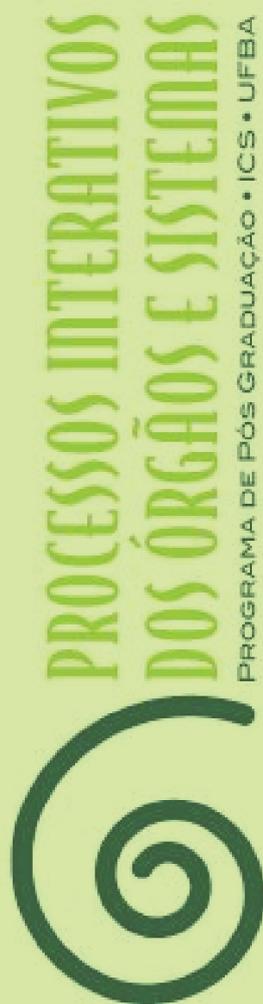


UFBA

Universidade Federal da Bahia
Instituto de Ciências da Saúde

CÍNTIA SILVA AQUINO



**INFLUÊNCIA DO MODO DE REPARO NA RESISTÊNCIA
ADESIVA E NANOINFILTRAÇÃO DE UMA RESINA
BULK FILL APÓS ENVELHECIMENTO**

Salvador
2017



**PROCESSOS INTERATIVOS
DOS ÓRGÃOS E SISTEMAS**
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO • ICS • UFBA



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PROCESSOS
INTERATIVOS DOS ÓRGÃOS E SISTEMAS**

CÍNTIA SILVA AQUINO

**INFLUÊNCIA DO MODO DE REPARO NA RESISTÊNCIA ADESIVA
E NANOINFILTRAÇÃO DE UMA RESINA BULK FILL
APÓS ENVELHECIMENTO**

Salvador
2017

CÍNTIA SILVA AQUINO

**INFLUÊNCIA DO MODO DE REPARO NA RESISTÊNCIA ADESIVA
E NANOINFILTRAÇÃO DE UMA RESINA BULK FILL
APÓS ENVELHECIMENTO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Processos Interativos dos órgãos e Sistemas, Instituto de Ciências da Saúde, Universidade Federal da Bahia, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Processos Interativos dos órgãos e Sistemas.

Orientadora: Profa. Dra. Paula Mathias de Moraes Canedo

Salvador
2017

Aquino, Cíntia Silva

Influência do Modo de Reparo na Resistência Adesiva e Nanoinfiltração de uma Resina Bulk Fill Após Envelhecimento. / [Manuscrito]. Cíntia Silva Aquino.

Salvador, 2017.

47 f. : il.

Orientadora: Profa. Dra. Paula Mathias de Moraes Canedo.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal da Bahia. Instituto de Ciências da Saúde. Programa de Pós-Graduação em Processos Interativos dos órgãos e Sistemas, Salvador, 2017.

1. Resinas dentárias. 2. Resistência à tração. 3. Nanoinfiltração
I. Canedo, Paula Mathias de Moraes. II. Universidade Federal da Bahia.
Instituto de Ciência da Saúde. Programa de Pós-Graduação em Processos Interativos dos órgãos e Sistemas. III. Título

CDD 617.69 23. ed.

UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE



TERMO DE APROVAÇÃO

DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO

CINTIA SILVA AQUINO

**Influência do Modo de Reparo na Resistência Adesiva e Nanoinfiltração de uma Resina
Bulk Fill Após Envelhecimento**

Salvador, Bahia, 04 de dezembro de 2017

COMISSÃO EXAMINADORA:

Prof.^a Dr.^a Paula Mathias de Moraes Canedo – Universidade Federal da Bahia

Prof.^a Dr.^a Andréa Araújo de Nóbrega Cavalcanti – Universidade Federal da Bahia

Prof.^a Dr.^a Priscila Christiane Suzy Liporoni – Universidade de Taubaté

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, por ser essencial em minha vida, autor do meu destino, meu guia, socorro presente na hora de angústia, e a minha família, alicerce da minha vida e motivação para buscar sempre o melhor.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por proteger e iluminar meus caminhos e escolhas, e pelas pessoas maravilhosas que colocou em minha trajetória.

A meus pais, Almir e Glívia, pelo apoio e pela melhor herança que poderiam deixar para mim: o estudo. Obrigada por apoiarem todas as minhas escolhas.

A meu esposo Márcio, pela compreensão, paciência, amor e compartilhamento de um sonho. Obrigada por caminhar a meu lado. Espero poder comemorar ainda muitas conquistas a seu lado!

A meu filho, Davi, pelo amor incondicional, pela alegria que me proporciona e por tornar a minha vida mais leve.

A minhas irmãs, Christiane e Claudia, pela confiança e por existirem na minha vida.

À Prof^a Dra. Paula Mathias, minha orientadora, pelos seus ensinamentos e por ter me conduzido nos caminhos da pesquisa. Muito obrigada por me corrigir com gentileza e por compreender minhas limitações.

À Prof^a Dra. Andréa Lira, colega e amiga, pela confiança em meu trabalho e por estar sempre disposta a me ajudar.

À minha amiga Ana Rita Sokolonski, pela amizade, ajuda, conselhos e companheirismo não apenas nesta pesquisa, mas em toda minha vida profissional.

À minha colega Caroline Mathias, pela ajuda, paciência, atenção e disposição em todas as fases desta pesquisa. Obrigada por sua generosidade, desprendimento e por compartilhar seus conhecimentos. Desejo que tenha muito sucesso em sua vida!

À minha colega Suelem Chassi, pela ajuda, paciência e atenção, pois, mesmo de longe, pôde colaborar intensamente com este trabalho.

À minha colega de mestrado Taís Donato, por toda a ajuda, pela tranquilidade transmitida em todas as fases desta pesquisa e pelo compartilhamento de minhas angústias.

A meus amigos Verônica e Caio, pela ajuda e carinho que possuem não só comigo, mas com toda minha família. Muito obrigada pelo amor e atenção com meu filho, principalmente em minhas ausências.

À Faculdade de Odontologia de Piracicaba (UNICAMP), por ter permitido a utilização dos equipamentos para a realização desta pesquisa.

Ao laboratório de bioquímica do Instituto de Ciências da Saúde, especialmente às Professoras Elisangela Campos e Gabriela Martins, por terem aberto as portas desse laboratório no momento em que mais precisei.

À colega Vivian Leite pela gentileza na orientação no uso da cortadeira.

Aos Professores Anderson Freitas e Leonardo Cunha pelos ensinamentos durante esta pesquisa.

A meus colegas da Prefeitura Municipal de Salvador, pela compreensão, pela escuta e pelo alegre convívio.

A meus queridos colegas de turma do mestrado em Processos Interativos dos Órgãos e Sistemas, os quais tornaram amenos mesmo os momentos mais estressantes do curso. Obrigada, pessoal, pela amizade, pela união e pela ajuda em todos os momentos!

A todos que me apoiaram e ajudaram de alguma forma, neste trabalho.

Muito obrigada!

“Aqueles que passam por nós não vão sós, não nos deixam sós. Deixam um pouco de si,
levam um pouco de nós”. (Antoine de Saint-Exupéry)

AQUINO, Cíntia Silva. **Influência do modo de reparo na resistência adesiva de uma resina bulk fill após envelhecimento**. 44 f. 2017. Dissertação (Mestrado em Processos Interativos dos Órgãos e Sistemas) - Instituto de Ciências da Saúde, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2017.

RESUMO

O presente estudo teve o objetivo de avaliar como diferentes modos de reparo influenciam na resistência adesiva e na nanoinfiltração de uma resina *bulk fill*, após envelhecimento. Foram confeccionados 96 espécimes com a resina Filtek Bulk Fill (3M ESPE, 4mm espessura), e metade deles foi submetida à termociclagem (10.000 ciclos; 5-55°C). Os espécimes foram divididos em 6 grupos, de acordo com o modo de reparo: G0 – Grupo controle, sem reparo; G1 – Sistema adesivo (ácido fosfórico + adesivo; Adper Single Bond 2, 3M, ESPE); G2 – Abrasão com ponta diamantada + ácido fosfórico + adesivo; G3 – Jateamento óxido de alumínio + ácido fosfórico + adesivo; G4 – Abrasão com ponta diamantada + ácido fosfórico + silano + adesivo; e G5 – Jateamento óxido de alumínio + ácido fosfórico + silano + adesivo. O reparo foi realizado com a mesma resina, em cada superfície tratada. Após 24h, os espécimes foram submetidos ao teste de microtração em uma máquina de ensaios universais, e a área da fratura foi analisada em uma lupa estereoscópica, com aumento de 40X, para verificar o padrão de fratura. A nanoinfiltração foi avaliada utilizando-se um microscópio óptico com 500X de aumento. A análise estatística foi realizada por meio da ANOVA e pelo teste de Dunnett, com nível de significância 5%. Para a resistência adesiva, G1 e G2 apresentaram os valores mais baixos e G1 foi o único influenciado negativamente pelo envelhecimento. Os demais grupos foram similares ao grupo controle. A maioria das fraturas foi do tipo coesiva, no tempo inicial, e mista para G1 e G2, após o envelhecimento. A nanoinfiltração ocorreu em todos os grupos, embora em níveis menores para os grupos em que o silano foi aplicado. A termociclagem não influenciou a nanoinfiltração. Conclui-se que o uso apenas do sistema adesivo é insuficiente para reparar a resina bulk fill testada, e o uso do silano deve ser recomendado.

Palavras-chave: Resinas compostas. Resistência à tração. Nanoinfiltração.

AQUINO, Cíntia Silva. *Effect of surface treatments on repair bond strength and nanoleakage of Bulk Fill composite after thermal aging*. 47 f. 2017. Dissertation (Master in Interactive Processes of Organs and Systems) - Institute of Health Sciences, Federal University of Bahia, Salvador.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the influence of thermocycling and repair protocols on bond strength and nanoleakage of bulk fill composite. Ninety-six specimens of bulk fill resin (Filtek Bulk Fill, 3M, ESPE) were made (4 mm), and half of the specimens were submitted to thermocycling (10,000 cycles, 5–55°C). The specimens were divided into six groups (n = 16) according to the following treatments: G0, no repair (control group); G1, adhesive system (phosphoric acid + adhesive; Adper Single Bond 2, 3M, ESPE); G2, abrasion with diamond bur + adhesive system; G3, air abrasion with Al₂O₃ particles + adhesive system; G4, abrasion with diamond bur + phosphoric acid + silane + adhesive; and G5, air abrasion with Al₂O₃ particles + phosphoric acid + silane + adhesive. Resin blocks with the same composite resin (4 mm) were bonded to the treated surfaces to simulate the repair. After 24 h, the specimens were submitted to microtensile testing in a universal testing machine, and the failure area was evaluated under a stereoscopic magnifying glass (40X) to identify the failure type. The nanoleakage was analyzed under an optical microscope at 500X magnification. Bond strength data were subjected to three-way ANOVA and Dunnett's test (5%). G1 and G2 showed the lowest value of bond strength, and G1 was the only group negatively influenced by aging. All of the other groups were statistically similar to the control group in both conditions (aging or not). Regarding nanoleakage, all groups exhibited leakage, but groups without silane presented the most leakage. Thermocycling did not influence the nanoleakage. Based on our findings, we propose that the use of adhesive system alone is unsuitable for the repair of the tested bulk fill composite and the use of silane must be recommended.

Key Words: Composite resins. Tensile strength.

LISTA DE FIGURA

Figura 1 Porcentagem do padrão de fratura

30

LISTA DE TABELAS

| | | |
|-----------------|---|----|
| Tabela 1 | Divisão dos grupos experimentais de acordo com o tratamento de superfície prévio ao reparo | 25 |
| Tabela 2 | Desdobramento da interação entre os fatores tratamento mecânico e silano (dados do fator tempo estão agrupados) para a microtração | 29 |
| Tabela 3 | Médias (desvio-padrão) dos grupos experimentais da resistência adesiva | 30 |
| Tabela 4 | Média (desvio-padrão) do desdobramento da interação entre os fatores tratamento e silano para os dados de nanoinfiltração (dados do fator tempo estão agrupados). | 31 |
| Tabela 5 | Médias (desvio-padrão) dos grupos experimentais para a variável nanoinfiltração | 32 |

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| 1 INTRODUÇÃO GERAL | 13 |
| CAPÍTULO 1 | 20 |
| 2 INTRODUÇÃO | 21 |
| CAPÍTULO 2 | 23 |
| 3 MATERIAIS E MÉTODOS | 24 |
| 3.1 OBTENÇÃO DOS CORPOS DE PROVA | 24 |
| 3.2 ENVELHECIMENTO DOS CORPOS DE PROVA | 24 |
| 3.3 TRATAMENTO DE SUPERFÍCIE E REPARO DOS CORPOS DE PROVA COM RESINA COMPOSTA | 24 |
| 3.4 RESISTÊNCIA ADESIVA | 26 |
| 3.5 ANÁLISE DO PADRÃO DE FRATURA | 26 |
| 3.6 AVALIAÇÃO DA NANOINFILTRAÇÃO | 26 |
| 3.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA | 27 |
| CAPÍTULO 3 | 28 |
| 4 RESULTADOS | 29 |
| 4.1 TESTE DE MICROTRAÇÃO | 29 |
| 4.2 PADRÃO DE FRATURA | 30 |
| 4.3 RESULTADO DA NANOINFILTRAÇÃO | 31 |
| CAPÍTULO 4 | 33 |
| 5 DISCUSSÃO | 34 |
| CAPÍTULO 5 | 39 |
| 6 CONCLUSÃO | 40 |
| REFERÊNCIAS | 41 |
| APÊNDICES | 45 |

1 INTRODUÇÃO GERAL

A odontologia adesiva oferece a possibilidade de tratamento de restaurações mais conservadoras, devido à redução no tamanho da cavidade dental preparada e à adesividade do material restaurador. Ela também permite o reparo de restaurações pré-existentes ao invés da sua completa remoção, preservando-se, dessa forma, a estrutura dentária¹. Além disso, as resinas compostas atuais são capazes de mimetizar propriedades singulares dos dentes, como cor, brilho e textura, e seu desgaste por abrasão tem se mostrado semelhante ao desgaste fisiológico do dente. Portanto, tendo em vista a melhora em suas características mecânicas, funcionais e estéticas, as resinas têm sido cada vez mais aceitas em restaurações dentais diretas ².

Contudo as resinas compostas ainda apresentam limitações em relação à sua capacidade de manter uma união duradoura com a estrutura dentária, pois sofrem degradação no meio intrabucal, com o passar do tempo^{3, 4}. Além disso, podem ocorrer fraturas, alterações de cor, manchas e perda de contorno anatômico ⁵. De acordo com Baldissera et al.², as taxas anuais de falha em restaurações de resina composta variam entre 0,3% e 2,5%, com um desempenho levemente melhor para restaurações anteriores. Fratura para os dentes posteriores e razões estéticas para os anteriores são as principais razões dessas falhas.

Em caso de falha na restauração, existem algumas opções para tratar esse defeito: renovar, reparar ou substituir o compósito. Renovar a resina composta compreende os procedimentos de acabamento e polimento, para melhorar a anatomia e as propriedades da superfície, de modo que nenhuma estrutura dentária ou material seja removida ou adicionada para melhorar a restauração. O reparo é um procedimento que envolve a remoção parcial da parte defeituosa da restauração, a qual será reparada com um novo material para completar a restauração. Já a substituição envolve a completa remoção da restauração, inclusive partes que parecem clinicamente aceitáveis, para a colocação de um novo material ^{6,7}.

Por anos, o tratamento preconizado foi a substituição completa da restauração, mesmo na presença de pequenas imperfeições. A substituição total de uma restauração é frequentemente indesejável por aumentar, invariavelmente, o tamanho da cavidade e, por vezes, traumatizar a polpa⁸. Portanto, considerando uma filosofia minimamente

invasiva, a realização de reparos tem sido proposta e enfatizada, gerando uma abordagem mais conservadora, de melhor entre custo e benefício, menor tempo clínico, menor perda de estrutura dental e menor injúria pulpar⁹. Fernández et al.¹⁰ avaliaram a longevidade de reparos em resina composta por 10 anos e concluíram que tal reparo deve ser escolhido quando clinicamente indicado, pois consiste em um tratamento minimamente invasivo e pode aumentar a longevidade das restaurações. Sendo assim, ele deve ser indicado em caso de defeitos localizados, que são clinicamente insatisfatórios e não aceitáveis, como descoloração marginal superficial, correção de cor, fratura da restauração e fratura do dente⁹. Entretanto a reparação de compósitos é frequentemente desafiadora, uma vez que existem poucas ligações duplas reativas nos compósitos antigos para serem aderidas à nova resina⁸.

O PROCESSO DE ENVELHECIMENTO DA RESINA COMPOSTA

O processo de reparo pode ser mais complicado em uma restauração antiga de resina composta, porque a quantidade de ligações duplas de carbono remanescentes diminui com o tempo. A absorção ou adsorção de moléculas de água por monômeros hidrofílicos do material resinoso exposto ao ambiente úmido da boca representa um dos vários mecanismos de degradação e pode resultar em ruptura da união das partículas de carga da matriz resinosa, além de lixiviação de monômeros não reagidos e de outros componentes da matriz polimérica¹¹.

Esse mecanismo pode resultar na lixiviação de componentes e na “plastificação” das resinas. Com isso, o processo de envelhecimento da resina composta resulta na formação de uma camada de superfície degradável, o que afeta a força adesiva de um reparo¹². Além disso, uma restauração de resina composta fraturada possui uma fase inorgânica, com a presença de partículas de carga que, muitas vezes, podem estar sem a cobertura de silano, o que impede a formação de ligações químicas com a nova camada de resina composta¹³.

A intensidade com que o processo de envelhecimento afeta o desempenho da restauração depende também das características da microestrutura e da composição das resinas. Portanto, as características da rede de polímeros e das partículas de carga – a composição, o percentual de carga em peso e a área de superfície – exercem um papel

fundamental. Essas características podem ser importantes na determinação da efetividade do tratamento de superfície para reparar restaurações ¹⁴.

CICLAGEM TÉRMICA

O envelhecimento dos compósitos pode ser reproduzido *in vitro* através da ciclagem térmica. Esse método envolve a submissão de espécimes a temperaturas extremas, na tentativa de reproduzir as mudanças térmicas que acontecem na cavidade oral ¹⁵. Atualmente, a ciclagem térmica é um dos processos mais amplamente utilizados para simular o envelhecimento fisiológico experimentado por biomateriais na prática clínica¹⁶.

Deng et al.⁵ compararam a degradação de diferentes métodos de envelhecimento e afirmaram que a termociclagem diminui a força adesiva em quase 50% e aumenta a expressão de nanoinfiltração dos adesivos. Bektas et al.¹⁵ investigaram o efeito de dois diferentes tratamentos de superfície e três diferentes números de termociclagem e concluíram que o envelhecimento com 10.000 ciclos afetou significativamente a força adesiva de reparo em resina composta.

NANOINFILTRAÇÃO

Nanoinfiltração é a infiltração em canais de tamanho nanométrico, que pode ocorrer dentro da camada híbrida e (ou) na camada adesiva, mesmo na ausência de fendas na margem. Essa difusão é simulada por meio de um traçador de baixo peso molecular, como o nitrato de prata (AgNO₃), para evidenciar as porosidades na interface¹⁷. Esse fenômeno pode causar um colapso da união e, conseqüentemente, falha na restauração¹⁸. Sendo assim, a avaliação de nanoinfiltração é considerada como determinante útil da análise da qualidade da camada híbrida e da vedabilidade do material restaurado¹⁹.

TRATAMENTO DE SUPERFÍCIE

Com o objetivo de aumentar a força de união entre a resina composta e o reparo, foram desenvolvidos diversos tipos de tratamento de superfície. Esses tratamentos possuem duas finalidades: remover a camada superficial alterada pela exposição à saliva, aumentando a energia da superfície da resina, e aumentar a área de superfície, pela criação de irregularidades²⁰. A união entre a resina antiga e a nova, no reparo, pode ocorrer de três maneiras: através de uma união química com a matriz orgânica, através de uma união química com as partículas de carga expostas e através de retenções micromecânicas da superfície tratada. De maneira geral, o condicionamento da superfície dos materiais dentários é o tratamento pelo qual a energia de superfície poderá ser aumentada. Assim, alguns tratamentos com a finalidade de elevar a energia de superfície do material a ser reparado são possíveis: tratamento químico, mecânico e mecânico seguido do químico²¹.

O preparo mecânico da superfície consiste em utilizar pontas diamantadas de granulação média ou jateamento com óxido de alumínio, a fim de remover a resina superficial possivelmente degradada e aumentar a energia de superfície⁸. Em relação ao tratamento químico, o condicionamento na superfície da resina composta a ser reparada com o ácido fosfórico a 37%, tem a função de limpeza, não produzindo irregularidades e rugosidades, como ocorre no esmalte e na dentina. Contudo, ao remover os detritos da superfície de união com o ácido, as irregularidades deixadas nessa superfície pelo desgaste da ponta diamantada e a porção inorgânica da resina composta são expostas. Promove-se, assim, um contato entre o novo incremento de resina e uma superfície com retenções mecânicas e com as partículas inorgânicas do compósito expostas¹². De acordo com Loomans et al.²², uma resina com carga híbrida demonstra uma superfície valentecompositos não deveriam ser vistos como um grupo de materiais que possuem propriedades idênticas quando reparados, pois o efeito do condicionamento ácido irá depender, em grande parte, da composição das partículas de carga.

Valente et al.⁶, realizaram uma revisão sistemática da literatura e uma metanálise do impacto do tratamento químico e (ou) físico da superfície na resistência de união de reparo em compósitos dentais à base de metacrilato e concluíram que a aplicação química ou física, somada ao tratamento químico da superfície de compósitos

dentais envelhecidos, parece ser benéfica para o aumento da reparação da força adesiva dos compósitos.

Em relação ao agente de união, o adesivo é que promove a união química com a matriz orgânica da resina composta, sendo o agente intermediário de união entre o reparo e a resina²⁰. Dessa forma, recomenda-se a aplicação do sistema adesivo para aumentar a eficácia do reparo. Andrade, Shimaoka e Carvalho.²³ avaliaram três tipos de adesivos nos reparos de uma resina composta e concluíram que os agentes de união autocondicionantes foram mais eficazes nos procedimentos de reparo quando não foi realizado tratamento algum de superfície.

A aplicação do silano, em conjunto com o adesivo, no reparo em resina composta tem sido sugerida devido à sua função de promover a união entre as fases orgânica e inorgânica na formulação de compósitos odontológicos^{6,24}. Na Odontologia, o mais utilizado é o γ -metacrilioxipropiltrimetoxisilano (MPTS), que, por ser uma molécula bifuncional, é composto, de um lado, por um grupo de metacrilato, que pode reagir com o adesivo e o compósito, e, de outro, por um grupo silanol reativo, que pode formar ligações de siloxano com a alumina e (ou) a sílica presente sobre a superfície desgastada ou condicionada⁷. A silanização do conteúdo inorgânico promove melhores propriedades mecânicas, como resistência à flexão e à tração, tenacidade à fratura e módulo de elasticidade²⁵. Estudos *in vitro* de reparos em resina composta mostraram efeitos positivos significativos com uso do silano, quando comparado com as mesmas situações sem o uso do silano^{24,26}.

ENSAIO DE MICROTRAÇÃO

O teste de microtração consiste na modificação da metodologia do teste de tração, na qual houve a diminuição das dimensões dos corpos de prova. Nesse teste, um corpo de prova com dimensão padronizada é submetido a um esforço que tende a alongá-lo ou esticá-lo até sua ruptura²⁷.

O ensaio de microtração tem alcançado destaque em estudos que avaliam a resistência adesiva de materiais, uma vez que, supostamente, permitiria resolver alguns problemas dos tradicionais ensaios de cisalhamento e tração, sobretudo no que diz

respeito à redução da ocorrência de falhas coesivas, que dificultariam a mensuração de valores reais de resistência adesiva²⁸.

Essa maior sensibilidade da metodologia pode ser explicada por sua capacidade em mensurar valores mais altos de resistência, já que a ruptura ocorre, majoritariamente, na interface adesiva, e não prematuramente como falha coesiva, o que é mais frequente no teste de cisalhamento. Portanto, a metodologia de microtração pode ser considerada mais fidedigna na avaliação de resistência adesiva de interfaces, sobretudo quando os valores são superiores a 25Mpa²⁸.

A RESINA *BULK FILL*

As resinas *bulk-fill* foram propostas para utilização na técnica monoincremental ou “em bloco”, aplicando-se espessura de até 4-5 mm para realizar uma restauração, uma vez que possuem baixa contração de polimerização²⁹. É sabido, contudo, que, à medida que a espessura de incremento aumenta, menos fótons de luz atingem as porções mais profundas do compósito³⁰.

A fim de diminuir esse efeito, fabricantes das resinas *bulk fill* utilizam diferentes estratégias na formulação desses materiais, aumentando a translucidez da resina composta, o que permite maior transmissão de luz, ou ainda modulando a reação de polimerização por meio de monômeros especiais que aliviam a tensão. Também é relatado o uso de fotoiniciadores mais reativos e a incorporação de diferentes tipos de carga, como partículas de pré-polímero e fibra de vidro³¹.

Ademais, o preenchimento da cavidade através de aplicação única de incremento evita a incorporação de ar e a contaminação entre as camadas de compósitos, levando a restaurações mais compactas³². Espera-se também que esses materiais tenham um menor módulo de elasticidade nas camadas mais profundas, o que favoreceria a dissipação de forças durante a mastigação ou frente a mudanças bruscas de temperatura³³, o que, conseqüentemente, geraria menos problemas na interface adesiva.

Um exemplo dessas resinas é a Filtek Bulk Fill (3M ESPE), uma resina nanoparticulada que, de acordo com o fabricante, apresenta um monômero de fragmentação adicional. Durante a polimerização, o grupo central pode se fragmentar e aliviar as tensões sem prejudicar a resistência ao desgaste. O outro componente é o

uretano dimetacrilato aromático, que, por ser um monômero de maior peso molecular que os dimetacrilatos tradicionais, ajuda a reduzir a quantidade de contração e o estresse que ocorre durante a polimerização³⁴.

A técnica de restauração com a resina *bulk fill*, em comparação com a técnica de estratificação tradicional, ganhou popularidade devido ao aumento da eficiência no controle da contração volumétrica associada à cura de grandes volumes de resina composta, sem comprometer a qualidade e o resultado final da restauração³⁵. Damanhoury e Platt³⁶, estudando a cinética do estresse da contração de polimerização de cinco resinas *bulk fill*, relataram uma redução significativa na contração de polimerização, mantendo-se, simultaneamente, a eficiência de cura a 4 mm para alguns compósitos, o que pode ser utilizado em dentes posteriores. Rauber et al.³⁷, ao compararem a resistência à fadiga de dentes restaurados com uma resina composta *bulk fill* pela técnica incremental e de preenchimento único com a de uma resina composta convencional de inserção incremental concluíram que os dentes restaurados com a resina composta *bulk fill*, em ambas as técnicas de inserção, apresentaram valores de resistência à fadiga similares àqueles dos dentes restaurados com a resina composta convencional, pela técnica incremental.

Sendo assim, devido à sua praticidade, esse tipo de resina promete fazer parte da vida clínica dos profissionais da odontologia, embora poucos estudos sejam encontrados na literatura que simulem o envelhecimento das restaurações *bulk fill* e a eficácia de seus reparos. Dessa forma, o objetivo geral deste estudo *in vitro* foi o de avaliar como diferentes modos de reparo influenciam na resistência adesiva e na nanoinfiltração de uma resina *bulk fill*, após envelhecimento. Os objetivos específicos foram avaliar a influência do uso de agentes físicos e químicos na resistência de união entre os reparos de uma resina *bulk fill* reparada imediatamente após a sua confecção e após o envelhecimento, além de avaliar o tipo de fratura das resinas reparadas e verificar a presença de nanoinfiltração na interface adesiva dos reparos.

CAPÍTULO 1

2 INTRODUÇÃO

As propriedades mecânicas, estéticas e funcionais dos compósitos odontológicos tornaram esses materiais a opção preferencial para restaurações diretas em dentes anteriores e posteriores^{2, 3}. Apesar de seu amplo uso, clinicamente, as restaurações em resina composta podem apresentar falhas e, por isso, muitas vezes, se indica sua substituição ou reparo^{9, 10}. Os reparos são procedimentos minimamente invasivos, que envolvem a remoção parcial da porção defeituosa da restauração, a qual será substituída com um novo material, possibilitando sua recuperação⁶.

Para muitos autores, as restaurações defeituosas são passíveis de um procedimento de reparo, em vez da sua total substituição^{9,10,20,38}. As vantagens do reparo são: menor enfraquecimento do remanescente dentário, menor injúria ao complexo dentinopulpar e menor custo financeiro. Sendo assim, o reparo deve ser indicado em caso de defeitos localizados, clinicamente insatisfatórios, como nos casos de descoloração marginal superficial, correção de cor, fratura da restauração e fratura do dente.

O maior desafio para o reparo em resina composta consiste na dificuldade de união entre a resina antiga e a resina recém-aplicada, já que mudanças ocorrem na resina durante o processo de envelhecimento, como a absorção de água, a degradação química e a perda de partículas de carga¹². A absorção de água pelos monômeros hidrofílicos do material resinoso exposto ao ambiente úmido leva à degradação, pela ruptura da união entre carga e matriz resinosa e ao amolecimento do componente resinoso, pela dilatação da rede polimérica. Tal processo reduz as propriedades mecânicas, influenciando negativamente a adesão¹¹. Além disso, a superfície de uma restauração antiga consiste em uma matriz orgânica já maturada e menos reativa, onde as partículas inorgânicas estão desprovidas da cobertura do silano e incapazes de se ligarem quimicamente ao novo compósito¹³. Porém, se a superfície da restauração for adequadamente tratada, o reparo torna-se uma opção de tratamento viável e elegível³⁹.

Com o objetivo de aumentar a força de união entre a resina composta e o reparo, pesquisas diversas estudaram a relevância dos tipos de tratamento de superfície^{1, 8, 24, 40}. Tais tratamentos possibilitam a remoção da camada superficial alterada pela exposição à

saliva, aumentando a área de superfície da resina e sua energia pela criação de irregularidades²⁰ e podem ser: mecânico, químico, ou mecânico seguido do químico.

O preparo mecânico consiste em asperizar a superfície da resina com pontas diamantadas ou com o jateamento com óxido de alumínio, a fim de remover a resina superficial possivelmente degradada⁸. No tratamento químico, o condicionamento da superfície da resina composta a ser reparada com o ácido fosfórico a 37% tem a função de limpeza¹². A utilização do silano tem a capacidade de união química com as partículas de carga da resina, além de poder aumentar a capacidade de escoamento do sistema adesivo nas superfícies irregulares²⁶. Em relação ao adesivo, esse é o elemento que promove a união química com a matriz orgânica da resina composta, sendo o agente intermediário de união entre o reparo e a resina a ser reparada^{20, 41}.

Uma nova geração de resina composta, denominada *bulk fill*, que possui baixa contração de polimerização, foi introduzida no mercado com a vantagem de ser polimerizada em profundidades de até 5mm pela técnica monoincremental ou "em bloco"²¹. Tal vantagem é possível devido ao aumento da translucidez, que permite maior transmissão de luz, possibilitando a fotoativação de maiores incrementos da resina. Além da modulação da reação de polimerização, por meio de monômeros específicos, que aliviam o estresse, há o uso de fotoiniciadores mais reativos e incorporação de diferentes tipos de carga, como partículas de pré-polímero e segmentos de fibra de vidro³¹.

Diante do crescente e promissor uso das resinas *bulk fill*, as preocupações acerca da durabilidade e de fatores relacionados à sobrevivência e sucesso clínico desses tipos de compósitos permanecem, visto que essas são comumente restaurações extensas e profundas (dentes posteriores, 4 a 5mm de profundidade), onde o reparo traria inúmeros benefícios, quando bem indicado. Logo, torna-se necessário avaliar qual o melhor protocolo de reparo dessas resinas, uma vez que elas apresentam composições diferentes. As hipóteses desta pesquisa são: que o modo de reparo não influencia na resistência adesiva da resina *bulk fill* e que o envelhecimento influencia na resistência adesiva da resina *bulk fill* independentemente do protocolo de reparo utilizado. Portanto, este estudo se propõe a avaliar como diferentes modos de reparo influenciam na resistência adesiva de uma resina *bulk fill* de baixa contração após a termociclagem, avaliar o tipo de fratura das resinas reparadas e verificar a presença de nanoinfiltração na interface adesiva dos reparos.

CAPÍTULO 2

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 OBTENÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

Para a obtenção dos corpos de prova, foram confeccionadas duas matrizes metálicas, quadradas, bipartidas, com o interior perfeitamente liso e as seguintes dimensões: a primeira com 4mm de altura, 6 mm de largura e 6 mm de comprimento; a segunda com 8mm de altura, 6 mm de largura e 6 mm de comprimento. Foram realizados 2 incrementos de 4mm com a resina Filtek Bulk Fill na cor B1 (3M ESPE, St. Paul, MN, USA) para o grupo controle; para o restante dos grupos, o preenchimento foi realizado em incremento único de 4mm. A resina foi acomodada com uma espátula de inserção sobre uma placa de vidro, e uma tira de poliéster foi utilizada, com um peso de 500 gramas, antes da fotoativação. Os espécimes foram fotoativados com fonte de luz LED, durante 40 segundos (1.000 mm/cm^2 , VALO, Ultradent Products Inc., South Jordan, UT, USA), e, em seguida, houve uma fotoativação adicional de 40 s em cada amostra após a retirada da matriz metálica. Posteriormente, foram armazenados em água destilada, em estufa, a 37°C por 24h. Os 96 corpos de provas foram divididos em 6 grupos, de acordo com o protocolo de reparo (G0, G1, G2, G3, G4, G5), e cada grupo foi subdividido em 2 subgrupos (n=8): sem envelhecimento e com envelhecimento por ciclagem térmica.

3.2 ENVELHECIMENTO DOS CORPOS DE PROVA

Após a confecção dos corpos de prova e antes da realização dos reparos, metade deles foi envelhecida por meio da termociclagem. Foram submetidos a 10.000 ciclos térmicos, em banhos de água alternados, com temperatura entre 5 e 55°C e com 15 segundos de duração em cada temperatura, totalizando 30 segundos para cada ciclo⁵.

3.3 TRATAMENTO DE SUPERFÍCIE E REPARO DOS CORPOS DE PROVA COM RESINA COMPOSTA

O tratamento da superfície a ser reparada foi realizado de acordo com os protocolos apresentados a seguir (Tabela 1).

Tabela 1 – Divisão dos grupos experimentais de acordo com o tratamento de superfície prévio ao reparo

| Tipo de material | RESINA BULK FILL (96cp) | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|----------------------------|-----|--|-----|---|-----|-------------------------------|-----|---|-----|--|-----|
| | G0 | | G1 | | G2 | | G3 | | G4 | | G5 | |
| Tratamento de superfície | Controle | | Ac. fosfórico+ adesivo | | Ponta. diamantada + ac. fosf. + adesivo | | Ox. al. + ac. fosf. + adesivo | | Ponta diamantada + ac. fosf. + silano + adesivo | | Ox. al. + ac. fosf. + silano + adesivo | |
| Altura | 8mm | | 4 mm | | 4 mm | | 4 mm | | 4 mm | | 4 mm | |
| Envelhecimento | sem | com | sem | com | sem | Com | sem | com | sem | com | sem | com |
| Quantidade de corpos de prova | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| Reparo | Sem reparo | | Reparo de 4mm com resina <i>bulk fill</i> cor A3 | | | | | | | | | |
| Corpo de prova final | Bloco único 8mm (B1) | | 8mm (cor B1+ cor A3) | | | | | | | | | |

Fonte: Autoria própria

O condicionamento com ácido fosfórico a 37% (Condac 37, FGM, Joinville, SC, Brasil) foi realizado por 30 segundos, seguido por lavagem com água e secagem com jato de ar. Para a abrasão da superfície da resina, foi utilizada uma ponta diamantada cilíndrica de média granulação, numeração 4138 (KG sorensen, Cotia, SP, Brasil) sobre a superfície da resina, em alta rotação. com *spray* de água, sendo trocada a cada 5 corpos de prova. Para o jateamento com óxido de alumínio (50 microns) foi utilizado o aparelho Microjato (Bio-Art, São Carlos, SP, Brasil) na distância de 10mm e com pressão de 60 a 80 lbf/12, durante 10 segundos. A aplicação do silano (Prosil, FGM, Joinville, SC, Brasil) foi realizada com auxílio de pincéis descartáveis (KG Brush, KG Sorensen, Cotia, SP, Brasil) durante 1 minuto. A aplicação de adesivo de frasco único Adper Single Bond 2 (3M ESPE, St. Paul, MN, USA) foi realizada de acordo com as instruções do fabricante; foram aplicadas duas camadas consecutivas de adesivo, seguida da aplicação de pincel descartável saturado de material, agitando-o gentilmente na superfície por 15 segundos, seguido de um *spray* de ar para evaporação do solvente e, em seguida, fotoativação por 10s.

Para a realização dos reparos, foi utilizada a matriz de 8mm, na qual o corpo de prova foi inserido após o tratamento da superfície, e reparado com utilização da resina

composta Filtek Bulk Fill na cor A3, permitindo a distinção da resina antiga e o reparo. A técnica restauradora foi a mesma descrita anteriormente para a confecção dos blocos iniciais de resina composta, sendo utilizadas as normas estabelecidas pelo fabricante. Os reparos foram fotoativados com fonte de luz LED, durante 40 segundos (1000 mm/cm^2 VALO, Ultradent Products Inc., South Jordan, UT, USA) e armazenados em água destilada em estufa a 37° C após a polimerização durante 24 horas. Ao final obtiveram-se blocos de resina cor B1/ cor A3, com 8mm de altura.

3.4 RESISTÊNCIA ADESIVA

Os blocos de resina foram seccionados longitudinalmente em cortadeira metalográfica de precisão (Elquip, São Carlos, SP, Brasil), utilizando-se disco diamantado (Buehler, Lake Bluff, Illinois, EUA) em palitos de 1x1mm; 5 palitos da parte central de cada corpo de prova foram utilizados. Depois, foram fixados a um dispositivo metálico para microtração, com auxílio da cola de cianoacrilato (Superbond[®], Locitec, São Paulo, SP, Brasil) e acoplados à máquina de ensaios universais (Instron 4411, Norwood, Massachusetts, EUA) para que as tensões de tração ocorressem perpendicularmente ao corpo de prova. A máquina operou com velocidade de 1mm/min. Após a fratura, a dimensão da área foi mensurada utilizando-se um paquímetro digital (Mitutoyo, Japão), e a força de adesão em MPa foi calculada dividindo-se a força necessária para fraturar o palito (N) pela área (mm).

3.5 ANÁLISE DO PADRÃO DE FRATURA

Os corpos de prova foram avaliados quanto ao padrão de fratura, em fraturas adesivas, coesivas ou mistas, em uma lupa estereoscópica (Opton/ NTB-3A, Cotia, SP) com aumento de 40X.

3.6 AVALIAÇÃO DA NANOINFILTRAÇÃO

Para a análise da nanoinfiltração, foram selecionados, aleatoriamente, 1 palito (n=8) de cada subgrupo, que foram imersos em solução de nitrato de prata com 10 gramas de cristais de nitrato, adicionados a 10 ml de água deionizada, com posterior aplicação de gotas de hidróxido de amônio a 28% por 8 horas e, depois, incluídos em resina de poliestireno.

Após serem embutidos, os palitos foram planificados em politriz metalográfica (Politriz, AROTEC, São Paulo, SP, Brasil) com lixas d'água (Norton Abrasivos, Guarulhos, SP, Brasil) 600, 1200 e 2000, e polidos com discos de feltro e pastas diamantadas em granulação decrescente 3, 0,5 e 0,25 μ m. Entre cada granulação de lixa e de pasta, as amostras foram levadas à cuba ultrassônica por 10 minutos para remoção de detritos.

Para verificar a presença da nanoinfiltração na interface de união do reparo, foi realizada uma foto de cada palito, com aumento de 200X, em microscópio óptico (Carl Zeiss Scope A1/AXIO, Jena, Alemanha). Essa área selecionada incluía toda a interface com infiltração de nitrato de prata, e também a região que englobava a união entre as resinas. Após a seleção da área de cada corpo de prova, a padronização foi realizada com a mesma quantidade de pixels para cada imagem, com o auxílio do *software* (ImageJ; NIH, Bethesda, MD). Em seguida, a área infiltrada pela prata foi selecionada com o auxílio do mesmo *software*, o que permitiu a quantificação da área total selecionada e o percentual dessa área que se apresentava infiltrado pelo nitrato de prata. Assim, o percentual de infiltração do elemento traçador, na interface de união, pôde ser calculado, para cada corpo de prova.

3.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Inicialmente, foi realizada a análise exploratória dos dados da resistência adesiva para se verificar a homogeneidade das variâncias e para determinar se os erros experimentais apresentavam distribuição normal (parâmetros da Análise de Variância-ANOVA). A análise estatística inferencial foi feita por meio da Análise de Variância a 3 critérios. O controle foi testado individualmente por meio do teste de ANOVA/Dunnett. As análises foram feitas no programa estatístico SAS, versão 9.1, com nível de significância de 5%.

CAPÍTULO 3

4 RESULTADOS

4.1 TESTE DE MICROTRAÇÃO

A análise estatística demonstrou interação significativa entre os fatores principais, “tratamento” *versus* “silano” ($p=0,01$). A tabela 2 demonstra o desdobramento dessa interação pelo teste de Tukey.

Houve diferença entre os níveis do fator silano quando o tratamento foi feito na ponta diamantada. Nesse caso, a média do grupo 2 foi significativamente mais baixa. Adicionalmente, houve diferença entre os níveis do fator tratamento na ausência do silano (G2e G3), sendo as médias estatisticamente mais altas após o uso do jateamento (G3 e G5).

Tabela 2 – Desdobramento da interação entre os fatores tratamento mecânico e silano (dados do fator tempo estão agrupados) para a microtração

| Tratamento | Silano | |
|------------------------------------|-----------------|-----------------|
| | Ausente | Presente |
| Ponta diamantada+ ácido+adesivo | 26,38 (3,38) Bb | 32,81 (4,80) Aa |
| Jateamento ox. al.+ ácido+ adesivo | 32,49 (5,00) Aa | 32,86 (4,60) Aa |

Médias seguidas por letras distintas representam significância estatística (ANOVA a 3-critérios / Tukey; $\alpha=5\%$). Letras maiúsculas comparam níveis do fator tratamento, dentro da combinação entre níveis do fator silano (comparação entre linhas, dentro de cada coluna). Letras minúsculas comparam níveis do fator silano, dentro do fator tratamento (comparação entre colunas dentro de cada linha).

Fonte: Autoria própria

A comparação com o controle resultou em diferenças significativas, que foram localizadas pelo teste de Dunnett ($p<0,001$). A tabela 3 apresenta a média e desvio-padrão originais dos dados de resistência de união obtidos nos grupos experimentais e a demonstração destas diferenças com o controle. O G1 obteve os menores valores estatisticamente em ambos os tempos, sendo o único grupo onde houve diferença estatística entre o tempo inicial e após o envelhecimento. O G2 no tempo inicial obteve valor semelhante ao grupo controle, contudo após o envelhecimento seu valor foi menor que o GO. Os valores dos G3, G4 e G5 foram iguais estatisticamente entre si e entre o controle em ambos os tempos.

Tabela 3 – Médias (desvio-padrão) dos grupos experimentais da resistência adesiva

| Tratamento | Silano | Período | |
|-----------------------------------|---------------|------------------|---------------------|
| | | Inicial | Após envelhecimento |
| Ponta diamantada+ ácido+adesivo | Ausente (G2) | 26.48 (4.29) d | 26.28 (2.29) bd |
| | Presente (G4) | 32.92 (5.80) cd | 32.70 (4.15) cd |
| Jateamento ox.al.+ ácido+ adesivo | Ausente (G3) | 32.78 (5.99) cd | 32.20 (4.37) cd |
| | Presente (G5) | 33.84 (5.30) cd | 31.88 (3.89) cd |
| Ácido+adesivo (G1) | | 22,51 (5,27) abd | 14,14 (2,38) abc |
| Controle Go | | 32,55 (4,72) cd | 32,50 (3,27) cd |

a - demonstram grupos estatisticamente diferentes com o valor de Go no período inicial

b - demonstram grupos estatisticamente diferentes com o valor de Go no período final

c - demonstram grupos estatisticamente diferentes com o valor de G1 no período inicial

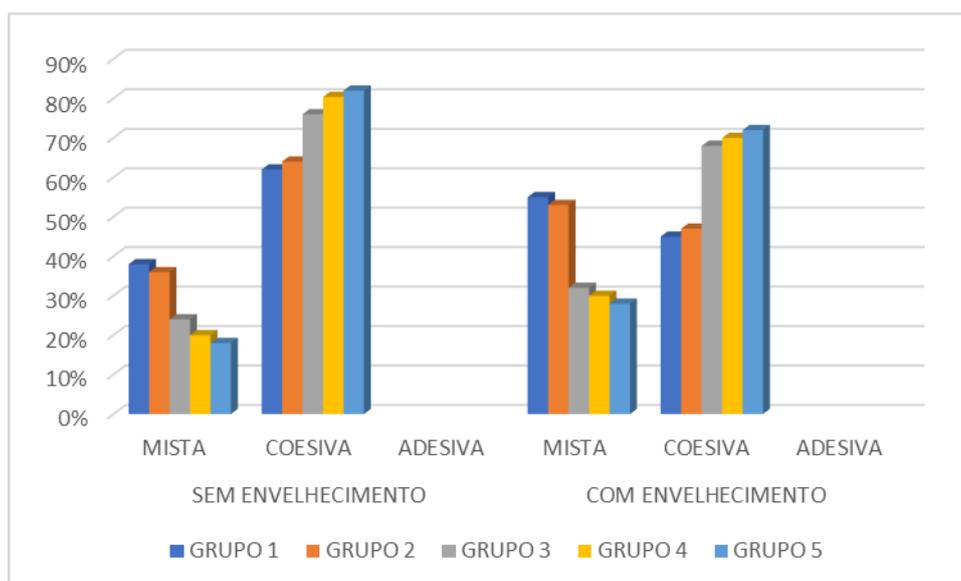
d - demonstram grupos estatisticamente diferentes com o valor de G1 no período final

Fonte: Autoria própria

4.2 PADRÃO DE FRATURA

O tipo mais comum encontrado em todos os grupos foi o de fratura coesiva (Figura 1). Entretanto, nos grupos 1 e 2, houve um maior número de fraturas mistas, quando comparados comparado aos demais grupos. Após o envelhecimento, houve uma diminuição das fraturas coesivas em todos os grupos e um aumento das mistas, principalmente nos grupos 1e 2.

Figura 1- Porcentagem do padrão de fratura



Fonte: Autoria própria

4. 3 RESULTADO DA NANOINFILTRAÇÃO

Nenhum dos grupos analisados foi capaz de impedir a infiltração pelo nitrato de prata, embora a análise estatística demonstrasse interação significativa entre os fatores principais “tratamento” *versus* “silano” para os de percentual de nanoinfiltração ($p < 0,001$). A Tabela 4 demonstra o desdobramento dessa interação pelo Teste de Tukey (dados do fator tempo estão agrupados nessas tabelas).

Houve diferenças entre os níveis do fator silano quando o tratamento foi a ponta diamantada (G2, G4). A nanoinfiltração foi significativamente mais alta na ausência do silano (G2). Houve diferença também entre os níveis do fator tratamento na ausência do silano, obtendo-se níveis de infiltração estatisticamente menores após o uso do jateamento (G3, G5).

Tabela 4 – Média (desvio-padrão) do desdobramento da interação entre os fatores tratamento e silano para os dados de nanoinfiltração (dados do fator tempo estão agrupados).

| Tratamento | Silano | |
|-----------------------------------|--------------------|----------------|
| | ausente | presente |
| Ponta diamantada+ ácido+adesivo | 12,01 (2,37) Aa | 2,37(0,85) Ab |
| Jateamento ox. al+ ácido+ adesivo | 4,54 (2,49) Ba | 2,84 (1,06) Aa |

Médias seguidas por letras distintas representam significância estatística (ANOVA a 3-critérios / Tukey; $\alpha=5\%$). Letras maiúsculas comparam níveis do fator tratamento, dentro da combinação entre níveis do fator silano (comparação entre linhas, dentro de cada coluna). Letras minúsculas comparam níveis do fator silano, dentro do fator tratamento (comparação entre colunas dentro de cada linha).

Fonte: Autoria própria

A comparação com o G1 (apenas sistema adesivo) resultou em diferenças significativas, que foram localizadas pelo teste de Dunnett ($p < 0,001$). A Tabela 5 apresenta a média e o desvio-padrão originais dos dados da nanoinfiltração obtidos nos grupos experimentais e a demonstração dessas diferenças com o Grupo 1. Os G1 e G2 obtiveram, estatisticamente, os maiores valores de nanoinfiltração; os G3, G4 e G5 tiveram os menores valores e foram estatisticamente iguais.

Tabela 5 – Médias (desvio-padrão) dos grupos experimentais para a variável nanoinfiltração

| Tratamento | Silano | Período | |
|------------------------------------|---------------|----------------|---------------------|
| | | Inicial | Após envelhecimento |
| Ponta diamantada+ ácido+adesivo | Ausente (G2) | 13,42 (1,93) | 10,61 (2,03) |
| | Presente (G4) | 2,22 (1,28)#\$ | 2,48 (0,57)#\$ |
| Jateamento ox. al.+ ácido+ adesivo | Ausente (G3) | 4,67 (2,87)#\$ | 4,44 (2,63)#\$ |
| | Presente (G5) | 2,54 (0,98)#\$ | 3,24 (1,23)#\$ |
| Ácido+adesivo (G1) | | 12,85 (1,70) | 9,41 (3,67) |

demonstram grupos estatisticamente diferentes com o valor de G no período inicial

\$ demonstram grupos estatisticamente diferentes com o valor de G no período final

Fonte: Autoria própria

CAPÍTULO 4

5 DISCUSSÃO

A hipótese de que o modo de reparo não influencia na resistência adesiva da resina *bulk fill* foi rejeitada, pois os grupos 1 (ácido + adesivo) e 2 (ponta diamantada + ácido + adesivo) apresentaram diferença estatística significativa entre os demais. A segunda hipótese foi parcialmente aceita, pois o envelhecimento foi capaz de influenciar na resistência adesiva apenas do grupo 1.

No presente estudo, os menores valores de resistência adesiva ocorreram no grupo 1, no qual não foi realizado nenhum tratamento mecânico de superfície. Esse grupo apresentou diferença estatística entre os demais grupos, e sua resistência adesiva foi reduzida estatisticamente sobre a superfície envelhecida. Esse fato pode ser explicado pela manutenção da camada envelhecida de resina, que pode ter sido responsável pela diminuição dos valores de adesão, já que a superfície da resina envelhecida se apresenta alterada devido à absorção de água, à degradação química dos monômeros e à perda de partículas de carga¹⁴. Esse resultado corrobora o estudo de Melo et al.⁴², que concluíram que o tratamento de superfície com ácido fosfórico a 37%, mais o adesivo, não deve ser usado sozinho, em reparos de resina composta. O ácido fosfórico não possui a capacidade de criar microrretenções na resina composta, tendo apenas a função de limpeza⁴². Contudo, quando se utiliza o tratamento mecânico da superfície, é imprescindível o uso de um agente de limpeza, pois ao se removerem os detritos da superfície que será utilizada na união, com a aplicação do ácido, expõem-se as irregularidades deixadas nessa superfície, aumentando a área total de superfície para a adesão¹².

Em relação ao tratamento mecânico da superfície, o grupo que utilizou a ponta diamantada (G2) apresentou valores estatisticamente menores, quando comparados aos valores apresentados pelo grupo do jateamento com óxido de alumínio (G3). A explicação para esse achado é que o aumento da resistência de união está ligado à rugosidade da superfície da resina, o que, provavelmente, se deve às maiores microrretenções causadas pelo desgaste com o jateamento. Esses achados corroboram os estudos de Rodrigues Junior, Ferracane e Bona¹, que, analisando em microscópio eletrônico as superfícies tratadas, encontraram uma superfície muito irregular e pouco retentiva no desgaste realizado com ponta diamantada de média granulação. Já no

tratamento com óxido de alumínio, uma topografia mais uniforme foi encontrada, resultando em maiores valores de resistência adesiva e sugerindo um padrão mais eficaz para retenção mecânica. Entretanto, Melo et al.⁴² e Yesilyurt, Kusgoz, Bayram e Ulker⁴³ não encontraram diferença estatística entre esses dois tipos de tratamento. Os estudos que encontraram uma diminuição da resistência adesiva com o jateamento de óxido de alumínio atribuem esse fato à redução da quantidade de resina disponível, devido ao excesso da exposição das partículas de carga⁴⁴. Portanto, talvez o que permite mais o aumento da resistência adesiva de um reparo seja o equilíbrio entre a rugosidade da superfície e as partículas de carga remanescentes²².

Contudo o grupo em que foi utilizada a ponta diamantada seguida do silano (G4) demonstrou valores de resistência de união estatisticamente iguais aos apresentados pelos grupos jateados (G3 e G5). Sendo assim, na ausência de um jateador intraoral, a utilização de pontas diamantadas para remover a camada de resina superficial e aumentar a rugosidade da superfície, seguida da aplicação do silano, poderia contribuir para a elevação dos valores de resistência adesiva do reparo. Além disso, alguns cuidados devem ser observados ao se utilizar o jateamento com óxido de alumínio intraoral, como o isolamento absoluto e um sugador eficiente, pois o aerossol de partículas abrasivas finas contamina o ambiente e pode ser prejudicial para o paciente e o operador²².

O silano é utilizado na odontologia como um agente de união. Sua molécula possui dois principais grupos funcionais; o silanol, que se liga às partículas de sílica de um material resinoso, e o grupo organofuncional, que se une ao metacrilato do adesivo⁷. Vários estudos têm investigado a aplicação de uma camada intermediária de silano, obtendo-se resultados conflitantes: por um lado, sua baixa viscosidade, sua elevada umidificação e sua capacidade de se ligar aos componentes inorgânicos dos compósitos podem aumentar a resistência de união²⁴; por outro lado, como o silano contém grupos hidrofílicos capazes de estabelecer um alto nível de ligações de hidrogênio, o acréscimo da sua quantidade, na interface adesiva, proporciona um aumento da sorção de água e da degradação hidrolítica ao longo do tempo^{26,45}. Nesta pesquisa, houve diferença estatística entre o uso do silano apenas no grupo que utilizou a ponta diamantada como tratamento mecânico; o G2 (ponta diamantada + ácido + adesivo) obteve valores menores estatisticamente que o G4 (ponta diamantada + ácido + silano + adesivo). Uma explicação para esse fato é que a camada de silano aplicada após a asperização com

ponta diamantada e após o uso do ácido pode permitir maior molhamento e penetrar nas irregularidades formadas, melhorando as propriedades mecânicas do reparo. Entretanto, no tratamento com o jateamento de óxido de alumínio (G3 e G5), o silano não foi capaz de aumentar a resistência adesiva. Isso pode ser explicado pelo fato de que o comportamento de desgaste do jateamento depende da microestrutura da resina composta. Sendo assim, em resinas nanoparticuladas, o jateamento pode provocar o rompimento das partículas de cargas, o que reduz a interação delas com o silano¹. Melo et al.⁴² não encontraram diferença estatística entre o uso do jateamento com ou sem o silano. Contudo Souza et al.²⁴ observaram maiores valores de resistência de união com o jateamento de óxido de alumínio seguido do silano.

Outro aspecto positivo do uso do silano é a ressilização das partículas de carga na superfície da restauração antiga, o que melhora a ligação entre as partículas de carga no compósito antigo e a matriz da nova resina²⁶. Seu efeito pode ser dependente do tipo de compósito envolvido na reparação, pois o acoplamento químico do silano com o compósito é dependente da quantidade de sílica disponível na superfície⁶. A resina *bulk fill* utilizada é feita à base de diuretano dimetacrilato (UDMA), Uretano dimetacrilato aromático (AUDMA) e Dodecano dimetacrilato (DDDMA), e contém cerca de 1-10% em peso de sílica tratada com silano, o que provavelmente influenciou positivamente na utilização do silano com o aumento da resistência de união no G4. Ademais, o tipo de silano utilizado foi o MPTS (Metacriloxipropiltrimetoxisilano), um dos mais frequentemente usados na formulação dos compósitos, e que possui a capacidade de evitar a agregação das partículas de carga²⁵.

De acordo com Ahmadizenouz et al.⁴⁰, uma resistência adesiva entre 15 e 25 MPa é sugerida para reparo em resina composta, pois esses valores são semelhantes aos de resistência adesiva da dentina com resina, o que poderia ser clinicamente aceitável. Neste estudo, com exceção do grupo 1, onde foi utilizado ácido fosfórico e adesivo, todos os tratamentos de superfície obtiveram resistência adesiva alta, acima de 25 Mpa. Esses altos valores de resistência adesiva no reparo de resinas nanoparticuladas são atingidos por diversos tipos de tratamento de superfície^{22, 40}. Isso pode ser explicado pelo fato de a resina *bulk fill* utilizada neste estudo ser composta por nanopartículas, e sabe-se que pequenas partículas de carga expõem uma maior área e aumentam a união. Vale ressaltar que os valores de resistência adesiva variam muito com a microestrutura e a composição da resina composta e que, sendo assim, os fabricantes deveriam colocar,

nas instruções, qual seria o tratamento mais eficiente para se reparar determinado compósito²², principalmente em novos produtos, como é o caso das resinas *bulk fill*.

De acordo com Gale e Darvell⁴⁶, 10.000 ciclos na máquina de termociclagem representam cerca de 1 ano de uso do material na cavidade oral. Diversos estudos mostraram a diminuição da força adesiva de uma resina composta após o envelhecimento^{5, 15, 24, 47}. Contudo poucas pesquisas sobre reparos em resinas *bulk fill* envelhecidas foram realizadas até o momento, e sabe-se que o tipo de resina influencia na degradação hidrolítica¹⁴. Neste ensaio, os resultados da resistência adesiva obtidos no grupo controle, com o envelhecimento, não foram estatisticamente diferentes do grupo que não sofreu a ciclagem térmica, o que corrobora o estudo de Pereira⁴⁸. Embora o processo de absorção de água seja multifatorial, ela acontece, em grande parte, devido à natureza hidrofílica das unidades monoméricas que compõem o polímero^{14,49}. Além disso, as diferenças na exposição de partículas, depois da termociclagem, são devidas provavelmente, à degradação da matriz, levando à exposição das partículas de carga subjacente e a um aumento da aspereza de superfície⁵⁰. Provavelmente, a não diminuição da resistência adesiva, após o envelhecimento, ocorreu devido à composição da resina Filtek bulk fill, a qual, de acordo com o fabricante, apresenta um monômero de fragmentação adicional (AFM) e o uretano dimetacrilato aromático (AUDMA), que é um monômero de maior peso molecular que os dimetacrilatos tradicionais e apresenta menor sorção de água, devido à presença dos grupos uretano⁴⁹.

Nesta pesquisa, houve um maior número de fraturas coesivas, principalmente nos grupos de maior força adesiva (G3, G4 e G5), no tempo inicial. Isso sugere que a força adesiva do reparo excedeu a força coesiva da resina composta, e o reparo não pôde ser considerado como a parte mais fraca^{41,43}. Após o envelhecimento, houve um aumento das fraturas mistas; nos grupos 1 e 2, a maioria obteve fratura mista e, no restante dos grupos, a maioria das fraturas observadas foi do tipo coesiva. Foi observado que quanto maior o valor da resistência de união, maior o número de fratura coesiva e menor o número de fratura mista. Valores de resistência adesiva altos têm sido relacionados com o padrão de fraturas coesivas, enquanto valores baixos de resistência adesiva aumentam o índice de fraturas adesivas⁵¹.

A nanoinfiltração é um fator importante para julgar a capacidade de selamento da interface por um material adesivo¹⁷. Ela provoca a infiltração de fluidos orais e produtos bacterianos através da interface, o que pode, por sua vez, comprometer a

estabilidade do reparo em resina composta. Apesar de nenhum tratamento ter sido capaz de evitá-la, os grupos 3, 4 e 5 apresentaram os menores valores de nanoinfiltração, quando comparados aos apresentados pelos grupos 1 e 2, tanto para os subgrupos sem o envelhecimento quanto após a ciclagem térmica. Isso demonstra, mais uma vez, a fragilidade da utilização apenas do sistema adesivo ou do tratamento com ponta diamantada no reparo em resina composta. Os G3, G4 e G5 também apresentaram os maiores valores de resistência adesiva, ratificando as ações benéficas da aplicação do silano para os procedimentos de reparo da resina composta tipo *bulk fill*, relatadas anteriormente. Em relação aos grupos que sofreram o envelhecimento, este achado corrobora o estudo de Pereira et al.⁴⁸, que também não encontraram diferença estatística na nanoinfiltração entre grupos de resina *bulk fill* que não foram submetidos a ciclos térmicos.

A investigação da resistência adesiva e da nanoinfiltração, em um mesmo estudo, permite construir uma avaliação mais precisa do comportamento adesivo e da permeabilidade da área de união do reparo a elementos que podem contribuir para sua degradação química. Assim, foi possível agregar informações capazes de ampliar o entendimento dos protocolos de reparo em uma resina *bulk fill*. Entretanto estudos clínicos e de longo prazo precisam ser realizados para se avaliar o comportamento de resinas *bulk fill* que foram reparadas com o uso de diferentes protocolos.

CAPÍTULO 5

6 CONCLUSÃO

De acordo com os resultados obtidos, podemos concluir que:

1. O uso apenas do sistema adesivo não se mostrou adequado para o reparo das resinas *bulk fill*.
2. A utilização do silano deve ser recomendada, principalmente quando utilizada a ponta diamantada como tratamento mecânico de superfície.
3. O envelhecimento das resinas *bulk fill* diminui a resistência adesiva, quando o reparo é realizado utilizando-se apenas o sistema adesivo.
4. O tratamento com jateamento com óxido de alumínio é capaz de dispensar o uso do silano.
5. Nenhum modo de reparo testado foi capaz de impedir a nanoinfiltração na interface do reparo.

REFERÊNCIAS

1. Rodrigues Junior SA, Ferracane JL, Bona AD. Influence of surface treatments on the bond strength of repaired resin composite restorative materials. *Dent Mater.*2009; 25(4):442-51.
2. Baldissera RA, Corrêa MB, Schuch HS, Collares K, Nascimento GG, Jardim OS, Moraes RR, Opdam NJM; Demarco FF. Are there universal restorative composites for anterior and posterior teeth?. *J Dent.* 2013; 4:1027-35.
3. Toledano M, Osorioa R, Osorioa, E, Fuentes, V, Pratib C, Garcia-Godoyc F. Sorption and solubility of resin-based restorative dental materials. *J Dent.*2003; 31:43-50.
4. Ferracane JL. Hygroscopic and hydrolytic effects in dental polymer networks. *Dent Mater.* 2006; 22:211-22.
5. Deng D, Yang H, Guo J, Chen X, Zhang W, Huang C. Effects of different artificial ageing methods on the degradation of adhesive–dentine interfaces. *J Dent.* 2014; 42:1577-85.
6. Valente LL, Sarkis-onofre R, Gonçalves AP, Fernandez E, Loomans B, Moraes RR. Repair bond strength of dental composites: systematic review and meta-analysis. *Int J Adhes & Adhes.* 2016. DOI : <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijadhadh.2016.03.020>.
7. Loomans BAC, Özcan MO. Intraoral repair of direct and indirect restorations: procedures and guidelines. *Oper Dent,* 2016, 41-3;68-78.
8. Hemadri M, Saritha G, Rajasekhar V, Pachlag KA, Purushotham R, Reddy VKK. *J Int Oral health.* 2014; 6(6): 22-5.
9. Ribeiro MD, Pazinato FB. Critérios clínicos para decisão entre substituição ou reparo de restaurações em resina composta- revisão de literatura. *Rev bras odontol.*2016; 73(3);223-30.
10. Fernández E, Martin J, Vildósola P, Oliveira Junior OB, Gord ANV, Mjor I, et al. Can repair increase the longevity of composite resins? Results of a 10 year clinical trial. *J Dent.*2015; 43(2)279-86.
11. Porto ICCM, Almeida AGA. Avaliação em curto e médio prazo da sorção e da solubilidade de resinas compostas à base de metacrilato e de silorano em saliva artificial. *Rev.Odontol UNESP.* 2013; 42(3):176-81.
12. Fawzvi AS, El-askary; Amer MA. Effect of surface treatments on the tensile bond strength of repaired water-aged anterior restorative micro-fine hybrid resin composite. *J Dent.* 2008; 36(12)969-76.

13. Silveira RS, Silva MÊS, Souza EL, Giovanini JFBG, Francisconi PAS. Avaliação da resistência de união de reparos de resina composta, utilizando-se diferentes tratamentos de superfície. *Arq Odontol.* 2012; 48(4):234-41.
14. Ferracane JL. Hygroscopic and hydrolytic effects in dental polymer networks. *Dent Mater.* 2006; 22:211-22.
15. Bektas OO, Eren D, Siso SH, Akin GE. Effect of thermocycling on the bond strength of composite resin to bur and laser treated composite resin. *Lasers Med Sci.* 2012; 27:723-8.
16. Morresi, AL, Capogreco M, D’Amario M, Monaco M. Thermal cycling for restorative materials: Does a standardized protocol exist in laboratory testing? A literature review. *J Mechanical Behavior of Biomedical Materials.* 2014; 29:295-308.
17. Sano H, Takatsu T, Ciucchi B, Horner JA, Matthews WG, Pashley DH. Nanoleakage: Leakage within the hybrid layer. *Oper Dent.* 1995; 20(1) 18-25.
18. Li, H, Burrow MF, Tyas, MJ. The effect of thermocycling regimens on the nanoleakage of dentin bonding systems. *Dent Mater.* 2002; 18(3):189-96.
19. Sachdeva P, Goswami M, Singh D. Comparative evaluation of shear bond strength and nanoleakage of conventional and self-adhering flowable composites to primary teeth dentin. *Contemp Clinic Dent.* 2016; 7(3);326-31.
20. Bacchi A, Cavalcante LMA, Schneider LFJ, Consani RLX. Reparos em restaurações de resina-revisão de literatura. *RFO.* 2010; 15(3):331-5.
21. Brosh T, Pilo R, Bichacho N, Blutstein. Effect of combinations of surface treatments and bonding agents on the bond strength of repaired composites. *JPD.* 1997; 77(2):122-6.
22. Loomans BAC, Cardoso MV, Opdam NJM, Roeters FJM, De munck J, Huysmans MCDNJM, et al. Surface roughness of etched composite resin in light of composite repair. *J Dent.* 2011;39(7): 499-505.
23. Andrade AP, Shimaoka AM, Carvalho RCR. Composite resin repairs: what is the most effective protocol? *Braz Dent Sci.* 2017;20(1);99-109.
24. Souza MO, Leitune VCB, Rodrigues SB, Samuel SMW, Collares FM. One year aging effects on microtensile bond strengths of composite and repairs with different surface treatments. *Braz Oral Res.* 2017; 31(4):1-7.
25. Guimarães LF, Oliveira M, Maas M, Andrade NR, Schneider LFJ, Cavalcante LM. Silanização de partículas de carga de compósitos odontológicos – revisão de literatura. *RFO.*2013; 18(2):254-60.

26. Staxrud, F, Dahl JE. Silanising agents promote resin-composite repair. *International Dent J*, Hoboken. 2015; 65: 311-5.
27. Garbui BU, Azevedo CS; Matos AB. Ensaio de resistência adesiva por microtração: revisão de literatura. *Rev.Odontol.Univ.* 2013; 25(1):47-57.
28. Ribeiro JCV, Vale MS, Silva MM, Fernandes CA. Ensaio de microtração na avaliação da resistência adesiva: fundamentos e aplicações. *Rev Gau Odontol.*2013; 62(0):497-504.
29. Benetti AR, Havndrup-Pedersen C, Honore, D, Pedersen, MK, Pallesen U. Bulk-Fill Resin composites: polymerization contraction, depth of cure, and gap formation. *Oper Dent.*2015; 40(1):190-200.
30. AlQahtani MQ, Michaud PL, Sullivan B, Labrie D, AlShaafi MM, Price RB. Effect of high irradiance on depth of cure of a conventional and a bulk fill resin-based composite. *Oper Dent*, 2015 Nov-Dec; 40(6):662-72.
31. Fronza BM, Rueggeberg FA, Braga RR, Mogilevych B, Soares LE, Martin AA, et al. Monomer conversion, microhardness, internal marginal adaptation, and shrinkage stress of bulk-fill resin composites. *Dent Mater*, 2015; 31(12):1542-51.
32. Par M, Gamulin O, Marovic D, Klaric E, Tarle Z. Raman spectroscopic assessment of degree of conversion of bulk-fill resin composites--changes at 24 hours post cure. *Oper Dent*, 2015;40(3):92-101.
33. Soares GP, Ambrosano GMB, Lima DANL, Marchi GM, Correr-Sobrinho L, Lovadino JR, et al. Effect of light polymerization time, mode, and thermal and mechanical load cycling on microleakage in resin composite restorations. *LIMS.* 2014; 29:545-50.
34. 3M ESPE. Filtek Bulk Fill posterior restorative. Technical product profile. 2015. [acesso em 2017 jan 15]. Disponível em: <http://multimedia.3m.com/mws/media/9766340/filtek-bulk-fill-posterior-restorative-technical-product-profile.pdf>.
35. Lally U. Restoring class II cavities with composite resin, utilising the bulk filling technique. *J Ir Dental Ass.*2014; 60(2): 4-6.
36. Damanhoury HMEL, Platt JA. Polymerization shrinkage stress kinetics and related properties of Bulk-fill resin composites. *Oper Dent.* 2013; 39(1):000-000.
37. Rauber GB, Bernardon JK, Vieira LCC, Maia HP, Horn F, Roeli CRM. Vitro Fatigue resistance of teeth restored with bulk fill versus conventional composite resin. *Braz.Dent J.* 2016; 27(4):452-7.
38. Dziedzic DSM, Al Sayd S, Cunha LF, Santana LOC, Gonzaga CC, Furuse, AY. Repair on silorane-based composite. *Rev.Sul-bras.Odontol.* 2014; 11(1):19-27.

39. Sartori N, Monteiro Junior S, Gondo R, Backer, MM. Avaliação da resistência à tração de reparos de restaurações de resina composta. *Arquiv Odontol.*2010; 46(4):190-6.
40. Ahmadizenouz G, Esmaeili B, Taghvaei A, Jamali Z, Jafari T, Danesshvar, FA, et al. Effect of different surface treatments on the shear bond strength of nanofilled composite repairs. *JODDD.* 2016; 10(1): 9-16.
41. Masioli, MA; Pimentel FL, Louro RL, Masioli DLC. Reparo em restauração de resina composta: procedimento simples e conservador. *UFES Rev Odontol.* 2006; 8(3):38-43.
42. Melo MAV, Moysés MR, Santos SG, Alcântara CEP, Ribeiro JCR. Effects of different surface treatments and accelerated artificial aging on the bond strength of composite resin repair. *Braz Oral Res.* 2011; 25(6):485-91.
43. Yesilyurt C, Kusgoz A, Bayram M, Ulker M. Initial repair bond strength of a nano-filled hybrid resin: effects of surface treatments and bonding agents. *J Compilation.* 2009; 21(4):251-60.
44. . Hasani Tabatabaei M, AlizadeY, Taalim S. Effect of various surface treatment on repair strength of composite resin. *J Dent TUMS.* 2004;1(4):5-11.
45. Lung, CYK, Matinlinna, JP. Aspects of silane coupling agents and surface conditioning in dentistry: An overview. *Dent Mater Science.* 2012; 28:467-77.
46. Gale MS, Darvell BW. Thermal cycling procedures for laboratory testing of testing of dental restorations. *J Dent.* 1999; 27:89-99.
47. Lemos CAA, Mauro SJ, Campos RA, Santos PH, Machado LS, Fagundes TC. Repairability of aged resin composites mediated by diferente restorative systems. *Acta Odontol.Latinoam.* 2016; 29(1):7-13.
48. Pereira R, Lima DANL, Giorgi MCC, Marchi GM, Aguiar FHB. Evaluation of bond strength, nanoleakage and marginal adaptation of bulk fill resin composites submitted to thermomechanical aging [dissertação]. Piracicaba: Universidade Estadual de Campinas Faculdade de Odontologia de Piracicaba; 2017.
49. Anfe TEA, Agra CM, Vieira GF. Comparação de duas técnicas de fotoativação na sorção e solubilidade de resinas compostas em solução de etanol. *J Biodent Biomaterials.* 2011; 1:61-7.
50. Rinastiti M, Özcan M, Siswomihardjo W, Busscher H. Effects of surface conditioning on repair bond strengths of non-aged and aged microhybrid, nanohybrid, and nanofilled composite resins. *Clin Oral Invest.* 2011; 15:625-33.
51. Baur V, Ilie N. Repair of dental resin-based composites. *Clin Oral Invest.* 2013;17:601-8.

APÊNDICES

Tabela 1- Materiais avaliados com informações do fabricante

| PRODUTO | MARCA COMERCIAL | COMPOSIÇÃO |
|--|--------------------|---|
| Adesivo Adper Single Bond 2 | 3M ESPE | BisGMA, HEMA, dimetacrilatos, etanol, água, nanopartícula de sílica com 10% do peso total do adesivo |
| Filtek Bulk Fill | 3M ESPE | Cerâmica tratado com silano, Diuretano dimetacrilato (UDMA), Uretano Dimetacrilato aromático (AUDMA), Sílica tratada de silano, 1,2 Dodecano dimetacrilato (DDDMA), fluoreto de itérbio, zircônia silanizada, Água, Monômero AFM, Etil4-dimetil aminobenzoato (EDMAB), Benzotriazol, Dióxido de titânio. 76,5% em peso de carga inorgânica e 58,4% em volume. |
| Ácido fosfórico | FGM | Ácido fosfórico 37%, corante, espessante, água deionizada |
| Agente silanizador | FGM | Metacriloxipropiltrimetoxisilano, Etanol, Água. |
| Óxido de alumínio | BIO ART | 50 microns |

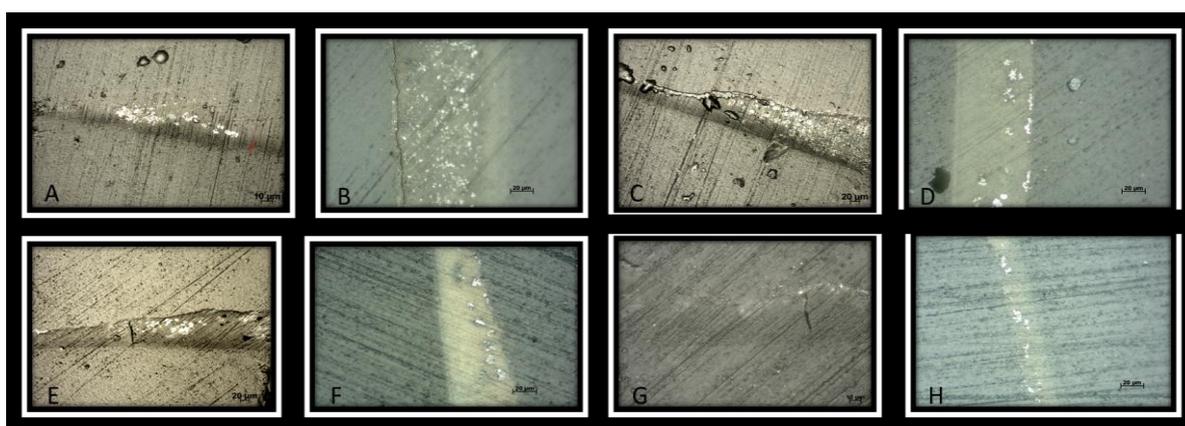
Fonte: Aatoria própria

Quadro 1- Esquema representativo dos grupos.

| Tipo de Material | RESINA BULK FILL (96cp) | | | | | | | | | | | |
|------------------------------|----------------------------|-----|---|-----|-------------------------------------|-----|------------------------------|---------|--|-----|---------------------------------------|-----|
| | G0 | | G1 | | G2 | | G3 | | G4 | | G5 | |
| Tratamento de superfície | Controle | | Ac. fosfórico + Adesivo | | Pt Diamantada + Ac. Fosf. + Adesivo | | Ox. Al. + Ac.Fosf. + Adesivo | | Pt Diamantada + Ac. Fosf. + Silano + Adesivo | | Ox. Al. + Ac.Fosf. + Silano + Adesivo | |
| Altura | 8mm | | 4 mm | | 4 mm | | 4 mm | | 4 mm | | 4 mm | |
| Envelhecimento | Sem | Com | Sem | com | Sem | com | Se m | Co m | sem | com | sem | com |
| Quantidade de corpo de prova | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| Reparo | Sem reparo | | Reparo de 4mm com resina bulk fill cor A3 | | | | | | | | | |
| Corpo de prova final | Bloco único 8mm (B1) | | 8mm (cor B1+ cor A3) | | | | | | | | | |

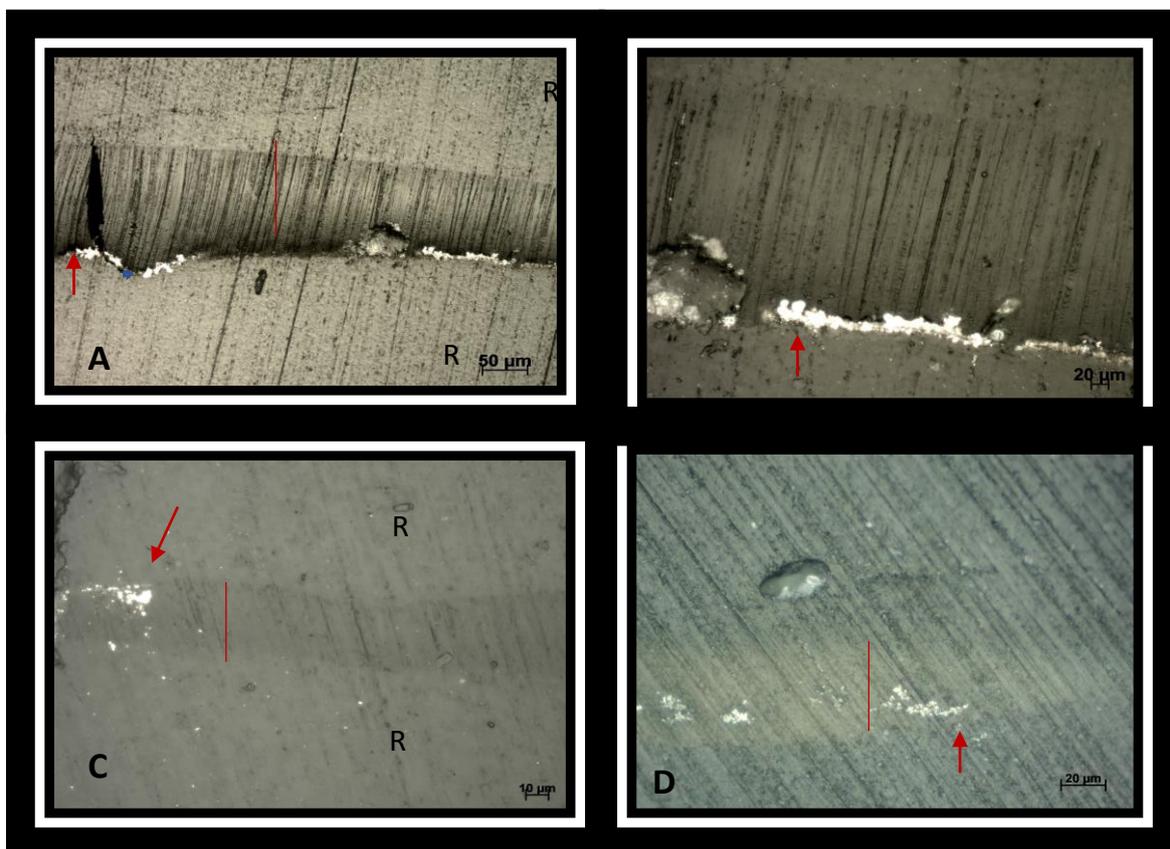
Fonte: Autoria própria

Figura 2- Imagem da nanoinfiltração com microscópio óptico (A) Grupo 1 200X (B) Grupo 1 envelhecido 500X. (C) Grupo 2 200X (D) Grupo 2 envelhecido 500X.(E) Grupo 3 200X (F) Grupo 3 envelhecido. (G) Grupo 5 500X (H).



Fonte: Autoria própria

Figura 3- (A) foto com microscópio óptico da nanoinfiltração do Grupo 1 com lente de 200X de aumento, nota-se a presença de infiltração do nitrato de prata (seta) na linha de união (traço) entre as resinas (R). (B) Grupo 1 com aumento de 500X (C) Grupo 4 com 200X (D) Grupo 4 com envelhecimento 500X.



Fonte: Autoria própria



Instituto de Ciências da Saúde
Programa de Pós Graduação
Processos Interativos dos Órgãos e Sistemas
Avenida Reitor Miguel Calmon s/n - Vale do Canela. CEP: 40110-100
Salvador, Bahia, Brasil

<http://www.ppgorgsistem.ics.ufba.br>