVAÇÃO

Aluno (a): Alexandre Morais

Título da Tese: "Efeito do tratamento de superfície com laser de CO² ultrapulsado e adesivo universal na resistência de união de reparos em resina composta após um ano".

Presidente: PROF^a. DR^a. SANDRA KALIL BUSSADORI



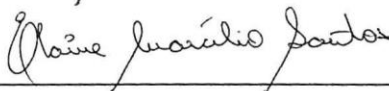
Membro: PROF^a. DR^a. ANNA CAROLINA RATTO TEMPESTINI HORLIANA



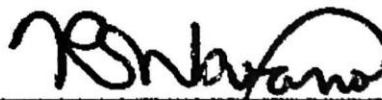
Membro: PROF^a. DR^a. LARA JANSISKI MOTTA



Membro: PROF^a. DR^a. ELAINE MARCÍLIO DOS SANTOS



Membro: PROF. DR. RICARDO SCARPARO NAVARRO



Dedico este trabalho aos meus pais Carlos e Lurdes Morais que, sendo meu porto seguro, nunca deixaram de acreditar em mim.

À minha irmã Erika pelo carinho e amor, mesmo que à distância.

Às minhas filhas, Júlia e Luiza, por serem as pequenas adultas que têm me mostrado a paternidade como um ensinamento.

A minha esposa, Jacqueline por ser uma parceira incansável dessa jornada chamada vida.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar a Deus que, ao Seu tempo, permitiu que tudo se concretizasse, ao longo de minha vida, concedendo saúde, discernimento e fé para superar todas as dificuldades encontradas ao longo desta trajetória.

À minha mãe, Maria de Lurdes Morais, por sempre me transmitir leveza, nunca me deixar sem uma palavra de incentivo e por seu amor e apoio incondicionais.

Ao meu pai, Carlos Antonio Morais, por me acalmar e, sempre estando ao meu lado, me motivando a buscar os melhores resultados.

Às minhas filhas, Júlia e Luiza, por me apoiarem e compreenderem, mesmo que inconscientemente, em muitos momentos que precisei estar ausente e por serem o motivo de nossas lutas.

À minha esposa, Jacqueline, por me ensinar a ter paciência e relevância em grande parte de minhas preocupações. Sempre demonstrando uma evolução espiritual na arte de selecionar o que deve ser motivo de real preocupação.

Ao meu companheiro de pesquisa, prof^o Dr. Pedro Cabral, pela colaboração, elaboração dos experimentos, empenho e dedicação para o bom desempenho e desenvolvimento deste trabalho.

Ao meu amigo prof^o Dr. André Guaraci De Vito Moraes, primeiramente pela amizade sedimentada na cumplicidade e no trabalho, e também pela colaboração na organização, pesquisa e ajustes finais desse trabalho.

À minha querida, solícita e competente amiga prof^a Dra. Ravana Sfalcin por toda ajuda de pesquisa, formatação e organização para o artigo científico.

A minha orientadora Prof^a. Dra. Sandra Kalil Bussadori, por sua amizade, confiança, eficiência, paciência, conhecimento, inspiração científica e pela brilhante orientação deste estudo.

Ao Laboratório de Biomateriais da USP-SP e ao professor Doutor Paulo Francisco César, pela disponibilização do laboratório e pela imensa contribuição para a realização deste estudo.

À professora Doutora Maria Cristina Xavantes, da Universidade Nove de Julho, pelo auxílio e parceria do aparelho de laser.

A Universidade Nove de Julho por proporcionar a oportunidade de desenvolvimento deste projeto.

E por fim, à todos os colegas que, de alguma forma, foram imprescindíveis para o desenvolvimento e finalização do projeto.

Expresso à todos meus sinceros agradecimentos.

“Todas as vitórias ocultam uma abdicação.”

Simone de Beauvoir

RESUMO

A demanda por restaurações estéticas tem aumentado vertiginosamente. As resinas compostas são os materiais mais indicados e utilizados para tais reconstruções. Elas são utilizadas nas técnicas diretas, indiretas ou semi-diretas. Apesar de toda vantagem estética, técnica adesiva, dissipação de tensões geradas pela mastigação e tratamento conservador, as resinas tendem a sofrer degradação ao longo do tempo diminuindo assim sua longevidade. Com o surgimento de descoloração do material, fratura ou mesmo o desgaste, o profissional encontra-se na dúvida sobre a substituição ou o reparo dessa restauração. A substituição sempre foi a opção mais utilizada. Porém, quando se tem um envolvimento pontual desse problema sem haver comprometimento da camada adesiva, o reparo pode ser uma alternativa biológica e financeira. Havendo apenas a colagem de uma nova camada sobre a restauração pré-existente apenas na região comprometida pela falha, permitindo-se assim que o profissional pratique uma Odontologia Minimamente Invasiva. Foram confeccionados 36 blocos de resina composta (Vitre_FGM), sendo 06 blocos para cada grupo, onde foram simuladas falhas e, posteriormente as superfícies foram preparadas para receberem os devidos tratamentos. Um grupo não recebeu tratamento algum (Grr) e em sua superfície foram realizados Reparos em resina composta. No grupo Gar foi aplicado um Adesivo universal + Resina de reparo. No grupo Gsa foi aplicado Silano + Adesivo universal + Resina de reparo. No grupo Glsa foi aplicado Laser CO2 + Silano + Adesivo universal + Resina de reparo. No grupo Gla foi aplicado Laser CO2 + Adesivo universal + Resina de reparo. No grupo Gls foi aplicado Laser CO2 + Silano + Resina de reparo. (Silano: Mono Bond-S, Ivoclar Vivadent / Sistema Adesivo Universal: Ambar Universal_FGM / Laser CO2: Ultralase 30, com comprimento de onda de 10.600nm). Os espécimes foram fatiados para a obtenção de palitos para a realização de teste de microtração. Os palitos foram armazenados em água destilada a 37°C por um ano. Após esse período foi realizado o teste de microtração dos espécimes. Foi possível concluir que o tratamento macromecânico da superfície de reparo aumenta a resistência de união dos reparos. A utilização de adesivos universais ou agentes de união silano associados ou não também contribuem para o aumento da resistência de união dos reparos realizados com resina composta.

Palavras chave: Reparo em resina composta, estética dental, Laser CO2, Envelhecimento de reparo em resina composta.

ABSTRACT

The demand for aesthetic restorations has skyrocketed. Composite resins are the most suitable materials used for such reconstructions. They are used in direct, indirect or semi-direct techniques. Despite all the aesthetic advantage, adhesive technique, dissipation of tensions generated by chewing and conservative treatment, resins tend to suffer degradation over time, thus reducing their longevity. With the appearance of discoloration of the material, fracture or even wear, the professional is in doubt about the replacement or repair of this restoration. Replacement has always been the most used option. However, when there is a specific involvement of this problem without compromising the adhesive layer, the repair can be a biological and financial alternative. There is only the gluing of a new layer over the pre-existing restoration only in the region compromised by the failure, thus allowing the professional to practice Minimally Invasive Dentistry. Composite resin blocks were made where failures were simulated, and later the surfaces were prepared to receive the appropriate treatments. One group did not receive any treatment (Grr) and on its surface repairs were made to composite resin. In the Gar group, a universal adhesive + repair resin was applied. In the Gsa group, Silane + Universal adhesive + Repair resin was applied. In the Glsa group, laser CO₂ + silane + universal adhesive + repair resin was applied. In the Gla group, CO₂ laser + universal adhesive + repair resin was applied. In the GlS group, laser CO₂ + silane + repair resin was applied. The specimens were sliced to obtain toothpicks for the microtensile test. The toothpicks were stored in distilled water at 37°C for one year. After this period, the microtensile test of the specimens was performed. It was possible to conclude that the macromechanical treatment of the repair surface increases the bond strength of the repairs. The use of universal adhesives or silane bonding agents associated or not also contributes to the increase in the bond strength of repairs made with composite resin.

Key words: Repair in composite resin, dental aesthetics, CO₂ laser, Aging repair in composite resin

SUMÁRIO

1. CONTEXTUALIZAÇÃO.....	12
2. OBJETIVO.....	18
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	19
3.1 PREPARO DO BLOCO PADRÃO.....	19
3.2 TRATAMENTO DA SUPERFÍCIE DE FALHA.....	20
3.3 CONFECÇÃO DO REPARO.....	21
3.4 ENSAIO DE MICROTRAÇÃO.....	21
3.5 ANÁLISE DO PADRÃO DE FRATURA.....	22
3.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	22
4. RESULTADOS.....	24
4.1 AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA DE UNIÃO.....	24
4.2 AVALIAÇÃO DO PADRÃO DE FRATURA.....	26
5. DISCUSSÃO.....	28
6. CONCLUSÃO.....	34
7. BIBLIOGRAFIA.....	35

1. CONTEXTUALIZAÇÃO

Em sociedades competitivas econômica e socialmente como são as atuais, o bem-estar físico, psíquico e social tornou-se uma necessidade e, com isso, a demanda por restaurações estéticas tem aumentado vertiginosamente.

As resinas compostas surgiram há mais de 50 anos e seu uso como material restaurador direto definitivo está em ascensão justamente devido às suas propriedades estéticas que permitem mimetizar as características ópticas da estrutura dental, além de sua capacidade de adesão aos tecidos dentais que possibilita preservar estrutura dental sadia. Atualmente, discussões sobre a toxicidade do amálgama e sua estética desfavorável fomentam o receio e a recusa dos pacientes em aceitar essas restaurações metálicas, favorecendo o emprego das resinas compostas.

As resinas compostas convencionais, também chamadas de compósitos, apresentam três componentes fundamentais: uma porção orgânica formada por uma matriz resinosa caracterizada por um conjunto de monômeros metacrilatos, tais como o Bis-GMA (bisfenol A glicidil dimetacrilato), o TEGDMA (trietileno glicol dimetacrilato), o UDMA (uretano dimetacrilato) e o Bis-EMA (bisfenol A dimetacrilato etoxilado)¹. Esses monômeros são usados em substituição ao metil metacrilato (MMA) com o objetivo de aumentar o peso molecular dos componentes da matriz resinosa produzindo uma consistência mais modelável e, principalmente, uma menor contração durante a polimerização. Há ainda uma porção inorgânica constituída por partículas de carga (quartzo, sílica coloidal e vidros) e, por fim, um agente de união, o silano, capaz de unir quimicamente as partículas de carga à matriz resinosa, conferindo estabilidade ao material².

A resina composta está indicada, principalmente, para restaurações definitivas diretas em dentes anteriores e posteriores. Em dentes anteriores, podem ser utilizadas para restaurações em cavidades classe III, IV e V. Também são utilizadas para confecção de facetas estéticas diretas, quando se objetiva corrigir o formato, o alinhamento, manchas/alterações de cor ou para fechamento de diastemas (espaços proximais). Em dentes posteriores, para os quais também poderia ser utilizado o amálgama, as principais indicações são para a confecção de restaurações diretas em cavidades classes I e II, com evidentes vantagens em relação a estética e aos preparos cavitários conservadores. Como a resina composta adere à estrutura dental através do uso de um sistema adesivo, não necessita da criação de configurações cavitárias que favoreçam a retenção mecânica do

material restaurador ao preparo da cavidade, o que permite conservar estrutura dental sadia.

Atualmente, as resinas são ainda bastante indicadas para a confecção de restaurações mais extensas utilizando a técnica semi-direta, na qual a restauração é confeccionada sobre um modelo (fora da boca) pelo próprio cirurgião-dentista e, posteriormente, cimentada sobre o dente preparado. Nesta técnica tem-se empregado para confecção do modelo um silicone para modelos devido à sua facilidade de manipulação e tempo de presa reduzido.

Também podem ser empregadas na construção de restaurações indiretas confeccionadas manualmente pelo protético ou ainda, através do fluxo digital com auxílio de um sistema CAD-CAM. Nas técnicas semi-direta e indireta as resinas apresentam uma polimerização adicional que otimiza as propriedades mecânicas do material.

Podem ainda serem indicadas como selantes de cicatrículas e fissuras, especialmente as resinas flow, além de constituírem-se como matéria-prima para a fabricação de cimentos resinosos indicados para cimentação de próteses, cimentos ortodônticos e cimentos para obturação endodôntica.

Como possuem menor módulo de elasticidade em relação às cerâmicas odontológicas, devem ser utilizadas em restaurações de dentes anteriores ou posteriores em pacientes com hábitos parafuncionais como o bruxismo ou apertamento dental, evitando assim, o desgaste dos tecidos dentais naturais antagonistas do paciente. O menor custo em relação às cerâmicas odontológicas é também um fator de escolha importante quando a reabilitação é necessária, embora o paciente não possa arcar com o valor do tratamento com cerâmicas.

Portanto, fica evidente a versatilidade das resinas compostas utilizadas em odontologia. É, sem dúvidas, o material restaurador mais utilizado hoje em dia pelos clínicos.

As resinas compostas têm sido consideradas o principal material restaurador atualmente, tanto para dentes anteriores quanto em posteriores e seu uso é amplamente difundido e indicado devido aos avanços alcançados pelo material durante a evolução da odontologia adesiva, desde o advento do condicionamento ácido do esmalte dental, preconizado por Buonocore³, passando, na década de 1960, pela introdução das resinas compostas no conjunto de materiais restauradores utilizados na terapêutica odontológica⁴.

Os sistemas restauradores resinosos permitem a confecção de restaurações minimamente invasivas, devido a união do material restaurador polimérico aos tecidos

dentais, o que minimiza a ocorrência de restaurações extensas e indiretas. Além disso, por serem unidas aos tecidos constituintes dos dentes reforçam a estrutura dental remanescente, funcionando como uma única estrutura e permitindo a distribuição de tensões geradas pelas forças mastigatórias incidentes à coroa dental, de forma axial por todo o elemento dental.

As restaurações adesivas funcionam como se o remanescente dental e a resina fossem um único substrato, dissipando as tensões geradas pela mastigação e preservando a estrutura dental e a integridade da restauração.

Apesar das vantagens descritas, as resinas compostas tendem a sofrer degradação ao longo do tempo diminuindo sua longevidade. Os principais problemas detectados pelos clínicos são o desgaste, a descoloração, a fratura da restauração ou a fratura do remanescente dental e a microinfiltração. Quando a pigmentação marginal for detectada é provável que tenha ocorrido a microinfiltração marginal devido à degradação da interface adesiva. E quando a camada adesiva falha, pode ocasionar a fratura do remanescente dental, justamente pela ausência de adesão da resina composta às paredes da cavidade. A microinfiltração também traz como consequências o desenvolvimento da cárie secundária devido à permeação de fluidos e microrganismos para o espaço gerado entre a restauração e às paredes da cavidade, além da sensibilidade dentinária devido à desobliteração dos túbulos dentinários. Nessas situações, caberá ao dentista realizar a substituição da restauração.

No entanto, quando o desgaste das resinas, a descoloração do material ou a fratura da restauração ocorrer, o dentista estará diante de problemas relacionados à degradação da rede polimérica que constitui o material.

Como fica evidente, as restaurações dentárias poliméricas tendem a ter uma vida útil limitada e estão sujeitas a falhas. Fatores biológicos, químicos ou mecânicos podem estar envolvidos na falha do compósito, gerando a necessidade de sua substituição⁵. Quando restaurações inadequadas requerem intervenção, os profissionais se veem diante de um dilema: são questionados sobre a substituição completa do material restaurador ou o reparo da restauração⁶. A remoção completa é necessária se as restaurações não satisfizerem os rígidos requisitos de qualidade ou se a degradação da interface adesiva for diagnosticada.

As falhas do material restaurador resinoso ocorrem por influência de diversos fatores, tais como: a localização da restauração, sua dimensão ou a distribuição das forças

mastigatórias. Entretanto, o reparo é possível somente se houver a manutenção da integridade marginal.

Portanto, nos últimos anos tem havido uma mudança na postura do cirurgião-dentista, com o propósito de reparar as restaurações que apresentem sinais de degradação da rede polimérica ou uma fratura, como alternativa à remoção completa do material. Existem razões financeiras e biológicas para que se mantenha a parte íntegra da restauração existente. Isso inclui a redução de custos, o desgaste inevitável e desnecessário do remanescente dental e a prevenção de traumas à polpa dental^{7 8}.

Então, quando forem diagnosticados problemas pontuais como o desgaste mecânico em uma determinada região da restauração ou fratura da resina diante da concentração de tensões não axiais sem, no entanto, haver o comprometimento da camada adesiva talvez a conduta mais adequada a ser tomada pelo cirurgião-dentista seria a realização de um reparo. Ou será que a substituição completa da restauração é ainda inevitável?

Alguns estudos já realizados demonstram que é possível a realização de reparos quando a resina composta falha^{9 10}, uma vez que o acompanhamento, ao longo do tempo, de reparos realizados em restaurações resinosas demonstraram a efetividade desse procedimento na manutenção da integridade das restaurações.

A Odontologia de intervenção mínima tem o objetivo de limitar a remoção desnecessária da estrutura dental saudável. Estudo desenvolvido por Frencken e colaboradores mostrou que restaurações reparadas em dentes permanentes têm a mesma ou maior longevidade que as restaurações que foram substituídas completamente.

Entende-se como reparo a substituição apenas da região comprometida da restauração confeccionada em resina composta, por uma nova e recém inserida porção de resina composta. Nessa situação, coloca-se a nova porção em íntimo contato com a resina fotopolimerizada já existente na restauração, mantendo intacta toda a extensão da restauração não comprometida pela falha.

A grande vantagem da realização dos reparos é a preservação da estrutura dental sadia, uma vez que é possível evitar, com esse procedimento, a substituição total da restauração. Sempre que o clínico optar por substituir completamente a restauração irá, inevitavelmente, desgastar esmalte e dentina sadios durante a remoção da resina composta existente na cavidade e aderida aos tecidos dentais. Portanto, a realização de reparos em restaurações de resina composta vai de encontro aos princípios de mínima intervenção que norteiam a Odontologia atualmente.

Estudos demonstraram^{11 12} que é possível obter resistência de união satisfatória quando o reparo é realizado seguindo os princípios já conhecidos de adesão. Nessa situação, é realizada a colagem de uma nova camada de resina à restauração pré-existente após a limpeza da superfície exposta pela falha através do uso do ácido fosfórico 37%, seguido da aplicação de uma ou duas camadas do componente resinoso de um determinado sistema adesivo.

Entretanto, para que os reparos, possam apresentar retenção suficiente à restauração pré-existente é necessário que estratégias químicas, micromecânicas ou macromecânicas sejam utilizadas¹³.

Entre as estratégias química e micromecânica está o uso dos sistemas adesivos especialmente por interagirem com o remanescente dental presente na cavidade cuja restauração apresentou uma falha. Mas, que podem também relacionarem-se com constituintes da restauração resinosa existente.

Alguns adesivos atualmente classificados como sistemas adesivos universais funcionam tanto como sistemas adesivos de condicionamento ácido quanto como autocondicionantes¹⁴ e apresentam vantagens clínicas importantes, tais como: menor tempo de trabalho, menor sensibilidade à técnica e uma relevante interação química com diferentes substratos, o que permite sua aplicação generalizada¹⁵. A capacidade dos adesivos universais em estabelecerem ligação química com alguns dos substratos nos quais são aplicados, pode contribuir com a viabilidade dos reparos resinosos empregados clinicamente¹⁶.

Essa interação química dos adesivos universais ou dos adesivos convencionais mais modernos, ocorre devido a presença em sua composição de monômeros funcionais que são moléculas ácidas que desempenham várias funções, como condicionar os substratos dentais, permear os monômeros em direção à área desmineralizada e viabilizar aos grupamentos fosfatados desses monômeros funcionais às interações químicas com componentes inorgânicos dos substratos dentais¹⁷.

O principal monômero funcional atualmente utilizado é o 10-MDP (di-hidrogenofosfato de 10-metacrilóiloxidecila), capaz de estabelecer uma interação química muito intensa e estável com a hidroxiapatita. É capaz ainda de gerar sais insolúveis de MDP-Ca que favorecem a integridade das fibrilas de colágeno presentes na camada híbrida quando utilizados em dentina^{18 19}.

A intensa interação química estabelecida entre o MDP e a hidroxiapatita é atribuída à dissolução superficial da hidroxiapatita induzida pela adsorção do MDP e

posterior deposição de sais de MDP-Ca com menor solubilidade em água do que os sais produzidos por outros monômeros funcionais^{20 21}.

Os agentes de união, como o silano, também devem ser considerados entre as estratégias químicas empregadas para garantir durabilidade aos reparos realizados em restaurações de resina composta. São também moléculas bi-funcionais capazes de estabelecer ligação química entre substratos orgânicos e inorgânicos²².

Entre as estratégias macromecânicas que tornam a superfície da restauração pré-existente mais irregular e rugosa, estão o uso de pontas diamantadas, o jateamento dessa superfície com partículas abrasivas, como a sílica ou óxido de alumínio ou o uso dos lasers empregados em odontologia. O laser é uma fonte luminosa capaz de emitir luz monocromática, coerente e colimada de alta (efeitos térmicos) ou baixa (efeitos não-térmicos – fotobiomodulação) potência.

Alguns tipos de lasers (alta potência) podem ser empregados para o tratamento da superfície da resina composta que será reparada. São os lasers mais comumente utilizados em Odontologia. O laser de Er:YAG (érbio: ítrio-alumínio-granada) possui comprimento de onda de 2.940 nm e absorção por moléculas de água, o laser de Nd:YAG (neodímio: ítrio-alumínio-granada) com comprimento de onda de 1.064 nm. O laser Er-Cr:YSGG (érbio-cromo: ítrio-escândio-gálio-granada) possui comprimento de onda de 2.780 nm e potência de saída de 3W pode ser usado como uma técnica alternativa para o tratamento da superfície de reparo em restaurações de resina composta pré-existente²³. O laser de CO₂ (dióxido de carbono) também pode ser utilizado para esse fim²⁴. O laser de CO₂ possui comprimento de onda de 10.600 nm e é absorvido pelo carbonato e por moléculas de água. É utilizado para abrasionar superfícies.

A superfície da resina deve ser irradiada com um feixe de laser calibrado para esse fim. A energia do laser é absorvida e convertida em energia térmica. A energia térmica causa o derretimento da superfície da resina e produz irregularidades superficiais. Ocorrem mudanças na topografia da superfície favorecendo a adesão²⁵.

2. OBJETIVO

O objetivo deste estudo foi avaliar a resistência de união, ao longo do tempo, de reparos confeccionados em resina composta após o tratamento da superfície de falha da restauração pré-existente através da aplicação de um adesivo universal e/ou do agente de união silano e do emprego do laser de CO₂.

Geral

O objetivo deste estudo foi avaliar a resistência de união nos reparos de resinas compostas submetidas a diferentes tratamentos superficiais e envelhecimento.

Específico

Avaliar a resistência de união, pelo teste de resistência a microtração, nos reparos de resinas compostas após tratamentos superficiais com condicionamento com ácido fosfórico, aplicação de agente de silano e/ou sistema adesivo universal e envelhecimento.

Avaliar a resistência de união, pelo teste de resistência a microtração, nos reparos de resinas compostas após tratamentos superficiais com condicionamento com ácido fosfórico, laser de CO₂, aplicação de agente de silano e/ou sistema adesivo universal e envelhecimento.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 PREPARO DO BLOCO PADRÃO

Um bloco padrão foi confeccionado com a resina composta nanohíbrida Vittra APS cor A3 de dentina (FGM, Joinville, Brasil) com 5 milímetros de largura, 5 mm de comprimento e 5 mm de profundidade (volume de 125 mm³). As medidas foram conferidas com um paquímetro digital (Vonder, Curitiba, Brasil).

Uma matriz confeccionada em silicone de condensação Zetalabor (Zhermack, Rovigo, Itália) foi utilizada com o objetivo de guiar a confecção dos espécimes a partir da obtenção do molde do bloco padrão.

Dessa forma, incrementos de até 2 mm da resina composta Vittra APS (FGM, Joinville, Brasil) foram inseridos no interior da matriz de silicone com auxílio do brunidor 26-30 (Cosmedent, Chicago, EUA). Cada incremento foi fotoativado individualmente por 30 s com o aparelho LED Valo Cordless (Ultradent, South Jordan, EUA) que possui irradiância máxima de 1.200 mW/cm².

Foram confeccionados 6 espécimes (n=6) em resina composta para cada grupo experimental, totalizando 36 espécimes que foram armazenados em frasco transparente (Eppendorf, São Paulo, Brasil) contendo água destilada a 37°C por 7 dias.

Após o período de armazenagem a superfície de falha de todos os espécimes foi asperizada com ponta diamantada (#4138, KG Sorensen, Cotia, Brasil) acoplada em um contra-ângulo multiplicador (T2 Revo, Sirona, Áustria) com movimentos pendulares, por 20 s, sempre pelo mesmo operador. O contra-ângulo foi acoplado em uma balança de suspensão adaptada com uma pressão de 300 g para uniformizar a asperização.

Na sequência foi realizada a aplicação do ácido fosfórico 35% (Ultra-Etch 35%, Ultradent, South Jordan, EUA), com auxílio de um aplicador brush (Coltene, Rio de Janeiro, Brasil) durante 60 segundos em toda a área asperizada. O gel ácido foi lavado com água abundante e a superfície condicionada seca com leves jatos de ar.

Em seguida, foi realizada a aplicação do álcool 70% em toda área preparada com um aplicador brush durante 15 s, seguida da secagem com leves jatos de ar apenas para a descontaminação da superfície.

3.2 TRATAMENTO DA SUPERFÍCIE DE FALHA

As superfícies de falha já preparadas foram tratadas previamente à confecção do reparo. Para tratamento da superfície de falha dos blocos confeccionados na matriz de silicone foram utilizados os seguintes agentes: um adesivo universal, um agente de união silano e/ou o laser de CO₂. As diferentes combinações entre os agentes de tratamento de superfície estão demonstradas na tabela abaixo (tabela 1).

Tabela 1: Grupos experimentais estabelecidos para o estudo.

Grupos Experimentais	Tratamento
Grr	Resina de Reparo
Gar	Adesivo Universal + Resina de Reparo
Gsa	Silano + Adesivo Universal + Resina de Reparo
Glsa	Laser CO ₂ + Silano + Adesivo Universal + Resina de Reparo
Gla	Laser CO ₂ + Adesivo Universal + Resina de Reparo
Gls	Laser CO ₂ + Silano + Resina de Reparo

Os procedimentos para tratamento da superfície de falha dos blocos foram feitos de acordo com o grupo experimental a que pertencia o espécime. O agente silano (Mono Bond-S, Ivoclar Vivadent, Linchenstein) foi aplicado ativamente com auxílio de um aplicador brush durante 60s, seguido da evaporação do solvente com leves jatos de ar. O sistema adesivo universal (Ambar Universal, FGM, Joinville, Brasil) foi também aplicado sob agitação com auxílio de um aplicador durante 60 s. O solvente foi removido com leves jatos de ar e o adesivo fotoativado com o aparelho LED durante 30s em alta potência (1.200 mW/cm²).

O laser de CO₂ (Ultralase 30, South Atlanta, USA) modo de emissão ultrapulsado, com comprimento de onda de 10.600 nm foi aplicado com scanner manual de design quadrangular e refrigeração a ar constante capaz de cobrir toda a superfície de falha do corpo-de-prova. A distância focal do laser coaxial guia de diodo foi de 75 mm.

A tabela 2 demonstra os parâmetros dosimétricos utilizados na aplicação do laser de CO₂ sobre a superfície de falha nos grupos em que o laser foi utilizado.

Tabela 2 – Parâmetros dosimétricos do laser de CO ₂ utilizados no estudo.	
Potência	14 W
Intervalo de pulso	0,010 s
Tempo de pulso	0,004 s
Energia de pulso	5,6 mJ
Comprimento de onda	10600 nm
Diâmetro de abertura	0,20 cm
Tamanho do feixe alvo	0,04 cm ²
Média de pulsos / amostra	157,14
Densidade de energia/amostra	267,14 J/cm ²
W- Watts, S- segundos, J-Joules, cm-centímetros, nm-nanômetros	

OLIVEIRA *et al.* Effect of Surface Treatment with CO₂ Laser on Bond Strength in Composite Resin Restorations. **Photobiomodulation, Photomedicine, and Laser Surgery.**

3.3 CONFECÇÃO DO REPARO

Por fim, foram confeccionados os reparos com a resina composta nanohíbrida Vittra APS cor A1 de dentina (FGM, Joinville, Brasil) também por meio de incrementos de no máximo 2 mm, fotoativados individualmente, até atingir o volume final de aproximadamente 125 mm³, ou seja, volume semelhante àquele obtido quando os espécimes foram confeccionados com auxílio do guia de silicone por condensação.

Finalizados os reparos, os corpos-de-prova foram armazenados novamente no frasco transparente com água destilada a 37° C. Em seguida, os espécimes foram preparados para o teste de microtração.

3.4 ENSAIO DE MICROTRAÇÃO

Cada corpo-de-prova (bloco) foi fixado em uma placa acrílica com godiva em bastão (DFL, Rio de Janeiro, Brasil) para que fossem cortados através do uso de um disco diamantado acoplado à cortadeira metalográfica de precisão (ISOMET 1000, Buehler, Lake Bluff, EUA). A superfície de falha reparada foi posicionada de forma perpendicular ao disco diamantado. A distância entre os cortes foi padronizada em 1,2 mm sendo

realizados em ambos os sentidos, ou seja, foram realizadas secções paralelas entre si no sentido méso-distal e depois no sentido vestibulo-lingual do bloco. Um último corte foi realizado em um plano transversal ao eixo longitudinal do bloco e paralelo à superfície da falha reparada para obtenção dos espécimes em forma de “palitos” com aproximadamente $1,0 \text{ mm}^2$ de área e 1,0 cm de comprimento.

Os palitos obtidos permaneceram armazenados em frasco transparente imersos em água destilada a 37°C por 1 ano. A água de armazenamento foi trocada semanalmente por todo o período. Sete palitos de cada corpo-de-prova foram selecionados para o ensaio de microtração realizado em máquina de ensaios universais (Instron 5565, Instron Corporation, Canton, MA, EUA) onde uma carga de tração foi aplicada em um plano perpendicular à superfície de falha reparada, a uma velocidade de 1 mm/min até a fratura. Com o auxílio de uma cola à base de cianoacrilato (Super Bonder gel, Henkel Loctite, Itapevi, Brasil) cada palito foi fixado por suas extremidades à garra de testes modelo Geraldeli²⁶ que se acopla à máquina de ensaios universais.

Os valores de tensão máxima foram obtidos através da razão entre a carga registrada no momento da fratura dada em Newton (N) e a área do espécime (mm^2). A área de secção transversal de cada espécime foi medida após o ensaio com o auxílio do paquímetro digital. Os dados foram tabulados e convertidos em MPa ($\text{MPa} = \text{Tensão de ruptura N} / \text{Área do espécime em mm}^2$).

3.5 ANÁLISE DO PADRÃO DE FRATURA

As superfícies de fratura de todos os espécimes submetidos ao teste de microtração foram analisadas em microscópio óptico Focus – Z10 (Talmax, Curitiba, Brasil) com aumento de 10X e classificadas em:

- 1) falha adesiva: quando a ruptura ocorre na superfície de falha, separando integralmente as duas resinas.
- 2) falha coesiva em resina: quando a ruptura ocorre somente em resina composta, tanto a utilizada na confecção do bloco quanto a que foi utilizada como resina de reparo.

3.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para o teste estatístico o bloco padrão foi considerado um espécime. Assim cada conjunto de “palitos” obtidos de um bloco padrão permitiu a obtenção de uma média de valores de resistência à microtração daquele espécime. Os valores de resistência de união, obtidos de acordo com o tipo de tratamento de superfície, foram tabulados e submetidos

ao teste de Kruskal-Wallis, uma vez que os testes de normalidade e homocedasticidade demonstraram dados não paramétricos. O teste de Dunn`s foi usado para contraste de médias. O programa estatístico utilizado foi o SigmaPlot 11.0.

4. RESULTADOS

A seguir são apresentados os resultados do teste de microtração obtidos pela análise comparativa dos diferentes grupos experimentais, além da análise realizada através de imagens de microscopia óptica do padrão de fratura dos espécimes.

Houve falhas de união entre a resina pré-existente e a resina de reparo em alguns palitos antes mesmo da realização dos testes de microtração, em todos os grupos testados e, justamente por isso, não foram considerados no cálculo da resistência de união dos grupos experimentais a que pertenciam.

4.1 AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA DE UNIÃO

Os valores das médias \pm desvio-padrão de resistência de união dos grupos estudados, expressos na tabela 3, foram submetidos ao teste não paramétrico de Kruskal-Wallis e teste de Dunn's para contrastar as médias.

Tabela 3: Média \pm desvio-padrão (MPa) dos grupos experimentais estudados. Letras iguais indicam semelhança estatística, letras diferentes indicam diferença estatística.

Grupo	Médias (MPa)	Desvio-Padrão
Grr – Resina	12,44 ^C	4,02
Gar – Adesivo Universal + Resina	25,59 ^B	5,12
Gsa – Silano + Adesivo Universal + Resina	25,96 ^{AB}	7,80
Glsa – Laser CO2 + Silano + Adesivo Universal + Resina	32,17 ^A	9,89
Gla – Laser CO2 + Adesivo Universal + Resina	26,15 ^{AB}	5,15
Gls – Laser CO2 + Silano + Resina	22,46 ^B	4,01

No gráfico 1 abaixo é possível observar as médias \pm desvio-padrão dos 6 grupos experimentais estudados. As letras indicam semelhança ou diferença estatística entre os grupos. Letras iguais indicam semelhança estatística e letras diferentes indicam diferença estatística.

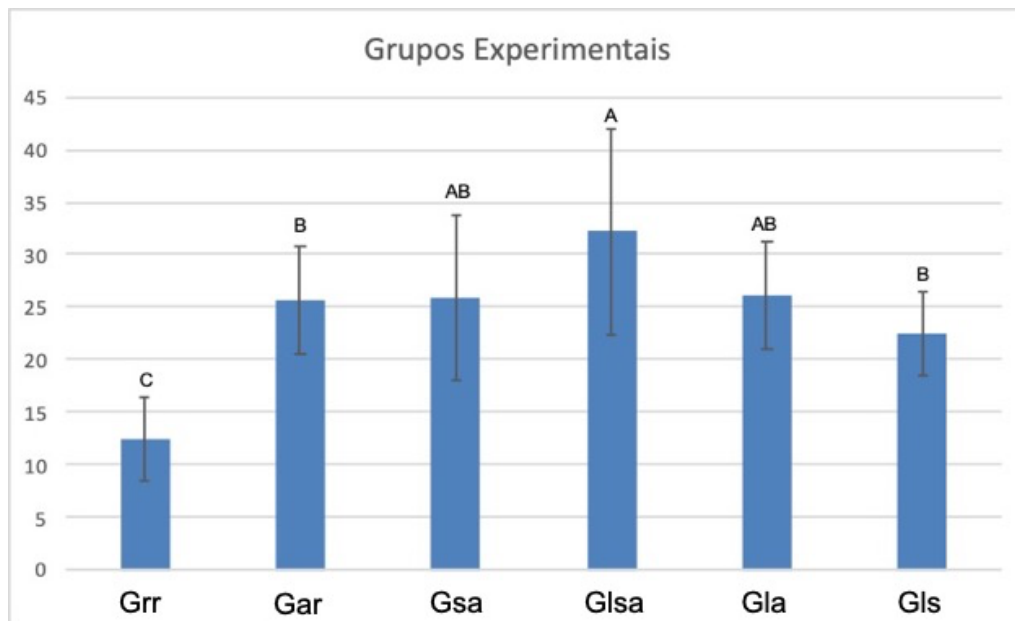


Gráfico 1: Média \pm desvio-padrão (MPa) dos grupos experimentais estudados.

Diante dos resultados obtidos é possível detectar que a confecção de reparos em resina composta sem qualquer tratamento da superfície de falha (Grr), ou seja, incluindo apenas uma nova camada de resina composta, apresentou os menores valores de resistência de união (12,44 MPa).

Quando o sistema adesivo universal (Gar) ou a combinação de um agente de união silano com o adesivo universal (Gsa) foi utilizado para tratar a superfície de falha, os resultados dos testes de microtração apresentaram valores estatisticamente semelhantes entre si. No entanto, os valores desses dois grupos (Gar e Gsa) foram estatisticamente maiores que aqueles obtidos quando nenhum tratamento (Grr) da superfície de falha foi realizado.

A combinação do tratamento da superfície da resina composta com laser de CO₂ e, posterior aplicação ativa do agente de união silano somado ao adesivo universal (Glsa), demonstrou o maior valor de resistência de união detectado entre a resina pré-existente e a resina de reparo. Entretanto, é necessário enfatizar que há semelhança estatística entre os grupos Gsa, Glsa e Gla.

O grupo Gla foi aquele em que após o preparo da superfície de falha com o laser de CO₂, foi empregado o adesivo universal. Vale ressaltar que entre os grupos com maior valor de resistência de união, ou seja, os grupos Gsa, Glsa e Gla, há em comum a aplicação do adesivo universal.

Quando apenas o agente silano é aplicado na superfície de falha tratada previamente com o laser de CO₂ (Gls), os valores de resistência de união obtidos são estatisticamente menores do que aqueles detectados para o Glsa, cujo tratamento de superfície envolveu todas as variáveis desse estudo (laser, silano e adesivo universal), mas semelhantes estatisticamente aos valores obtidos com os tratamentos de superfície realizados com os grupos Gar, Gsa e Gla. Os resultados do Gls são ainda estatisticamente superiores aos encontrados nos espécimes sem tratamento de superfície (Grr).

4.2 AVALIAÇÃO DO PADRÃO DE FRATURA

Para cada bloco, também chamado de unidade experimental, foi obtido através dos cortes um conjunto de espécimes ou “palitos”. Portanto, dentro desse conjunto foram considerados “palitos” perdidos aqueles que fraturaram precocemente ao teste de microtração. Poucos palitos foram perdidos precocemente nesse estudo.

Os resultados da análise dos padrões de fratura dos “palitos” testados para cada grupo experimental, após 1 ano de armazenamento, estão listados na tabela 4. As fraturas foram classificadas em dois tipos: Adesiva e Coesiva. As fraturas adesivas ocorreram na interface de união da resina do bloco com a resina do reparo. Já as fraturas coesivas ocorreram no bloco ou na resina de reparo, mantendo preservada a interface de união. Fraturas coesivas podem não medir de fato a resistência da interface adesiva, pois podem ocorrer em virtude de uma distribuição desigual de tensões durante a aplicação da força de tração. Por outro lado, essas fraturas devem ser relatadas, uma vez que sua frequência pode sugerir que a resistência de união da interface teria sido maior que o valor de tensão mensurado.

Tabela 4: Padrão de fratura observado nos diferentes grupos experimentais, após realização do teste de microtração depois do período de armazenamento. Valores expressos em porcentagem.

Grupo	Fratura Adesiva	Fratura Coesiva
Grr – Resina	76,0%	24,0%
Gar– Adesivo Universal + Resina	79,2%	20,8%
Gsa – Silano + Adesivo Universal + Resina	88,2%	11,8%
Glsa – Laser CO2 + Silano + Adesivo Universal + Resina	51,9%	48,1%
Gla – Laser CO2 + Adesivo Universal + Resina	65,6%	34,4%
Gls – Laser CO2 + Silano + Resina	84,4%	15,6%

É possível perceber que sempre há um predomínio de fraturas adesivas em todos os grupos experimentais. No entanto, nos grupos em que o laser de CO₂ foi utilizado em associação à aplicação do adesivo universal (Glsa e Gla), a porcentagem de fraturas adesivas diminuiu, aumentando consideravelmente a porcentagem de fraturas coesivas. Entretanto, houve um aumento de fraturas adesivas no grupo Gls, apesar do uso do laser, uma vez que nesse caso não houve a associação com o adesivo universal.

Os grupos Grr, Gar e Gsa que são aqueles, cuja superfície de reparo não foi tratada (acréscimo de resina apenas) ou foi tratada unicamente pelos agentes químicos de união (silano e adesivo) houve um claro predomínio de fraturas adesivas.

No gráfico 2 abaixo, é possível visualizar a diferença porcentual do tipo de fratura para cada grupo experimental.

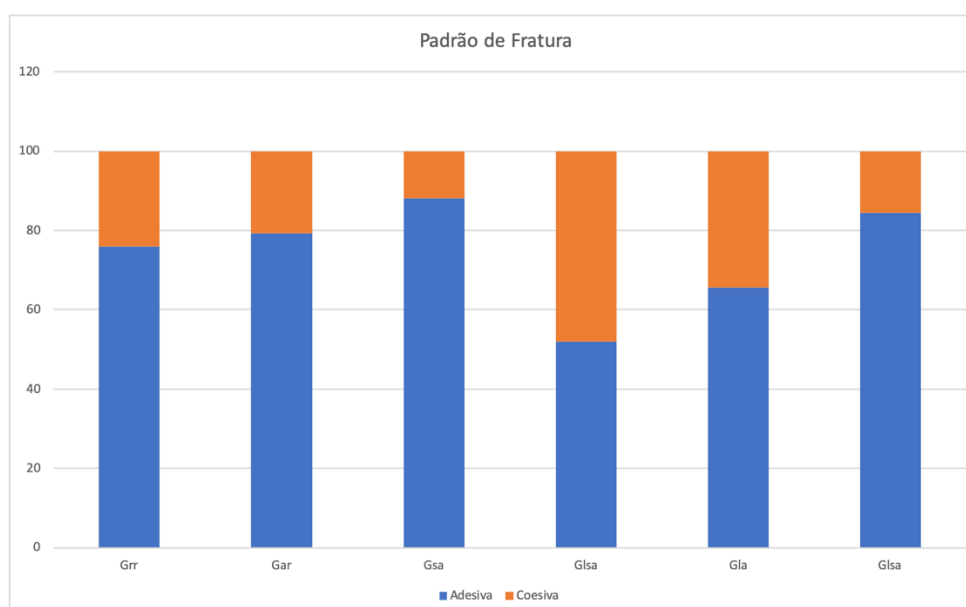


Gráfico 2: Padrão de fratura observado nos diferentes grupos experimentais após 1 ano de armazenamento. Valores expressos em porcentagem.

5. DISCUSSÃO

A análise dos resultados obtidos por esse estudo demonstra informações relevantes à prática clínica, especialmente, por ser um estudo de longevidade. Os espécimes produzidos permaneceram em armazenamento em água a 37°C por um ano, ou seja, a interface de união da resina composta pré-existente e a resina de reparo foi envelhecida durante esse período de armazenamento. Os estudos de envelhecimento das amostras são de extrema relevância, pois simulam mais fielmente os desafios clínicos a que os materiais e procedimentos realizados pelo cirurgião-dentista são submetidos normalmente.

Existem diversos métodos de envelhecimento de espécimes²⁷, o armazenamento foi o método selecionado para avaliar a interface de reparo nesse estudo²⁸. Nesse caso as amostras estão submetidas à ação degradante da água. Para que resultados de envelhecimento possam ser obtidos de maneira mais rápida, alguns métodos, como por exemplo, a termociclagem ou a ciclagem mecânica podem ser empregados²⁹.

As resinas compostas ao longo do tempo em que sofrem o envelhecimento estão submetidas a alguns eventos adversos, tais como, a sorção e a solubilidade à água, a degradação química das cadeias poliméricas e a lixiviação de alguns compostos. Esses eventos podem diminuir a reatividade do compósito remanescente (compósito pré-existente) e dificultar o processo de reparo. Se isso ocorrer pode haver o comprometimento da restauração reparada em alguns casos^{30 31}.

Após o envelhecimento das amostras em condições semelhantes à clínica, é possível afirmar que o reparo em restaurações confeccionadas em resina composta é um procedimento viável e seguro desde que sejam observados alguns critérios importantes. O primeiro deles enfatiza a necessidade de avaliação da condição da interface adesiva da restauração que apresentou uma falha, fratura ou desgaste. Se houver degradação da interface adesiva (restauração/dente), a restauração deve ser substituída completamente. Entretanto, uma vez preservada a integridade da interface adesiva, o reparo será bem indicado e tende a permanecer viável ao longo do tempo como também aqui demonstrado.

No entanto, vale ressaltar que o uso apenas de uma nova camada de resina composta sobre aquela presente na restauração pré-existente, sem que nenhum tratamento adicional da superfície de falha seja feito (Grr), demonstrou os menores valores de resistência de união estatisticamente significativos após 1 ano de armazenagem. O padrão de fratura

predominante nesse grupo foi o de fraturas adesivas, corroborando a menor resistência adesiva medida no teste de microtração.

Portanto, fica evidente que a superfície de falha da restauração pré-existente deve ser submetida a um tratamento, mesmo que seja o mais convencional deles como, por exemplo, a aplicação de uma camada de sistema adesivo universal (Gar) sobre essa superfície mantida limpa. No entanto, o padrão de fratura do grupo em que apenas o adesivo universal foi utilizado ainda foi primordialmente de fraturas adesivas, indicando que a interface adesiva é mesmo o elo mais fraco da união entre as porções de resina composta presentes (a pré-existente e a de reparo). Porém, é importante salientar que atualmente o clínico dispõem desses sistemas adesivos, cujas moléculas bi-funcionais presentes (sistemas adesivos universais) e capazes de estabelecerem ligações químicas entre componentes orgânicos e inorgânicos^{32 33} tendem a melhorar a estabilidade das interfaces produzidas durante a realização do reparo.

O uso do agente de união silano, que possui características químicas semelhantes àquelas presentes nos monômeros bi-funcionais dos sistemas adesivos universais³⁴, não demonstrou melhora significativa da resistência de união após 1 ano de armazenamento, quando associado ao sistema adesivo universal (Gsa) em comparação com o grupo em que apenas o sistema adesivo universal foi aplicado (Gar).

A análise do padrão de fratura, por sinal, apresentou um aumento porcentual de fraturas adesivas (Gsa = 88,2%) em relação ao grupo anterior (Gar = 79,2%). Portanto, o uso apenas de um sistema adesivo universal sobre a superfície de falha da restauração presente na cavidade do órgão dental do paciente é suficiente para garantir uma boa interação da resina de reparo com a resina já existente.

Apesar dos resultados satisfatórios do uso do sistema adesivo universal para tratamento da superfície de falha, a exposição dessa mesma superfície à ação do laser de CO₂ previamente à aplicação de um silano e um adesivo universal (Glsa), melhora significativamente a resistência de união da resina de reparo após 1 ano de armazenamento em relação aos grupos Grr, Gar, Gl, embora não haja diferença estatística significativa ($p < 0,05$) aos resultados de resistência de união obtidos nos tratamentos realizados nos grupos Gsa e Gla.

O laser de CO₂ é capaz de fundir a superfície de falha devido a ocorrência da ablação com aumento considerável da temperatura e, possivelmente, expor partículas de carga, antes encobertas pela matriz resinosa³⁵, facilitando assim a ação do agente de união e dos monômeros bi-funcionais dos sistemas adesivos universais. O laser de CO₂ também

provoca um aumento da rugosidade superficial e do microembricamento da resina pré-existente³⁶.

As moléculas bi-funcionais dos agentes de ligação precisam manter contato com vidros (óxidos metálicos), como a sílica (partículas de carga da resina composta), para que possam estabelecer união resistente às moléculas orgânicas dos componentes resinosos das restaurações³⁷. Portanto, o tratamento macromecânico da superfície de falha é de fundamental importância.

Os monômeros ácidos MDP interagem com a superfície da resina composta após tratamento com laser de CO₂, que promoveu além da criação de microirregularidades a exposição da porção inorgânica, com possibilidade de união química dos monômeros as nanopartículas, somando o microembricamento pelo efeito térmico do laser com a união química. No grupo Glsa foi observado os maiores valores de resistência de união (32,17 MPa) e predomínio de falhas coesivas (48,1 %) mostrando a associação e sinergismo dos tratamentos superficiais das resinas compostas com monômeros fosfatados ácidos e laser de CO₂ propiciando microretenções, exposição das cargas inorgânicas aumentando esse microembricamento, a ação do silano como agente de união química ao substrato inorgânico, potencializando a união química ao sistema adesivo universal com monômero tipo MDP que por meio da molhabilidade e permeação no substrato irregular promovera maior embricamento micromecânico, além da possível união química aos componentes da matriz inorgânica expostos.

A análise do padrão de fratura confirma os resultados obtidos no teste de resistência de união, uma vez que os palitos cujo tratamento realizado na superfície de falha da resina pré-existente com laser associado ao silano e adesivo universal, (Glsa) apresentaram um aumento percentual considerável de falhas coesivas com consequente diminuição do percentual de falhas adesivas. Esses resultados demonstram que a associação do laser de CO₂ com o agente silano recoberto pelos monômeros metacrilatos do sistema adesivo universal favoreceram o aumento da resistência de união da resina de reparo. É provável que o laser ao expor partículas de carga, favoreça a ligação do agente silano à essas partículas inorgânicas que uma vez silanizadas e recobertas pelos monômeros do sistema adesivo universal interagem mais facilmente com a resina de reparo. Vale ainda enfatizar que a superfície da matriz resinosa presente na superfície de falha também tende a interagir melhor com a resina de reparo quando recoberta pelos monômeros metacrilatos do sistema adesivo universal³⁸.

Esse resultado vai de encontro à constatação de Altinci e colaboradores³⁹ que também detectaram que valores de resistência de união de um reparo podem ser comparáveis à resistência coesiva de cada resina testada quando ocorre um aumento da rugosidade da superfície, favorecendo a retenção macromecânica, associada ao uso de um agente silano e um adesivo universal.

O tratamento mecânico da superfície de falha da resina pré-existente usando broca diamantada, abrasão a ar ou laser Er-Cr:YSGG resulta em maior resistência de união do reparo em comparação com controles não tratados mecanicamente. Além disso, o tratamento com o laser Er-Cr:YSGG não demonstrou diferença significativa em comparação com os resultados de resistência obtidos com o uso da abrasão a ar. Mas, ambos os métodos resultaram em valores de resistência de união maiores que os obtidos quando o tratamento de superfície foi realizado apenas com ponta diamantada⁴⁰.

O grupo em que o laser de CO₂ foi associado apenas com o adesivo universal apresentou valores de resistência adesiva semelhantes estatisticamente àqueles obtidos quando a associação do laser de CO₂ com um agente silano e o sistema adesivo universal foi utilizado. Mas, ainda assim o percentual de fraturas adesivas (65,6%) foi menor do que o observado nos grupos em que o laser não foi utilizado (Grr, Gar, Gsa), assim como em relação ao grupo em que o laser foi utilizado, mas associado apenas com o agente silano (Gls).

O emprego do preparo macromecânico da superfície de reparo também se mostrou viável no estudo realizado por Cho e colaboradores⁴¹. O tratamento da superfície de reparo com jato de óxido de alumínio (50 um) resultou em maior resistência de união do reparo ao teste de cisalhamento. A aplicação apenas de um agente silano de acoplamento não melhorou significativamente a resistência de união da resina de reparo ao cisalhamento. Esse resultado vai de encontro aos obtidos também no presente estudo, uma vez que o agente de união silano parece não interferir significativamente nos resultados de resistência de união. No mesmo estudo, o uso do laser de Er-Cr:YSGG não foi suficiente para melhorar a resistência ao cisalhamento da resina reparada.

Os agentes de união e adesivos com monômeros bi-funcionais mostram-se importantes no processo de reparo, pois formam ligações químicas entre os substratos. Os adesivos universais apresentaram maior eficácia para esse propósito. Segundo Kiomarsi e colaboradores, grupos experimentais em que se utilizou apenas o agente silano, especialmente, aqueles preparados com laser Er-Cr:YSGG, o padrão de fratura foi, principalmente, o adesivo o que caracteriza a necessidade do tratamento mecânico

associado aos adesivos com monômeros bi-funcionais. Os resultados obtidos pelo estudo de Kiomarsi e colaboradores também corroboram os resultados do presente estudo.

Em um estudo⁴² em que foram utilizadas amostras de resina composta indireta processadas por sistema CAD-CAM, cuja superfície de união foi tratada com abrasão a ar e sílica e envelhecidas, ficou evidente que após o envelhecimento das amostras, o tratamento mecânico capaz de criar rugosidades na superfície de união do reparo em resina composta melhora significativamente a resistência de união do reparo. O estudo de Subasi e colaboradores vão de encontro aos resultados obtidos no presente estudo em que as amostras foram também envelhecidas. Aqui, o tratamento da superfície de falha da resina pré-existente com laser de CO₂ foi preponderante para que associado às moléculas bi-funcionais, principalmente, do adesivo universal, fosse obtido o maior valor de resistência de união (32,17 MPa) mesmo após 1 ano de armazenamento. Esse valor é comparável aos melhores valores de resistência adesiva medidos para avaliação das interfaces adesivas produzidas sobre os tecidos dentais.

A interface de reparo de restaurações em resina composta envelhecida apresentou menor resistência à microtração após 1 ano de armazenamento. Entretanto, a associação do tratamento prévio da superfície de reparo com jato de óxido de alumínio e a aplicação de uma camada de agente de união silano, aumentou consideravelmente a resistência de união do reparo após o envelhecimento⁴³.

No estudo desenvolvido por Kiomarsi e colaboradores⁴⁴, amostras de resina composta reparadas foram submetidas à ciclos térmicos (10.000 ciclos térmicos) quente e frio que em função do envelhecimento acelerado apresentaram uma diminuição significativa da resistência da união do reparo. Entretanto, os autores demonstraram que o tratamento mecânico prévio da superfície de reparo com brocas aumentou a resistência de união do reparo em relação às amostras envelhecidas e não previamente tratadas. O uso do laser de Er,Cr:YSGG sobre essa mesma superfície de falha demonstrou resultados de resistência de união menores do que os obtidos pelas amostras tratadas com brocas, embora superiores aos espécimes não tratados.

Muitos estudos têm sido desenvolvidos para avaliar o tratamento da superfície de união de um material restaurador utilizando o laser de Er-Cr:YSGG. Entretanto, o laser de CO₂ também tem se mostrado uma alternativa para o tratamento de superfícies de união. Para melhorar a adesão à cerâmica policristalina de zircônia o laser de CO₂ foi utilizado de acordo com os seguintes parâmetros: modo de pulso, com comprimento de

onda de 10.600 nm. A luz laser de saída foi definida como 60 dpi em resolução e 300s em tempo de pixel. A potência de saída real foi de 15,1 W/cm².

Com os mesmos parâmetros de aplicação do laser de CO₂ utilizados no presente estudo (comprimento de onda: 10.600 nm, potência de 14 W, modo de emissão superpulsado e diâmetro de abertura de 0,20 cm) um trabalho avaliou a resistência de união imediata de reparos de resina composta realizados em blocos confeccionados com resina composta. Nos grupos em que o laser de CO₂ foi utilizado previamente para tratamento macromecânico da superfície de falha associado ao uso de um adesivo que possui em sua composição monômeros bi-funcionais e/ou agente de união silano, foram obtidos os maiores valores de resistência de união. Os grupos irradiados com o laser também tiveram um número significativamente menor de falhas adesivas quando submetidos ao teste de microtração, como também observado no presente estudo.

Diante dos resultados obtidos no presente estudo confrontados com os dados disponíveis na literatura, é possível concluir que reparos de resina composta em restaurações de resina composta já existentes nas cavidades do órgão dental podem ser realizados desde que a integridade da interface adesiva entre a restauração e os tecidos dentais esteja preservada.

Além disso, fica evidente que o tratamento macromecânico da superfície de reparo contribui consideravelmente para o aumento da resistência de união dos reparos confeccionados com resina composta. A aplicação de monômeros bi-funcionais ou agentes de união silano associados ou não também contribuem para o aumento da resistência de união dos reparos realizados com resina composta.

6. CONCLUSÃO

A resistência de união dos reparos de resina composta realizados em restaurações pré-existentes de resina composta (in vitro) apresentaram valores satisfatórios ao longo do tempo.

Contribuiu para a manutenção da resistência de união, durante o período de armazenamento das restaurações reparadas o tratamento da superfície de reparo com o laser de CO₂.

Foi de fundamental importância para a manutenção dos valores de resistência de união ao longo do período de armazenamento, a aplicação de monômeros bi-funcionais presentes no sistema adesivo universal em superfície de reparo tratada macromecanicamente com laser de CO₂ previamente ao uso do adesivo.

Pode-se concluir que os reparos de resinas compostas após tratamentos superficiais com condicionamento com ácido fosfórico e sistema adesivo universal, associado ou não ao silano, após envelhecimento promoveram valores satisfatórios de resistência de união.

Nos grupos sem tratamento superficial da resina composta com laser de CO₂ a utilização do silano foi indiferente para manutenção dos valores de união ao longo do tempo.

Os reparos de resinas compostas após tratamentos superficiais com condicionamento com ácido fosfórico e laser de CO₂ associados ao silano e sistema adesivo universal após envelhecimento promoveram os maiores resultados de resistência de união, havendo um sinergismo da microrretenção e união química ao substrato e nanopartículas.

Nos grupos com tratamento superficial da resina composta com laser de CO₂ a utilização do silano ou sistema adesivo universal promoveram valores satisfatórios de resistência de união ao longo do tempo.

7. BIBLIOGRAFIA

- ¹ PEUTZFELDT, Anne, Resin composites in dentistry: The monomer systems, **European Journal of Oral Sciences**, v. 105, n. 2, p. 97–116, 1997.
- ² VAN DIJKEN, J. W.V.; HÖRSTEDT, P., The effects of GLUMA and GLUMA/Scotchbond on in vivo marginal adaptation of a composite resin to dentin, **Dental Materials**, v. 5, n. 3, p. 165–167, 1989.
- ³ HURLEY, L. H., Molecular biology and medicinal chemistry., **Journal of Medicinal Chemistry**, v. 30, n. 10, p. 849–853, 1987.
- ⁴ BOWEN, R. L., Properties of a silica-reinforced polymer for dental restorations., **Journal of the American Dental Association (1939)**, v. 66, n. 1, p. 57–64, 1963.
- ⁵ PALLESEN, Ulla; VAN DIJKEN, Jan W.V., A randomized controlled 27 years follow up of three resin composites in Class II restorations, **Journal of Dentistry**, v. 43, n. 12, p. 1547–1558, 2015.
- ⁶ BLUM, I. R. *et al*, The repair of direct composite restorations: An international survey of the teaching of operative techniques and materials, **European Journal of Dental Education**, v. 7, n. 1, p. 41–48, 2003.
- ⁷ GORDAN, Valeria V. *et al*, Two-year clinical evaluation of repair versus replacement of composite restorations, **Journal of Esthetic and Restorative Dentistry**, v. 18, n. 3, p. 144–153, 2006; GORDAN, Valeria V. *et al*, A long-term evaluation of alternative treatments to replacement of resin-based composite restorations Results of a seven-year study, **Journal of the American Dental Association**, v. 140, n. 12, p. 1476–1484, 2009.
- ⁸ GORDAN *et al*, A long-term evaluation of alternative treatments to replacement of resin-based composite restorations Results of a seven-year study.
- ⁹ MARTIN, J. *et al*, Minimal invasive treatment for defective restorations: Five-year results using sealants, **Operative Dentistry**, v. 38, n. 2, p. 125–133, 2013.
- ¹⁰ FERNÁNDEZ, Eduardo *et al*, Sealing composite with defective margins, good care or over treatment? results of a 10-year clinical trial, **Operative Dentistry**, v. 40, n. 2, p. 144–152, 2015.
- ¹¹ MARTIN *et al*, Minimal invasive treatment for defective restorations: Five-year results using sealants.
- ¹² FERNÁNDEZ *et al*, Sealing composite with defective margins, good care or over treatment? results of a 10-year clinical trial.
- ¹³ BROSH, Tamar *et al*, Effect of combinations of surface treatments and bonding agents on the bond strength of repaired composites, **Journal of Prosthetic Dentistry**, v. 77, n. 2, p. 122–126, 1997.
- ¹⁴ LOGUERCIO, Alessandro D. *et al*, A new universal simplified adhesive: 36-Month randomized double-blind clinical trial, **Journal of Dentistry**, v. 43, n. 9, p. 1083–1092, 2015.
- ¹⁵ CARRILHO, Eunice *et al*, 10-MDP based dental adhesives: Adhesive interface characterization and adhesive stability-A systematic review, **Materials**, v. 12, n. 5, p. 1–18, 2019.
- ¹⁶ NAKAYAMA, Y; OKAZAKI, M; SHINTANI, H, on Adhesive Performance of Functional Monomers, p. 454–458, 2015.
- ¹⁷ YOSHIHARA, Kumiko *et al*, Adhesive interfacial interaction affected by different carbon-chain monomers, **Dental Materials**, v. 29, n. 8, p. 888–897, 2013.
- ¹⁸ FUKEGAWA, D. *et al*, Chemical interaction of phosphoric acid ester with hydroxyapatite, **Journal of Dental Research**, v. 85, n. 10, p. 941–944, 2006.
- ¹⁹ FEITOSA, Victor P. *et al*, Impact of hydrophilicity and length of spacer chains on the bonding of functional monomers, **Dental Materials**, v. 30, n. 12, p. e317–e323, 2014.
- ²⁰ FUKEGAWA *et al*, Chemical interaction of phosphoric acid ester with hydroxyapatite.
- ²¹ *Ibid.*
- ²² MATINLINNA, Jukka Pekka; LUNG, Christie Ying Kei; TSOI, James Kit Hon, Silane adhesion mechanism in dental applications and surface treatments: A review, **Dental Materials**, v. 34, n. 1, p. 13–28, 2018.
- ²³ MIRZAIE, Mansoreh *et al*, Surface treatment comparison by application of diamond bur and Er,Cr:YSGG at different powers: Morphological and mechanical evaluation, **Laser Therapy**, v. 25, n. 3, p. 215–220, 2016.
- ²⁴ OLIVEIRA, Pedro Henrique Cabral *et al*, Effect of Surface Treatment with CO2 Laser on Bond Strength in Composite Resin Restorations, **Photobiomodulation, Photomedicine, and Laser Surgery**, v. 37, n. 7, p. 428–433, 2019.
- ²⁵ LIU, Dan *et al*, A new modified laser pretreatment for porcelain zirconia bonding, **Dental Materials**, v. 29, n. 5, p. 559–565, 2013.
- ²⁶ PERDIGÃO, Jorge *et al*, In vivo Influence of Residual Moisture on Microtensile Bond Strengths of One-Bottle Adhesives, **Journal of Esthetic and Restorative Dentistry**, v. 14, Number, p. 31–38, 2002.

-
- ²⁷ LELOUP, G. *et al*, Meta-analytical review of factors involved in dentin adherence, **Journal of Dental Research**, v. 80, n. 7, p. 1605–1614, 2001.
- ²⁸ ÖZCAN, Mutlu *et al*, Effect of surface conditioning methods on the microtensile bond strength of resin composite to composite after aging conditions, **Dental Materials**, v. 23, n. 10, p. 1276–1282, 2007.
- ²⁹ NIKAIDO, T. *et al*, Evaluation of thermal cycling and mechanical loading on bond strength of a self-etching primer system to dentin, **Dental Materials**, v. 18, n. 3, p. 269–275, 2002.
- ³⁰ ÖZCAN *et al*, Effect of surface conditioning methods on the microtensile bond strength of resin composite to composite after aging conditions.
- ³¹ VANKERCKHOVEN, H. *et al*, Unreacted methacrylate groups on the surface of composite resins., **Journal of Dental Research**, v. 62, n. 2, p. 791–796, 1982.
- ³² TIAN, F. *et al*, Paucity of nanolayering in resin-dentin interfaces of MDP-based adhesives, **Journal of Dental Research**, v. 95, n. 4, p. 380–387, 2016.
- ³³ YOSHIHARA, K. *et al*, Etching Efficacy of Self-Etching Functional Monomers, **Journal of Dental Research**, v. 97, n. 9, p. 1010–1016, 2018.
- ³⁴ MATINLINNA; LUNG; TSOI, Silane adhesion mechanism in dental applications and surface treatments: A review.
- ³⁵ BROSH *et al*, Effect of combinations of surface treatments and bonding agents on the bond strength of repaired composites.
- ³⁶ OSKOEI, Parnian Alizadeh *et al*, Effect of various laser surface treatments on repair shear bond strength of aged silorane-based composite, **Journal of Lasers in Medical Sciences**, v. 8, n. 4, p. 186–190, 2017.
- ³⁷ BROSH *et al*, Effect of combinations of surface treatments and bonding agents on the bond strength of repaired composites.
- ³⁸ MATINLINNA; LUNG; TSOI, Silane adhesion mechanism in dental applications and surface treatments: A review.
- ³⁹ ALTINCI, Pinar; MUTLUAY, Murat; TEZVERGIL-MUTLUAY, Arzu, Repair bond strength of nanohybrid composite resins with a universal adhesive, **Acta Biomaterialia Odontologica Scandinavica**, v. 4, n. 1, p. 10–19, 2018.
- ⁴⁰ KIMYAI, Soodabeh *et al*, Comparison of the effect of three mechanical surface treatments on the repair bond strength of a laboratory composite, **Photomedicine and Laser Surgery**, v. 28, n. SUPPL. 2, 2010.
- ⁴¹ CHO, S. D. *et al*, Effect of Er,Cr:YSGG laser, air abrasion, and silane application on repaired shear bond strength of composites., **Operative dentistry**, v. 38, n. 3, p. 1–9, 2013.
- ⁴² SUBAŞI, Meryem Gülce; ALP, Gülce, Repair bond strengths of non-aged and aged resin nanoceramics, **Journal of Advanced Prosthodontics**, v. 9, n. 5, p. 364–370, 2017.
- ⁴³ DE SOUZA, Marcela Oliveira *et al*, One-year aging effects on microtensile bond strengths of composite and repairs with different surface treatments, **Brazilian Oral Research**, v. 31, p. 1–7, 2017.
- ⁴⁴ KIOMARSI, Nazanin *et al*, Effect of thermocycling and surface treatment on repair bond strength of composite, **Journal of Clinical and Experimental Dentistry**, v. 9, n. 8, p. e945–e951, 2017.