

Thaís Souza Maia

Efeito do protocolo de tratamento de superfície para reparo de restaurações em resina composta na resistência de união e rugosidade superficial

Dissertação apresentada à Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Uberlândia, para obtenção do Título de Mestre em Odontologia – Área de Concentração em Clínica Odontológica Integrada.

Uberlândia, 2018.

Thaís Souza Maia

Efeito do protocolo de tratamento de superfície para reparo de restaurações em resina composta na resistência de união e rugosidade superficial

Dissertação apresentada à Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Uberlândia, para obtenção do Título de Mestre em Odontologia – Área de Concentração em Clínica Odontológica Integrada.

Orientador: Prof. Dr. Murilo de Sousa Menezes

Banca Examinadora: Prof. Dr. Murilo de Sousa Menezes
Prof. Dr. Paulo César de Freitas Santos-Filho
Prof. Dr^a. Fabrícia Araújo Pereira

Uberlândia, 2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

M217e
2018 Maia, Thaís Souza, 1993
 Efeito do protocolo de tratamento de superfície para reparo de restaurações em resina composta na resistência de união e rugosidade superficial / Thaís Souza Maia. - 2018.
 62 f. : il.

Orientador: Murilo de Sousa Menezes.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Odontologia.
Disponível em: <http://dx.doi.org/10.14393/ufu.di.2018.115>
Inclui bibliografia.

1. Odontologia - Teses. 2. Resinas compostas (Odontologia) - Teses. 3. Restauração (Odontologia) - Teses. 4. Obturação (Odontologia) - Teses. I. Menezes, Murilo de Sousa. II. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Odontologia. III. Título.

CDU: 616.314

Angela Aparecida Vicentini Tzi Tziboy – CRB-6/947



Ata da defesa de DISSERTAÇÃO DE MESTRADO junto ao Programa de Pós-graduação em Odontologia, Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Uberlândia.

Defesa de: Dissertação de Mestrado Acadêmico nº321 – COPOD

Data: 01/02/2018

Discente: THAIS SOUZA MAIA Matrícula: 11612ODO015

Título do Trabalho **Efeito do protocolo de tratamento de superfície no reparo de restaurações em resina composta na resistência de união e rugosidade superficial**

Área de concentração: Clínica Odontológica Integrada.

Linha de pesquisa: Propriedades físicas e biológicas dos materiais dentários e estruturas dentais

As oito horas e trinta minutos do dia **primeiro de fevereiro do ano de 2018** no Anfiteatro do Bloco 4L, Campus Umuarama da Universidade Federal de Uberlândia, reuniu-se a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em janeiro de 2018, assim composta: Professores Doutores: Paulo César Freitas Santos-Filho (UFU); Fabrícia Araújo Pereira (UESB); e Murilo de Sousa Menezes (UFU) orientador(a) do(a) candidato(a) **Thais Souza Maia**

Iniciando os trabalhos o(a) presidente da mesa Dr. Murilo de Sousa Menezes apresentou a Comissão Examinadora e o candidato(a), agradeceu a presença do público, e concedeu ao Discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação do Discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa.

A seguir o senhor (a) presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos (às) examinadores (as), que passaram a arguir o (a) candidato (a). Após a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu os conceitos finais.


Em face do resultado obtido, a Banca Examinadora considerou o (a) candidato(a) A provado(a).

Esta defesa de Dissertação de Mestrado Acadêmico é parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre. O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos às 11 horas e 50 minutos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.


Prof. Dr. Paulo César de Freitas Santos-Filho – UFU


Profa. Dr. Fabrícia Araújo Pereira – (UESB)


Prof. Dr. Murilo de Sousa Menezes – UFU
Orientador (a)

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Sueli e Jonso, pelos valores ensinados, por cuidarem de mim, se preocuparem e desejarem meu crescimento em todos os âmbitos da minha vida. Obrigada por tudo, amo vocês!

A minha mãe e tias pedagogas, verdadeiras inspirações de mulheres, mães e profissionais. Dedicaram suas vidas em razão do amor e crença que têm na educação pública e docência. Desde criança, pude vivenciar a dedicação, o esforço e além de estenderem o trabalho para casa, ainda tinham casa e família para se dedicar. Nós filhos, sabemos que devemos nossas vidas a vocês. Vocês precisam saber o valor que têm e o quanto representam para nossas vidas.

AGRADECIMENTOS

Agradeço imensamente a **Deus** e mãezinha minha **Nossa Senhora Aparecida** pelo amparo nos momentos de angústia, por guiar a minha vida com saúde e proteção.

Ao meu **irmão Eduardo** pela parceria e amizade ao longo de nossas vidas. Aos **familiares** que apoiaram e tentaram entender o que esses dois anos representaram para mim. Aos meus padrinhos **Antônio Carlos** e **Sandra**, por serem grandes incentivadores deste caminho o qual tenho percorrido.

À **Universidade Federal de Uberlândia**, instituição da qual orgulho em fazer parte e à **Faculdade de Odontologia** pela oportunidade única em cursar a graduação e o mestrado.

Ao **Programa de Pós-Graduação** pela formação profissional concedida a mim e por todo aprendizado.

Ao meu orientador, **Prof. Murilo de Sousa Menezes**, por me orientar e ensinar o que sabe da Odontologia e ainda, por me dar o exemplo como pessoa que possui uma qualidade da qual muito admiro, a honestidade. Agradeço pela confiança e oportunidade.

Aos professores **Paulo César de Freitas**, **Veridiana Resende**, **Carlos Soares**, **Gisele Rodrigues**, **Paulo Vinicius Soares**, **Paulo Quagliatto**, **Roberto Elias** pelos ensinamentos. Cada um com suas virtudes, vocês foram essenciais para meu aprendizado durante esses sete anos de UFU.

Em especial, à **Ana Laura** e **Marcela** pela força e ajuda que me deram, por me incentivarem, acreditarem e estenderem as mãos e às vezes mais do que isso quando foi necessário. Vocês me ensinaram muito, serei eternamente grata! Ao **Lucas**, pela parceria nas monitorias das clínicas da graduação, e por outros momentos que tivemos trabalhando juntos. À **Fernanda** e **Giselle**, por me inspirarem. Ao **Alexandre**, por ser exemplo inspirador de persistência, esforço e humildade.

À **Leticia** e **Marcella**, amigas de Goiânia, por compartilharem comigo experiências, sonhos e medos como amigas e estudantes de pós-graduação. E por todos os momentos de alegria...vocês são especiais!

Aos colegas de pós-graduação por partilhar momentos especiais de convivência e aprendizado, em especial ao estrangeiro **Erick Cerda**. Afinal, quando poderia imaginar conhecer um nicaraguense durante o mestrado? Obrigada pela parceria e amizade.

Aos **alunos da graduação**, por terem sido instrumento do meu aprendizado.

Ao centrinho **PRODAE**, em nome da professora coordenadora Marlete, mas também de todos os outros, além dos pacientes e alunos em que pude conviver. Agradeço por ter feito parte de uma extensão que nos faz ser mais humanos, preocupados e atentos. Este aprendizado fica para vida.

A todos os **servidores** UFU, aqueles que por meio de seus trabalhos, fazem tudo acontecer. Vocês têm minha admiração.

À professora **Camilla Christian** e **Karla Zancopé**, pela oportunidade que tive em trabalhar com vocês. Dá gosto de ver a forma como conduzem os seus trabalhos!

Às **secretárias** da dentística, prótese e da pós-graduação. Em especial à **Brenda**, que Deus quisera que você viesse trabalhar logo na Faculdade de Odontologia para que pudéssemos nos encontrar por mais vezes, conversar e até mesmo desabafar. Somos amigas pela fé!

Ao laboratório do MEV pela **Engenharia química da UFU**, obrigada pela oportunidade que tive para enriquecer meu trabalho, através dos equipamentos disponibilizados por vocês.

À **Lísia** e ao professor **Rafael Ratto**, pela parceria e disponibilidade para uso do primer experimental. Espero que possamos colher bons frutos deste trabalho.

À **CAPES** pelo apoio e incentivo a pesquisa e ensino.

Ao **Cpbio**, pela disponibilidade dos equipamentos onde pude realizar a minha pesquisa.

À **banca do meu exame de qualificação**, professores Gisele, Veridiana e Tales, agradeço de coração a dedicação com que leram meu trabalho e pelas considerações enriquecedoras.

Por fim, a todos aqueles que torcem por mim, obrigada pelo carinho!

EPÍGRAFE

“A maior recompensa para o trabalho do homem
não é o que ele ganha com isso,
mas o que ele se torna com isso. ”

John Ruskian

SUMÁRIO

RESUMO	10
ABSTRACT	12
1 - INTRODUÇÃO E REFERENCIAL TEÓRICO.....	14
2 - PROPOSIÇÃO	19
3 - Metodologia.....	21
3.1. Delineamento experimental	21
3.1.1. Unidade experimental.....	21
3.1.2. Fator em estudo	21
3.1.3. Variáveis respostas.....	21
3.1.4. Métodos de análise	21
3.1.5. Análise dos dados	21
3.1.6. Divisão dos grupos	22
3.2. Confeção dos espécimes	23
3.3. Envelhecimento dos espécimes	25
3.4. Tratamento de superfície dos espécimes experimentais envelhecidos	26
3.5. Confeção dos corpos de prova para reparos	28
3.6. Análise da resistência de união por meio de ensaio mecânico de microcisalhamento (μSBS)	29
3.7. Análise do padrão de falha.....	31
3.8. Rugosidade da superfície.....	31
3.9. Análise de microscopia eletrônica de varredura	33
3.10. Análise estatística	34
4 - RESULTADOS.....	36
4.1. Resistência de união.....	36
4.2. Padrão de falha.....	37
4.3. Rugosidade de superfície.....	39
4.4. MEV	40
5 - DISCUSSÃO	43
6 - CONCLUSÃO	51
7 – REFERÊNCIAS.....	53

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar a resistência de união e a rugosidade superficial do reparo com resina composta, submetidos a diferentes tratamentos de superfície. Oitenta espécimes de resina composta (10x10x2mm) foram confeccionados, envelhecidos em saliva artificial e divididos aleatoriamente em oito grupos (n=10) de acordo com o tipo de tratamento de superfície: ácido fosfórico e adesivo (AcA), asperização com ponta diamantada, ácido fosfórico e adesivo (PdAcA); asperização com ponta diamantada, ácido fosfórico, silano e adesivo (PdAcSA); asperização com ponta diamantada, ácido fosfórico e primer experimental (PdAcP); jateamento com Al_2O_3 , ácido fosfórico e adesivo (JAcA); jateamento com Al_2O_3 , ácido fosfórico, silano e adesivo (JAcSA); jateamento com Al_2O_3 , ácido fosfórico e primer experimental (JAcP); ácido fosfórico e adesivo na ausência de envelhecimento (grupo controle). Os reparos foram confeccionados sobre o substrato do espécime e submetidos ao ensaio mecânico de microcisalhamento (μTBS) e análise do padrão de falha. Oitenta espécimes adicionais (4x2mm) foram confeccionados (n=10) para analisar quantitativamente a rugosidade superficial ($\text{Ra}/\mu\text{m}$). Espécimes representativos dos tratamentos de superfície utilizados no rugosímetro e adicionais foram analisados de forma qualitativa por meio da microscopia eletrônica de varredura (MEV). Os dados foram analisados estatisticamente com $\alpha=0,05$. JAcSA ($19,49 \pm 1,57$) seguido por PdAcSA ($16,59 \pm 2,78$) e JAcA ($16,080 \pm 3,295$) apresentaram melhores resultados quanto à resistência de união. A aplicação do adesivo com ausência de tratamento mecânico e envelhecimento resultou no menor valor de resistência de união, observado no grupo controle ($10,601 \pm 2,773$). JAcP, PdAcP apresentaram maiores valores de rugosidade superficial em relação a todos os outros grupos, que foram semelhantes entre si. De maneira geral, falhas adesivas foram predominantes, seguidas por mistas, e o grupo PdAcSA apresentou predominante falha coesiva na resina de base. O tratamento de superfície aumentou a resistência de união do reparo. No entanto, o protocolo mais eficaz foi encontrado na associação com os tratamentos químicos que foram a aplicação do silano e adesivo, independente do tratamento

mecânico utilizado e a aplicação do primer experimental proporcionou maiores valores de rugosidade superficial, porém menor resistência adesiva ao microcisalhamento.

Palavras-chave: resinas compostas, reparo, tratamento de superfície, microcisalhamento, rugosidade superficial

.

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the bond strength and surface roughness of composite resin restoration repair submitted to different surface treatments. Eighty resin composite specimens (10x10x2mm) were prepared, aged by artificial saliva and randomly divided into eight groups according to the type of surface treatment: phosphoric acid and adhesive (AcA), abrasion bur, phosphoric acid and adhesive (PdAcA); abrasion bur, phosphoric acid, silane and adhesive (PdAcSA); abrasion bur, phosphoric acid and experimental primer (PdAcP); air-abrasion with Al_2O_3 , phosphoric acid and adhesive (JAcA); Al_2O_3 , phosphoric acid, silane and adhesive (JAcSA); Al_2O_3 , phosphoric acid and experimental primer (JAcP) phosphoric acid and adhesive and no aged resin (control group). The repair cylinders were built up on their surfaces and analysed by a microshear test (μTBS) and failure mode. Eighty additional specimens (4x2mm) were made to be analysed surface roughness quantitatively ($\text{Ra}/\mu\text{m}$) ($n=10$). Representative specimens of surface treatments and additional were analysed qualitatively by scanning electron microscope (SEM). Data were statistically analyzed at $\alpha = 0.05$. The highest values were found to the JAcSA (19.49 ± 1.57), followed by PdAcSA (16.59 ± 2.78), and JAcA group ($16,080 \pm 3,295$). The lowest bond strength value was observed to the control group ($10,601 \pm 2,773$), where no mechanical treatment and aging was done. Experimental primer did not improve the bond strength of composite repair. JAcP, PdAcP showed higher values of surface roughness and significant difference in relation to all other groups ($p>0.001$). In general, adhesive failures were predominant, followed by mixed, and only the PdAcSA group presented a predominant aged cohesive failure. Mechanical surface treatment of composite resin repair significantly improves the bond strength. However, protocol that is more effective was found to the association with chemical treatments: silane and adhesive application regardless of the mechanical treatment used and the application of the experimental primer provided higher values of roughness surface, but did not improve the bond strength to microshear.

Key-words: composite resins, dental restoration repair, surface treatments, microshear bond strength, surface roughness.

INTRODUÇÃO

1 - INTRODUÇÃO E REFERENCIAL TEÓRICO

Progressos significativos na odontologia restauradora, em relação às propriedades físicas e mecânicas dos compósitos restauradores foram observados nas últimas décadas (Karaman *et al.*, 2014). Devido a evolução dos materiais e procedimentos adesivos e a incorporação da nanotecnologia, foi possível notar um aumento na longevidade das restaurações adesivas (Özcan e Pekkan, 2013). Resultados promissores quanto à longevidade das restaurações de resina composta em dentes posteriores e anteriores podem ser observados, com sobrevida aceitável e taxa anual de falha entre 1,8 e 2,5% (Lynch *et al.*, 2014; Opdam *et al.*, 2014). No entanto, mesmo com toda essa evolução, a deterioração e degradação das resinas compostas na cavidade oral podem ocorrer, o que prejudica o seu desempenho clínico (Opdam *et al.*, 2014; Demarco *et al.*, 2017).

As restaurações em resina composta tornam-se menos estáveis quando em função na boca e devido a presença dos fluidos, esta situação é agravada em função do tempo (Sarret *et al.*, 2000). Alguns fatores podem influenciar no processo de degradação da matriz do material resinoso, uma vez que na cavidade oral estão presentes enzimas salivares, alterações do pH, variedade da dieta, acúmulo de biofilme, ação dos dentífrícios e escovação e a até a própria fadiga frente à ação oclusal (Bagheri *et al.*, 2005; Topcu *et al.*, 2009). Todos estes fatores podem resultar em manchamento marginal, infiltração, desgaste e fraturas, que por sua vez, podem necessitar procedimentos restauradores (Musanje e Darvell, 2003; Heintze *et al.*, 2015; Demarco *et al.*, 2017).

A odontologia restauradora minimamente invasiva tem preconizado a utilização de procedimentos cada vez mais conservadores. Sendo assim, o reparo em restaurações de resina composta, sempre que possível e indicado, deve ser considerado a opção de primeira escolha, ao invés da substituição total das restaurações (Blum *et al.*, 2014; Bacchi *et al.*, 2013). Na literatura, há relatos *in vivo* de dez e doze anos de acompanhamento, mostrando que o reparo é uma técnica muito efetiva, com resultados tão favoráveis quanto a substituição completa das restaurações (Fernández *et al.*, 2015; Estay *et al.*, 2017). O reparo

é uma técnica conservadora que proporciona benefícios para os pacientes e para os cirurgiões-dentistas. Suas vantagens são atribuídas à redução do tempo de trabalho clínico, baixo custo, preservação de estrutura dental sadia (Hickel *et al.*, 2013; Lynch *et al.*, 2012), o que proporciona maior longevidade ao dente, até que em um determinado momento, quando assim for necessário, será realizada a substituição da restauração, ou ainda a opção por procedimentos mais invasivos (Demarco *et al.*, 2017).

A grande maioria das restaurações em resina composta são realizadas por meio da técnica de inserção incremental, a qual possui uma camada superficial do material restaurador inibida pela presença de oxigênio. Esta camada é responsável pela união dos monômeros de um incremento já polimerizado com o novo incremento (Vankerckhoven *et al.*, 1982). Em uma resina composta envelhecida, a união com novos incrementos pode ser reduzida de 25% a 80%, devido à redução dos radicais livres disponíveis para ligações duplas de carbono não reagidas (Swift *et al.*, 1992; Fawzy *et al.*, 2008). Além disso, o processo de envelhecimento causa absorção de água, degradação e lixiviação dos monômeros e íons solúveis da resina da restauração pré-existente (Ferracane, 2006). Estes fenômenos desafiam a adesão e o seu sucesso é dependente da composição química da resina composta e do tratamento de superfície que a restauração pré-existente recebe (Malacarne *et al.*, 2006; Loomans *et al.*, 2011).

No entanto, ainda há dúvidas em relação às técnicas e materiais ideais a serem empregados nos reparos (Blum *et al.*, 2003). Em vista disso, uma adequada alternativa para este procedimento de reparo pode ser baseada nos tratamentos de superfície disponíveis na odontologia (Loomans *et al.*, 2011). Neste sentido, tratamentos de superfícies mecânicos e/ou químicos com objetivo de aumentar a rugosidade superficial e consequentemente a união, parecem ser importantes para este procedimento de reparo, resultando em melhor adaptação da interface entre resina antiga com a nova (Loomans *et al.*, 2011; da Costa *et al.*, 2012).

Diferentes alternativas de tratamento de superfície para o reparo em resina composta, baseadas em estudos *in vitro*, têm sido sugeridas na literatura

(Hannig *et al.*, 2006; Gupta *et al.*, 2015; Melo *et al.*, 2011; Fornazari *et al.*, 2017). Estas têm como objetivo remoção da camada superficial da restauração pré-existente, que pode estar alterada e/ou contaminada. Esta remoção cria irregularidades na superfície da resina composta, que as tornam mais rugosas, resultando em maior retenção micromecânica (Loomans *et al.*, 2011). Por consequência, esta superfície irá apresentar alta energia superficial, o que garante molhabilidade (Hannig *et al.*, 2006) para a ação dos agentes químicos (Fawzy *et al.*, 2008; Eliasson *et al.*, 2014).

A superfície áspera é crucial para o reparo e pode ser obtida mecanicamente pelo uso de pontas diamantadas em diferentes granulações, lasers de baixa intensidade, jateamento com sílica, jateamento com óxido de alumínio (Loomans *et al.*, 2011) ou quimicamente com o uso de ácido hidrófluídrico, ácido maléico e ácido cítrico (Gupta *et al.*, 2015). No que se refere à presença da camada intermediária, o agente de união apresenta baixa viscosidade e melhora as ligações químicas entre o material da restauração envelhecida e o utilizado no reparo, contribuindo para aumento da resistência de união (da Costa *et al.*, 2010). Desta forma, os efeitos do adesivo e/ou silano têm sido investigados como alternativa para associação com o tratamento mecânico e não apenas isoladamente (Eliasson *et al.*, 2014).

Recentemente, um novo primer experimental foi desenvolvido para ser utilizado como passo único na técnica do reparo, o que sugere otimizar o tratamento químico e as etapas do procedimento restaurador. Sua composição é à base de metacrilato, possui monômeros, componentes acídicos e silano que permite dispensar a aplicação prévia do silano e adesivo (Valente *et al.*, 2016).

De acordo com a literatura, não é possível concluir qual o protocolo ideal para o reparo de restaurações com resina composta devido à elevada variabilidade dos materiais utilizados, protocolos de tratamento de superfície e métodos de análise utilizados nos estudos *in vitro*.

Diante deste contexto, tendo em vista à necessidade de abordagens conservadoras para a odontologia restauradora e à necessidade da padronização do protocolo de tratamento de superfície para o reparo em restaurações de resina composta, é importante avaliar a efetividade e

associação de alternativas disponíveis. Assim, as hipóteses nulas são (a) os protocolos de tratamentos de superfície não influenciam a resistência de união ao microcisolamento e rugosidade superficial de espécimes de resina composta; (b) o uso do primer experimental não aumenta a resistência de união.

PROPOSIÇÃO

2 - PROPOSIÇÃO

O objetivo deste estudo é avaliar protocolos de tratamentos de superfície na resistência de união e rugosidade superficial da resina composta nanoparticulada com diferentes tratamentos mecânicos e químicos.

MATERIAL E MÉTODOS

3 - Metodologia

3.1. Delineamento experimental

3.1.1. Unidade experimental

- Espécimes de resina composta nanoparticulada.

3.1.2. Fator em estudo

- Protocolo de tratamento de superfície da resina composta em 8 níveis (ácido e adesivo; asperização com ponta diamantada, ácido e adesivo; asperização com ponta diamantada, ácido, silano e adesivo; asperização com ponta diamantada, ácido e primer experimental; jateamento, ácido e adesivo; jateamento, ácido, silano e adesivo; jateamento, ácido e primer experimental; ácido e adesivo sem envelhecimento como grupo controle);

3.1.3. Variáveis respostas

- Resistência de união (Mpa);
- Padrão de falha;
- Rugosidade de superfície (μm);
- Topografia de superfície;

3.1.4. Métodos de análise

- Ensaio mecânico de microcisolamento;
- Microscopia óptica;
- Rugosímetro;
- Microscopia eletrônica de varredura – MEV;

3.1.5. Análise dos dados

Para as metodologias quantitativas foi realizada a análise de variância fatorial, one-way ANOVA, teste de Tukey para comparação entre os grupos e teste de Dunnett foi utilizado para comparação dos grupos com o grupo controle.

O padrão de falha foi avaliado por meio do teste de Kruskal-Wallis. As imagens obtidas por MEV foram avaliadas de forma descritiva.

3.1.6. Divisão dos grupos

Espécimes de resina composta foram aleatoriamente divididos em 8 grupos (n=10), variando o protocolo de tratamento de superfície utilizado, de acordo com o esquema representado pela figura 1.

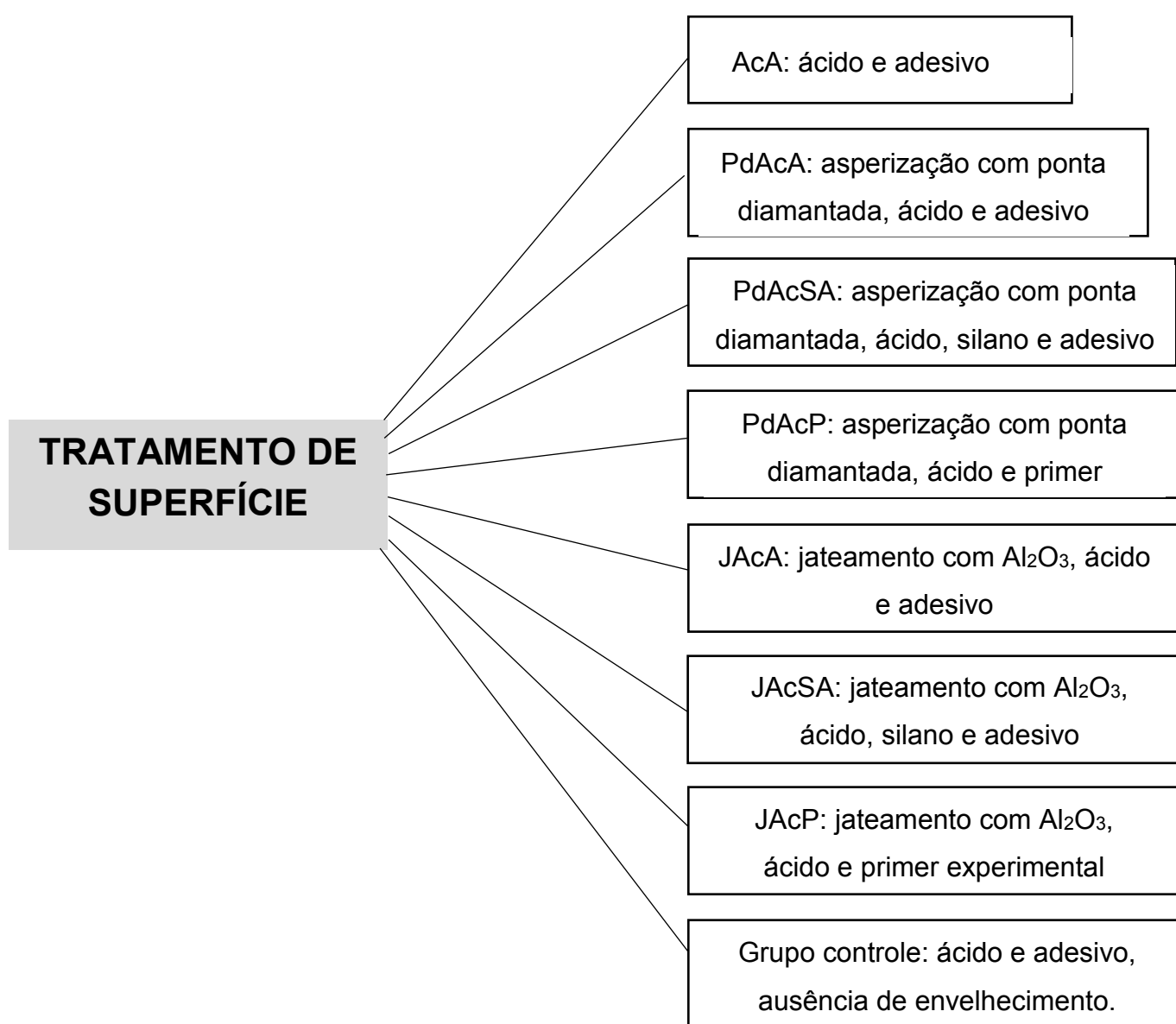


Figura 1. Divisão dos grupos.

3.2. Confecção dos espécimes

Para confecção dos espécimes, foi utilizada resina composta convencional nanoparticulada (Filtek Z350 XT, 3M ESPE, St Paul, MN, USA), cor A1 para esmalte (Figura 2). O molde de silicone por adição (Adsil Putty Soft, Coltene, Rio de Janeiro, RJ, BR) possuía um orifício interno em formato de bloco com as seguintes dimensões: 10 mm de largura x 10 mm de comprimento x 2 mm de espessura (Figura 3). A resina foi inserida e um conjunto de tira de poliéster e placa de vidro foi posicionado sobre o espécime para garantir superfície plana e polimento superficial do espécime. Após 20s, a placa foi removida e diretamente sob a tira de poliéster foi realizada fotoativação do espécime de resina composta (duas fotoativações de 20s de cada lado), conforme as recomendações do fabricante.

Para a fotoativação, foi utilizado o aparelho fotopolimerizador com unidade LED (Bluephase G2, Ivoclar Vivadent, Schaan, LIE) de aproximadamente 1200 mW/cm² de intensidade de luz. A irradiância foi verificada com radiômetro (Kondortech Equipamentos Odontológicos, São Carlos, SP, BR).



Figura 2. Resina composta convencional nanoparticulada utilizada.

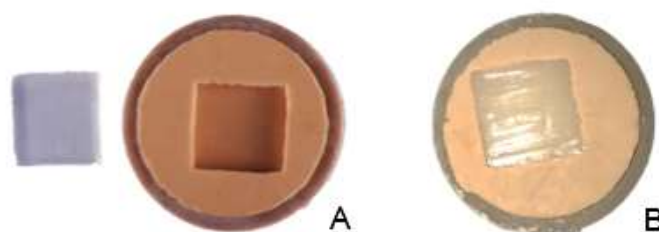


Figura 3. Molde de silicone por adição utilizado para confecção dos espécimes; A. dimensões internas de 10x10x2mm; B. resina composta inserida no molde.

Após as 24 horas de armazenamento a seco e ao abrigo de luz em uma estufa a 37,7°C, os espécimes foram fixados em uma cera utilidade e incluídos com a utilização de cilindros de PVC. Os oitenta espécimes foram incorporados em resina de poliéster de cura rápida (Instrumental Instrumentos de Medição Ltda, São Paulo, SP, BR) (Figura 4). Após a inclusão, as superfícies das resinas foram abrasonadas com lixas de carbeto de silício em ordem crescente de granulação 80, 600 e 1200 (Doble A, Nova distribuidora, Maringá, SC, BR) sob irrigação com água para remover o excesso e obter superfícies lisas similares em uma lixadeira politriz (Lixadeira metalográfica Aropol VV-PU, Arotec, Cotia, SP, BR) (Figura 5). Posteriormente, para padronização da superfície, os blocos foram limpos em cuba ultrassônica (Ultrasonic Cleaner, Instituto de Tecnologia da Califórnia, Pasadena, Califórnia, USA) durante 10min com álcool isopropílico (Prolink Industria Química Ltda, São José do Rio Preto, SP, BR) (Figura 6).

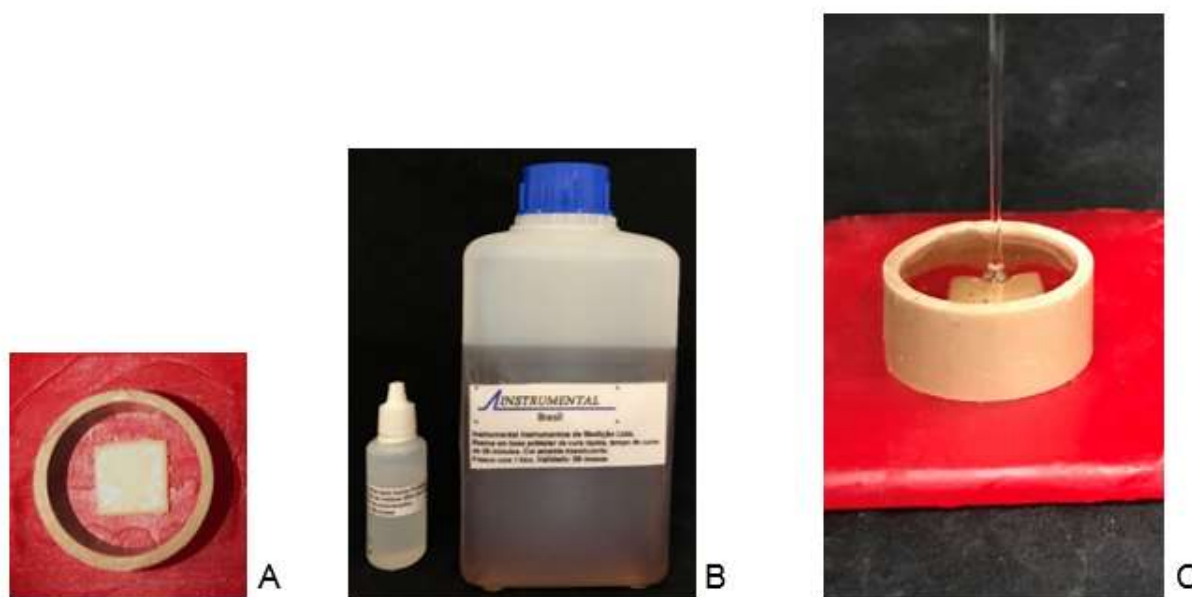


Figura 4. Inclusão dos espécimes; A. Fixação do espécime na cera utilidade; B. Resina de poliéster; C. Resina sendo inserida no cilindro de PVC para confecção dos cilindros de resina.



Figura 5. Cilindros de resina sendo abrasados na lixadeira.



Figura 6. Limpeza dos cilindros de resina em cuba ultrassônica.

3.3. Envelhecimento dos espécimes

Cada espécime foi armazenado individualmente em saliva artificial durante oito semanas em estufa a 37,7°C (E-Deeb *et al.*, 2016) (Figura 7). Durante este período, a saliva artificial foi trocada uma vez por semana até completar oito semanas. A saliva artificial era composta pelos seguintes componentes: cálcio (0,1169 g de hidróxido de cálcio / L de água deionizada); 0,9 mM de fósforo e potássio (0,1225 g de fosfato de potássio monobásico / L de água deionizada); Tampão TRIS 20 mM (2,4280 g de tampão TRIS / L de água deionizada) (Kiropharma farmácia de manipulação, Uberlândia, MG, Brasil). O grupo controle foi feito com o mesmo molde anteriormente mencionado, armazenados a seco e ao abrigo de luz, porém não foi realizado o envelhecimento em saliva artificial.

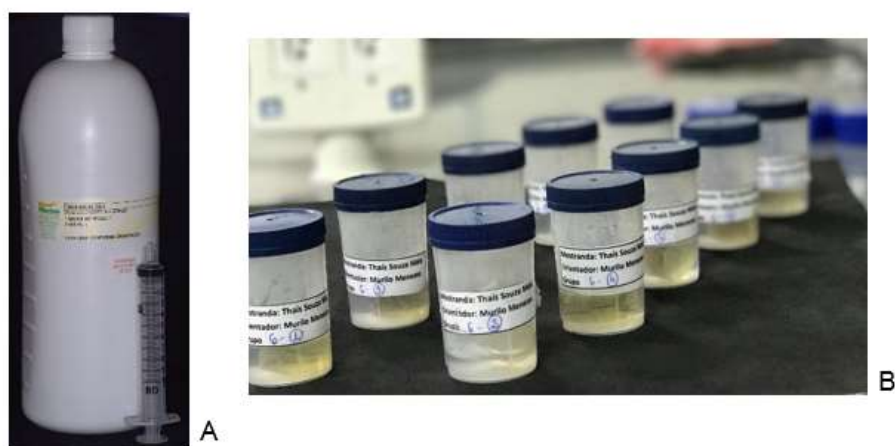


Figura 7. A. Saliva artificial; B. Individualização dos espécimes para o envelhecimento em saliva artificial.

3.4. Tratamento de superfície dos espécimes experimentais envelhecidos

Os espécimes foram divididos aleatoriamente em oito grupos de acordo com o tipo de tratamento superficial conforme descrito na Figura 1. Os materiais utilizados e suas composições químicas estão listadas na Tabela 1.

Tabela 1. Materiais usados (informações fornecidas pelo fabricante).

Material	Composição química	Lote	Fabricante
Resina nanoparticulada Filtek Z350 XT	BIS-GMA, UDMA, TEGDMA, PEGDMA, BIS-EMA	1703200169	3M ESPE
Ácido fosfórico Condac 37%	Ácido fosfórico 37%, espessante, corante e água deionizada.	030517	FGM
Silano Prosil	3-metacriloxipropiltrimetoxi silano, 5% de álcool, água	301116	FGM

Material	Composição química	Lote	Fabricante
Adesivo Scotch Bond Multi- Purpose	BIS-GMA, HEMA, aminas terciárias, fotoiniciador	N794470	3M ESPE
Primer experimental	UDMA, HEMA, GDMA-P, agente de união silano, propil 3- (trimetoxisilil) metacrilato, canforoquinona, etil 4- (dimetilamino) benzoato, etanol	-	Valente <i>et al.</i> , 2016

Abreviações: BIS-GMA: bisfenol glicidil metacrilato; UDMA: dimetacrilato de uretano; TEGDMA: trietileno glicol dimetacrilato; PEGDMA: polietilenoglicol dimetacrilato; BIS-EMA: bisfenol A polietileno glicol dimetacrilato; HEMA: metacrilato de hidroxietil; GDMA-P: fosfato de dimetacrilato de glicerol.

A asperização foi realizada com ponta diamantada de granulação fina (da Costa *et al.*, 2012) nº 4137 F (Microdont, São Paulo, SP, BR), de forma paralela à superfície da resina com motor de alta rotação e sob irrigação de água, durante 10s. A cada cinco espécimes preparados, as pontas diamantadas foram substituídas. A abrasão com o aparelho de jateamento intra-oral com partículas de óxido de alumínio de 50 µm (Bio-Art, São Carlos, SP, BR) foi realizada com a ponta do dispositivo direcionada de forma perpendicular à superfície dos espécimes, durante 10s, à distância de 10mm (Duran *et al.*, 2015). Com objetivo de limpeza superficial, foi realizada aplicação do ácido fosfórico (Condac 37%, FGM Produtos Odontológicos, Joinville, SC, BR) durante 30s em todos os grupos, seguida de enxágue pelo mesmo tempo utilizando jatos de ar e água e controle de umidade com papel absorvente. O silano (Prosil, FGM Produtos Odontológicos, Joinville, SC, BR) foi aplicado nos grupos PdAcSA e JAcSA previamente ao adesivo, e aguardou-se por 60s, conforme recomendações do fabricante. Uma camada de adesivo (Adper Scotchbond Multipurpose, 3M ESPE, St Paul, MN, EUA) foi aplicada em todos os grupos, seguida de leve jato de ar e da fotoativação por 20s, exceto nos dois grupos que utilizaram o primer experimental. O primer experimental foi aplicado ativamente durante 20s,

seguido de leve jato de ar durante 10s e fotoativado por 20s (Valente *et al.*, 2016). Os materiais utilizados estão ilustrados na Figura 8.



Figura 8. Produtos utilizados: A. Ponta diamantada n° 4137; B. Aparelho de jateamento; C. Ácido fosfórico; D. Silano; E. Adesivo; F. Primer experimental.

3.5. Confeção dos corpos de prova para reparos

Para a confecção dos corpos de prova para o reparo, foram utilizados 320 moldes de tubos de *tygon* (TYG-030, Small Parts Inc., Miami Lakes, FL, EUA) com diâmetro interno e altura de aproximadamente 1,70 e 1,50 mm, respectivamente (Figura 9). Os tubos de *tygon* (4 tubos para cada substrato) foram colocados sobre o substrato da resina com uma distância mínima de 3mm entre eles (Raposo, 2003). A resina composta utilizada tinha cor diferente (A3E) da utilizada anteriormente, para facilitar a diferenciação das resinas (Figura 10). As restaurações foram fotoativadas por 20s e, em seguida, os moldes foram cortados longitudinalmente com a lâmina de bisturi e cuidadosamente removidos. Os espécimes foram armazenados em água destilada e ao abrigo de luz em estufa a 37,7°C, durante 24h, até o momento do ensaio mecânico.

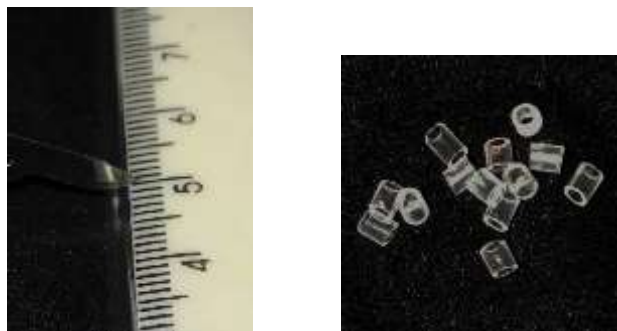


Figura 9. Recorte dos *tygon*.



Figura 10. *Tygon* posicionado sobre o substrato com a inserção da resina composta do reparo.

3.6. Análise da resistência de união por meio de ensaio mecânico de microcisalhamento (μ SBS)

Um paquímetro (MITUTOYO 530312B10, Takatsu-ku, Kanagawa, JP) foi utilizado para medir as dimensões dos 320 corpos de prova de resina composta. O bloco de resina incluída contendo os corpos de prova que simulavam o reparo, foram colocados sobre um dispositivo metálico específico do equipamento para a realização do ensaio (Figura 11). Um fio ortodôntico com 0,3 mm de diâmetro (Morelli, Sorocaba, SP, BR) foi selecionado para envolver perpendicularmente e ao longo eixo dos corpos de prova de resina e paralelamente ao plano horizontal (Figura 10). Foi utilizada uma célula de carga 50N para aplicar a força crescente na área adesiva. O ensaio foi realizado por meio da máquina de ensaio mecânico (OM100, Odeme, Luzerna, SC, BR) (Figura 12) em velocidade de 0,7mm/min até ocorrer falha no sistema (Araújo *et*

al., 2017). A resistência de união (MPa) de cada espécime foi calculada de acordo com a seguinte fórmula:

$$\tau = \frac{F}{A}$$

Onde kgf é a força necessária para a falha (N) fornecida pela máquina após o ensaio, sendo 1 kgf correspondente a 9,81N e πr^2 é a área adesiva dos espécimes (mm²). A média dos valores obtidos foi considerada como valor amostral na análise estatística.

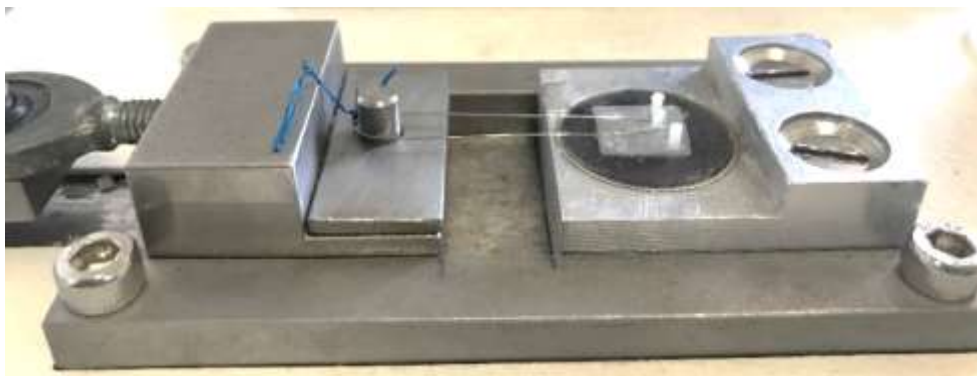


Figura 11. Cilindro de resina em posição para ser submetido a ensaio mecânico de microcisalhamento.



Figura 12. Máquina de ensaio mecânico utilizada para microcisalhamento (OM100, Odeme Dental Research).

3.7. Análise do padrão de falha

As superfícies fraturadas resultantes do teste μ SBS foram examinadas por um estereomicroscópio (Mytutoyo, Osaka, Japão) com uma magnificação de 40x, para avaliar o padrão de falha (Figura 13). As falhas foram classificadas por dois avaliadores como: adesivas, coesivas ou mistas. As falhas foram adesivas quando nenhum material de resina residual poderia ser observado na superfície da resina composta envelhecida, isto é, na interface adesiva entre resina-resina. Coesiva quando ocorreu uma fratura parcial de resina, no entanto, pode ser coesiva na resina de reparo ou coesiva na resina de base (na superfície da resina envelhecida). Mista quando envolveu a falha na interface entre resina-resina e envolveu a resina seja a da base ou a do reparo.

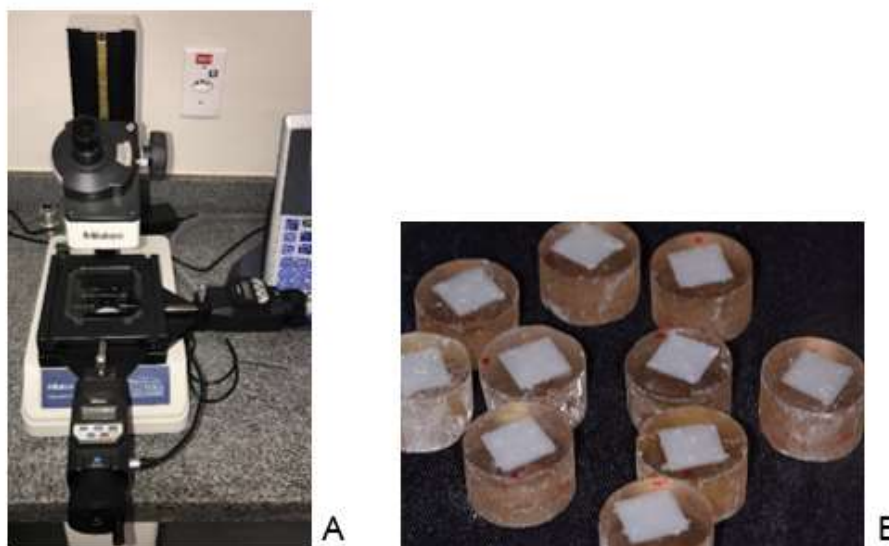


Figura 13. Análise do padrão de falha; A. Microscópio óptico; B. Espécimes fraturados após o ensaio de microcisalhamento.

3.8. Rugosidade da superfície

Oitenta espécimes adicionais (n=10) foram confeccionados utilizando a mesma resina composta em outro molde de silicone com dimensões internas de 4mm de diâmetro e 2mm de espessura (Figura 14). Os espécimes foram armazenados por oito semanas em saliva artificial e posteriormente foram divididos aleatoriamente de acordo com os tratamentos de superfície e após os

seus respectivos protocolos, foram utilizados no teste de rugosidade de superfície.

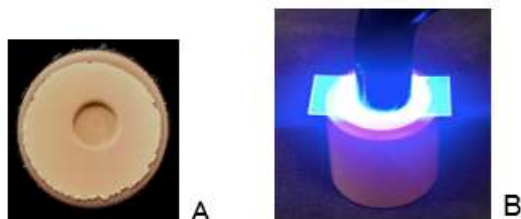


Figura 14. Confeção dos espécimes para rugosidade; A. Matriz de silicone com dimensões para a confecção do espécime (4x2mm); B. Fotoativação do conjunto.

Para a realização do teste, os espécimes foram estabilizados por uma cera utilidade (Newmax U, Technew, Rio de Janeiro, RJ, BR) sob um dispositivo de resina acrílica acoplado ao suporte da máquina, com objetivo de evitar a movimentação dos mesmos (Figura 15). O teste foi realizado por uma máquina de contato (Mitutoyo Surftest 301J, Mitutoyo, Tóquio, JP), lida pelo software SJ-Tools-301 software (Mitutoyo, Tóquio, JP) (Figura 16).

Foram registradas as medidas para todos os espécimes de cada grupo, para obter o parâmetro de rugosidade da superfície (R_a) (da SILVA *et al.*, 2014; OLIVEIRA *et al.*, 2012). O *cut-off* para a rugosidade da superfície foi de 0,25 mm e o comprimento de amostragem para cada medição foi de 1,25 mm. A média aritmética foi considerada o valor de rugosidade (R_a - μm), que indicou a média aritmética de todas as distâncias absolutas do perfil de rugosidade.



Figura 15. Aplicação da ponta de diamante no conjunto posicionado ao equipamento.

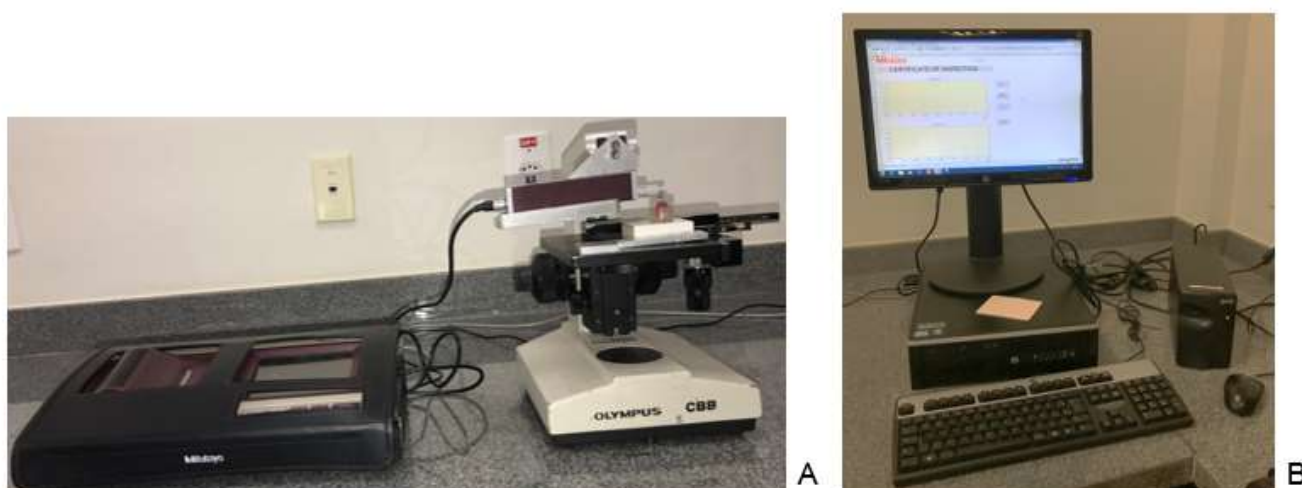


Figura 16. A. Rugosímetro conectado a; B. Computador que contém o software SJ-Tools-301.

3.9. Análise de microscopia eletrônica de varredura

Espécimes utilizados no teste de rugosidade representativos dos tratamentos de superfície foram utilizados para análises de microscopia eletrônica de varredura (MEV) (EVO MA 10, Carl Zeiss, Londres, Inglaterra). Além desses, nove espécimes foram confeccionados para avaliação de tratamentos isolados. Os seguintes foram eleitos: após 24h, após oito semanas de envelhecimento, condicionamento com ácido fosfórico, os tratamentos mecânicos isolados, tratamentos mecânicos com aplicação de ácido, tratamentos mecânicos com a aplicação de ácido e silano, e os tratamentos completos referentes aos grupos do presente estudo (tratamento mecânico, ácido e silano, e tratamento mecânico, ácido e primer experimental). Os espécimes foram revestidos por pulverização catódica (Leica EM SCD050, Leica Microsystems, GmbH, Wien, Áustria) com ouro até obter espessura de aproximadamente 50 μ m em um evaporador de vácuo e kVp = 20 (Figura 17). Fotografias de áreas representativas dos espécimes foram realizadas com magnificação de 1200x.

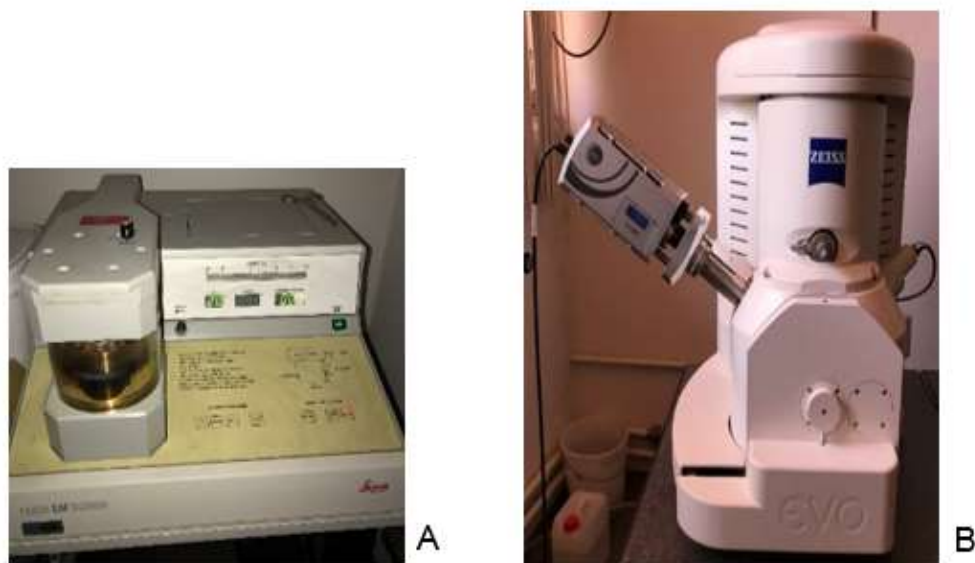


Figura 17. Microscopia eletrônica de varredura; A. Metalizadora responsável pelo recobrimento em ouro das amostras; B. Microscópio eletrônico de varredura.

3.10. Análise estatística

Os dados de microcisalhamento e rugosidade superficial foram submetidos ao teste de Shapiro-Wilk para verificar a normalidade e homogeneidade da distribuição. Os valores apresentaram requisitos que possibilitaram a análise paramétrica, por isso foi empregada a Análise de Variância Fatorial (ANOVA) one-way e Teste de Tukey-hsd para comparação múltipla entre as médias. Para analisar a correlação entre as metodologias de rugosidade e de microcisalhamento, foi realizado a correlação de Spearman. Todos os testes foram realizados em um nível de significância de 5% de significância em software estatístico (Sigma plot Verson 12.0, Systat Software Inc., San Jose, CA, EUA). O teste *post hoc* de Dunnett foi utilizado para detectar diferenças significativas entre os grupos de tratamento e o grupo controle para os dados de resistência de união e rugosidade superficial. Para os dados do padrão de falha, por se tratarem de dados não quantitativos, foi realizado o teste Kruskal-Wallis. As imagens obtidas por MEV foram analisadas de forma descritiva.

RESULTADOS

4 - RESULTADOS

4.1. Resistência de união

A média e o desvio padrão da resistência de união (MPa) dos grupos são apresentados na Tabela 2. One-way ANOVA mostrou diferença significativa entre os tratamentos de superfície ($p < 0,001$). O teste de Tukey mostrou diferença significativa entre alguns grupos. Os maiores valores de resistência de união foram encontrados nos grupos JAcSA ($19,49 \pm 1,57$) seguido pelos grupos PdAcSA ($16,59 \pm 2,78$) e JAcA ($16,080 \pm 3,295$), porém não apresentaram diferença estatística entre eles ($p < 0,001$). O menor valor de resistência de união foi observado no grupo controle ($10,601 \pm 2,773$), que não apresentou diferença estatística em comparação aos grupos JAcP, PdAcP e AcA ($p < 0,001$). Os resultados do teste de Dunnett estão apresentados na Tabela 3. O grupo controle não mostrou diferença significativa em relação aos grupos PdAcP e AcA ($p < 0,001$), porém apresentou diferença com o restante dos grupos JAcSA, PdAcSA, JAcA, PdAcA e JAcP ($p < 0,001$).

Tabela 2. Média e desvio padrão (MPa) dos valores de resistência de união para todos os grupos.

Grupos de Tratamento	Resistência de união (Mpa)
JAcSA	$19,492 \pm 1,573$ A
PdAcSA	$16,598 \pm 2,780$ AB
JAcA	$16,080 \pm 3,295$ AB
PdAcA	$14,358 \pm 2,353$ BC
JAcP	$14,164 \pm 1,847$ BCD
PdAcP	$11,945 \pm 1,984$ CD
AcA	$10,693 \pm 3,974$ CD
C	$10,601 \pm 2,773$ D

Valores com a mesma letra representam ausência de diferença significativa ($p < 0,001$).

Tabela 3. Comparação dos grupos experimentais com o grupo controle.

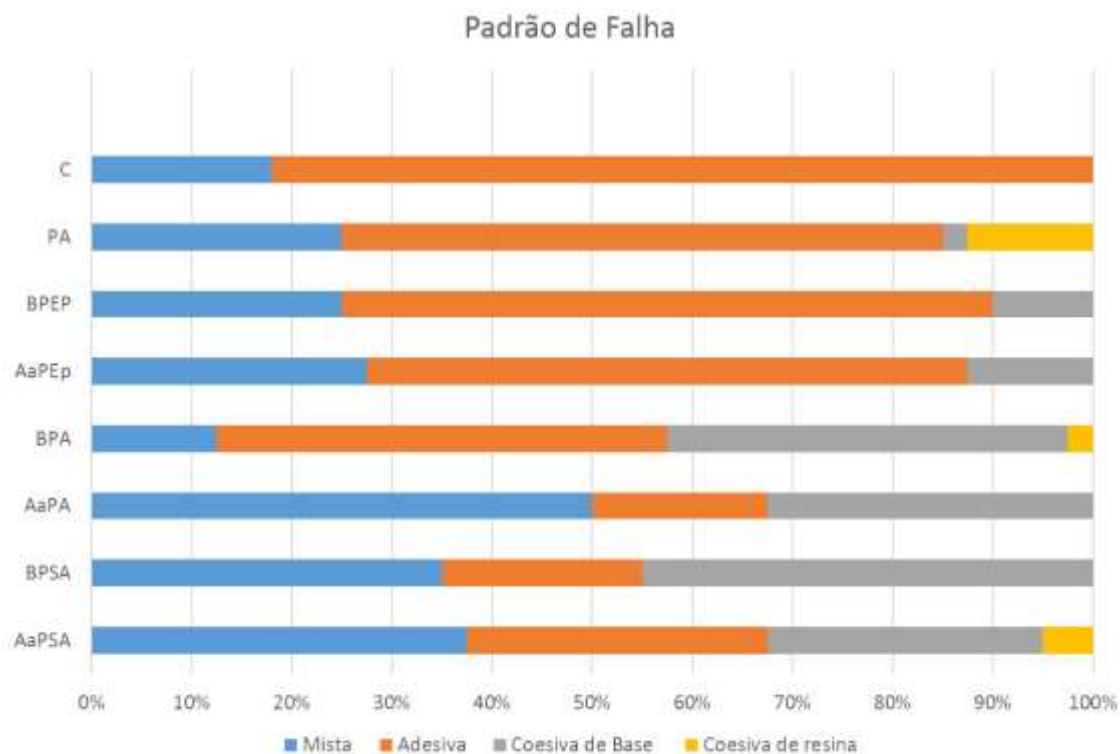
Grupos de Tratamento	Resistência de União (MPa)	Teste de Dunnett
JAcSA x C	19,492 ± 1,573*	<0,001
PdAcSA x C	16,598 ± 2,780*	<0,001
JAcA x C	16,080 ± 3,295*	<0,001
PdAcA x C	14,358 ± 2,353*	0,011
JAcP x C	14,164 ± 1,847*	0,018
PdAcP x C	11,945 ± 1,984	0,722
AcA x C	10,693 ± 3,974	1,000

(*) mostra diferença estatística entre os grupos ($p < 0,05$).

4.2. Padrão de falha

O padrão de falha está apresentado no Gráfico 1. O grupo controle, AcA, PdAcA, PdAcP e JAcP apresentaram falhas predominantemente adesivas. A falha coesiva na resina de base foi comumente encontrada quando o PdAcSA foi aplicado no substrato. JAcA e JAcSA apresentaram predominantemente falhas mistas. Nenhum grupo teve falha coesiva na resina do reparo como predominância. Dos 320 corpos de prova fraturados após o ensaio de microcissalhamento, 47,5% das falhas foram adesivas, 21,2% coesivas na restauração envelhecida, 2,5% na restauração do reparo e 28,7% mista. A Tabela 4 apresenta as diferenças estatísticas entre o padrão de falha para todos os grupos ($p < 0,001$). Os grupos JAcA, PdAcSA, JAcSA e PdAcA não tiveram diferença estatística significativa entre si. Os grupos PdAcSA, JAcSA, PdAcA, JAcP, AcA e PdAcP mostraram estatisticamente valores similares. E os grupos JAcP, AcA, PdAcP e C não apresentaram diferença estatística significativa.

Gráfico 1. Frequência do padrão de falha para todos os grupos.



Distribuição da classificação do padrão de falha para todos os grupos.

Tabela 4. Distribuição do padrão de falha em quartis para todos os grupos (%).

Grupo	Mediana	25%	75%	
JAcA	Adesiva	Adesiva	Mista	A
PdAcSA	Mista	Adesiva	Coesiva de base	AB
JAcSA	Mista	Mista	Coesiva de base	AB
PdAcA	Adesiva	Adesiva	Mista	AB
JAcP	Coesiva de reparo	Coesiva de reparo	Coesiva de base	BC
AcA	Mista	Adesiva	Coesiva de base	BC
PdAcP	Adesiva	Adesiva	Mista	BC
C	Adesiva	Adesiva	Adesiva	C

Valores com a mesma letra não tem diferença significativa ($p < 0,001$).

4.3. Rugosidade de superfície

A média e o desvio padrão da rugosidade superficial (μm) dos grupos são apresentados na Tabela 5. ANOVA one-way mostrou diferença estatística significava ($p < 0,001$), o que significa que a rugosidade foi influenciada pelos protocolos de tratamento de superfície. Para o parâmetro de rugosidade Ra, não houve diferença estatística entre os grupos C, PdAcA, PdAcSA, JAcA, AcA e JAcA. Os espécimes tratados com o primer experimental nos grupos PdAcP e JAcP não apresentaram diferença estatística significativa entre eles, no entanto, apresentaram em relação a todos os outros grupos. Como pode ser observado na Tabela 6, todos os grupos apresentam diferença estatística significativa em comparação ao grupo controle, conforme obtido pelo teste de Dunnet ($p < 0,001$).

Tabela 5. Média \pm desvio padrão de rugosidade superficial (μm) para todos os grupos.

Grupos	Valores de Rugosidade (μm)
PdAcP	$0,93 \pm 0,52$ A
JAcP	$0,77 \pm 0,52$ A
C	$0,35 \pm 0,35$ B
PdAcA	$0,24 \pm 0,17$ B
PdAcSA	$0,20 \pm 0,10$ B
JAcSA	$0,13 \pm 0,08$ B
AcA	$0,12 \pm 0,08$ B
JAcA	$0,10 \pm 0,05$ B

Valores com a mesma letra representam ausência de diferença estatística significativa ($p < 0,001$).

Tabela 6. Comparação dos valores da rugosidade superficial do grupo controle com os grupos experimentais, por meio do teste estatístico de Dunnett.

Grupos	Rugosidade superficial (μm)	Teste de Dunnett
PdAcP x C	4,322 \pm 2,171*	<0,001
JAcP x C	3,914 \pm 2,244*	<0,001
PdAcSA x C	1,222 \pm 0,598*	<0,001
PdAcA x C	1,304 \pm 1,032*	<0,001
JAcSA x C	0,741 \pm 0,467*	<0,001
AcA x C	0,731 \pm 0,473*	<0,001
JAcA x C	0,600 \pm 0,381*	0,004

(*) *mostra diferença estatística significativa entre os grupos ($p < 0,05$).*

4.4. MEV

A ausência de tratamento de superfície na resina composta originou uma superfície relativamente lisa, conforme pode ser observado na Figura 18 (a, b, c), que ilustra micrografias do MEV de espécimes após 24h sem tratamento, espécimes envelhecidos e condicionados pelo ácido fosfórico, respectivamente. Como esperado, a aplicação de agentes químicos e/ou tratamentos mecânicos pode alterar a morfologia da rugosidade da superfície. O grupo asperizado com ponta diamantada revelou um padrão de retenção micromecânica unidirecional e irregularidades morfológicas similares entre si (Figura 18, d). O jateamento com partículas de óxido de alumínio mostrou uma superfície com sulcos e poros com variação nas alturas dos picos e vales (Figura 18, h). Os grupos que tiveram a aplicação do primer experimental apresentaram aparência rugosa da superfície, porém embora tiveram diferentes tratamentos mecânicos prévios, a morfologia das irregularidades é similar entre si.

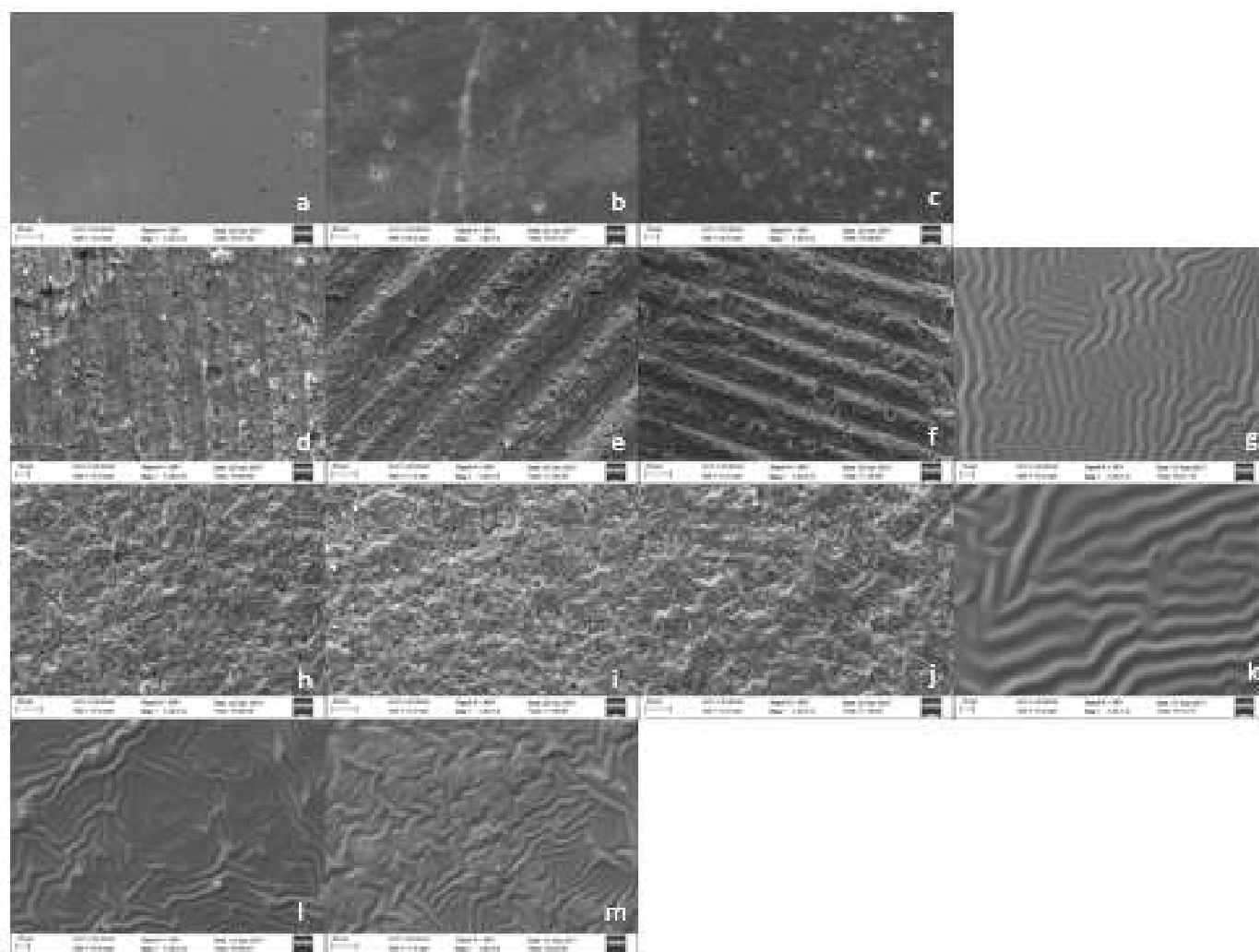


Figura 18. Superfície representada por micrografia eletrônica de varredura: (a) ausência de tratamento de superfície após 24h; (b) envelhecimento após 8 semanas em saliva artificial; (c) condicionamento pelo ácido fosfórico; (d) asperização com ponta diamantada; (e) asperização com ponta diamantada + ácido fosfórico; (f) asperização com ponta diamantada + ácido fosfórico + silano; (g) asperização com ponta diamantada + ácido fosfórico + silano + adesivo (PdAcSA); (h) jateamento com Al_2O_3 ; (i) jateamento com Al_2O_3 + ácido fosfórico; (j) jateamento com Al_2O_3 + ácido fosfórico + silano; (k) jateamento com Al_2O_3 + ácido fosfórico + silano + adesivo (JAcSA); (l) asperização com ponta diamantada + ácido fosfórico + primer experimental (PdAcP); (m) jateamento com Al_2O_3 + ácido fosfórico + primer experimental (JAcP).

De acordo com o teste de correlação de Spearman, as metodologias de microcisolamento e rugosidade superficial não apresentaram correlação entre si ($p > 0.05$).

DISCUSSÃO

5 - DISCUSSÃO

O reparo das restaurações pré-existent em resina composta é um procedimento conservador capaz de proporcionar uma longevidade significativa para as restaurações que apresentaram falhas (Fernández *et al.*, 2015). Entretanto, este procedimento é dependente da união entre os monômeros resinosos da restauração envelhecida com os monômeros da nova restauração (reparo), cuja superfície apresenta-se com poucos monômeros residuais (Tezvergil *et al.*, 2003). A rugosidade superficial, a adesão, o material resinoso para reparo assim como o tempo de envelhecimento são variáveis que podem influenciar na resistência de união (Shahdad, Kennedy, 1998; Hemadri *et al.*, 2014; Wendler *et al.*, 2016). Neste sentido, um adequado protocolo de tratamento de superfície se faz necessário para obter estabilidade de união e aumentar a durabilidade das restaurações (Hemadri *et al.*, 2014, Gupta *et al.*, 2015, Loomans *et al.*, 2011; Melo *et al.*, 2011, Fornazari *et al.*, 2017). Os resultados do presente estudo rejeitam a primeira hipótese nula, pois os tratamentos de superfície influenciaram nos valores de resistência de união e na rugosidade superficial. O uso do primer experimental não aumentou a resistência de união, portanto, a segunda hipótese nula foi aceita.

Os resultados deste estudo estão de acordo com outros artigos encontrados na literatura, os quais demonstraram que a presença do tratamento mecânico proporciona maiores valores de resistência adesiva quando comparada a espécimes em que a micro-retenção não foi criada (da Costa *et al.*, 2012; Kimyai *et al.*, 2010; Jafarzadeh *et al.*, 2011; Shahdad e Kennedy, 1998).

O jateamento com partículas de óxido de alumínio tem apresentado bons resultados em relação à união do reparo com resina composta (da Costa *et al.*, 2012; Celik *et al.*, 2015; Hemadri *et al.*, 2014; Costa *et al.*, 2010). Assim como o jateamento, as pontas diamantadas também apresentaram resultados semelhantes e ainda possui grande vantagem clínica, uma vez que é um procedimento de simples execução e baixo custo (Nassooki *et al.*, 2015; Ahmadizenouz *et al.*, 2016; Ivanovas *et al.*, 2011). Pontas diamantadas mais abrasivas, de granulações grossas ou médias produzem mais rugosidade de superfície em comparação às finas, embora o padrão de micro-retenções

produzido seja semelhante e parece não afetar a resistência de união (da Costa *et al.*, 2012; Valente *et al.*, 2015; Oliveira *et al.*, 2003). No entanto, a medida que a matriz orgânica e as partículas inorgânicas se diferem em dureza, o perfil de abrasão dos tratamentos mecânicos não é uniforme, criando diferentes morfologias de micro-retenção na superfície (Valente *et al.*, 2015). No que se refere a resistência de união e a rugosidade superficial avaliados após os protocolos completos de tratamentos de superfície propostos no presente estudo, ambos os tratamentos mecânicos se comportaram de maneira estatisticamente similar. Isto pode ser explicado devido a capacidade de tornar a superfície áspera, o que aumenta consideravelmente a superfície disponível para retenção mecânica e penetração do sistema adesivo comparado com a ausência de tratamento mecânico (da Costa *et al.*, 2012).

As imagens obtidas por MEV indicam que a morfologia formada por meio do jateamento torna a área mais irregular e desnivelada do que a produzida pela asperização com ponta diamantada. O tratamento com ponta diamantada mostrou um padrão unidirecional de sulcos (Figura 18, d). Em contrapartida, a maior quantidade de sulcos e poros com variações na altura dos picos e vales pode ser observada nos espécimes jateados, sugerindo uma maior superfície de área adesiva total. Acredita-se que o jateamento expõe maior quantidade de partículas de carga da resina composta (Ahmadizenouz *et al.*, 2016; Curtis *et al.*, 2009), o que justificaria o aumento da área superficial e consequentemente, a resistência de união principalmente no grupo que o silano está presente. Assim, mesmo se o cirurgião-dentista não optar por adquirir o dispositivo intra-oral de jateamento com partículas de óxido de alumínio, é possível obter uma superfície rugosa o suficiente por meio da utilização de pontas diamantadas, como tratamento mecânico para o reparo.

Por meio dos resultados e da análise estatística realizada neste estudo, o grupo controle apresentou menor valor de resistência de união, em comparação aos grupos experimentais, com ausência de diferença estatística significativa com os grupos AcA e PdAcP. O grupo controle teve o mesmo tratamento superficial que o grupo AcA, sendo a diferença entre eles o envelhecimento em saliva artificial. Em contrapartida, o grupo PdAcP utilizou a

associação do tratamento mecânico com o químico, porém, o agente de união foi o primer experimental, que possui menor quantidade de monômeros comparado ao adesivo, o que justifica a menor resistência adesiva encontrada nos grupos que o utilizaram.

Em estudos *in vitro* sobre procedimento de reparo, pode-se verificar que o método mais comum que simula o envelhecimento da resina composta é o armazenamento dos espécimes em água ou saliva por diferentes tempos de armazenamento, que variam de uma semana (Gupta *et al.*, 2015) a um ano (Sousa *et al.*, 2017). No entanto, não existe padrão que determina o tempo e/ou o meio ideal de envelhecimento (Tezvergil *et al.*, 2003). A absorção de água na resina composta pode causar deterioração da interface matriz-carga, removendo o silano sobre as partículas de carga ou matriz, o que quebra as ligações dos radicais livres, além de aumentar a sua porosidade interna (Sarkar, 2009; Finer e Santerre, 2004). Estes fenômenos podem criar alterações na superfície da resina composta e influenciar na adesão do reparo (Jafarzadeh *et al.*, 2011; Gale e Darvell, 1999). Os valores de resistência de união do grupo controle nos fornece informação da influência do armazenamento em saliva artificial para os espécimes (Bonstein *et al.*, 2005). O meio de envelhecimento utilizado neste estudo e o tempo de oito semanas não foram suficientes para avaliar efetivamente o seu efeito na degradação hidrolítica (Ferracane, 2006; Malacarne *et al.*, 2006, Braccket *et al.*, 2007).

A aplicação do ácido fosfórico sugere modificar a superfície, visto que o grupo AcA não apresentou diferença estatística significativa nos valores de rugosidade superficial em relação aos grupos que tiveram o emprego do tratamento mecânico, conforme também pode ser observado uma modificação da morfologia do espécime (Figura 18, c). Entretanto, o condicionamento com ácido fosfórico, enxágue e controle de umidade foram etapas padronizadas em todos os grupos para obtenção da limpeza superficial, remoção dos debris e partículas abrasivas residuais após os tratamentos mecânicos, passo importante para a realização de restaurações adesivas e favorecimento da sua longevidade clínica (Gupta *et al.*, 2015; Jafarzadeh *et al.*, 2011; Bonstein *et al.*, 2005).

A rugosidade gerada pelos tratamentos mecânicos é importante, no entanto, sem a associação com os agentes de união os valores de resistência de união são menores, ressaltando a importância da utilização dos tratamentos mecânicos juntamente com os químicos. Em termos do protocolo de tratamento de superfície, o silano é importante e representa um passo diferencial na técnica para reparo (Loomans *et al.*, 2011; Souza *et al.*, 2017; Lung *et al.*, 2016). O silano, é uma molécula bifuncional, que por meio de ligações covalentes, se liga à matriz do adesivo com às partículas expostas e residuais da resina envelhecida. Além de criar uma camada protetora na superfície, aumenta a molhabilidade da superfície que será reparada, o que prepara a superfície para a camada adesiva que virá posteriormente (Loomans *et al.*, 2011; Ozcan e Pekkan, 2013; Lung *et al.*, 2017). Esta união melhora consideravelmente a resistência adesiva do reparo (Matinlinna e Vallittu, 2007, Arksornnukit *et al.*, 2004), fato este que pode ser observado nos maiores valores de resistência de união dos grupos JAcSA e PdAcSA do presente estudo.

A etapa de aplicação do adesivo foi demonstrada efetivamente como indispensável para o tratamento químico do reparo de restaurações com resina composta (Tezvergil *et al.*, 2003; Loomans *et al.*, 2011; da Costa *et al.*, 2012). A sua aplicação é responsável pela adesão propriamente dita, sendo que outros tratamentos mecânicos atuam melhor na retenção micro-mecânica (Ozcan e Pekkan, 2013). O adesivo apresenta baixa viscosidade, molhabilidade superficial e união química satisfatória com as ligações duplas de carbono não convertidas, promovendo ligações covalentes com a resina envelhecida (Padipatvuthikul e Mair, 2007). Nas imagens obtidas por MEV, após a aplicação da camada adesiva, todos os grupos apresentaram um perfil de rugosidade em que não foi possível diferenciar a morfologia entre si, pois o micro-relevo foi coberto por esta espessura de película adesiva. De maneira semelhante, os grupos que utilizaram o primer experimental em seus protocolos apresentaram características que também não permitiu distinguir por imagens a morfologia de rugosidade superficial entre si. Os valores referentes a rugosidade superficial de certa maneira nos fornecem uma visão limitada neste estudo. O grupo controle e o grupo AcA não apresentou tratamento mecânico em seus protocolos e

possivelmente devido a aplicação da camada adesiva, se assemelhou estatisticamente ao restante dos grupos que também aplicaram adesivo como agente de união, não permitindo distinguir maiores diferenças entre picos e vales nos padrões de rugosidade superficial.

Em um estudo recente, um primer experimental foi desenvolvido como tratamento químico para ser utilizado como passo único/universal/multimodo no reparo, objetivando otimizar as forças de união. Este é composto por monômeros à base de metacrilato, monômeros acídicos, etanol, fotoiniciadores, silano e ácido metacrílico (Valente *et al.*, 2016). Neste presente estudo, os grupos que receberam o primer experimental apresentaram menores valores de resistência de união e maiores valores de rugosidade, quando comparados à aplicação de outros tratamentos químicos como a associação com as etapas de silano e adesivo. No entanto, essas duas metodologias não apresentaram correlação. Na composição do primer, é possível notar pouca quantidade de monômeros de metacrilato em vista do alto teor de silano, características estas que justificam os achados deste trabalho. Este fato confere ao primer volatilidade, menor viscosidade e menor grau de conversão (Valente *et al.*, 2016) quando comparado ao adesivo convencional utilizado neste estudo, não sendo capaz de preencher as irregularidades geradas pela asperização com ponta diamantada e com jateamento, mantendo então o padrão de rugosidade criado pelo tratamento mecânico. Além disso, maior número de monômeros residuais e/ou não reagidos aumenta o risco de sofrer hidrólise e degradação das ligações intermoleculares que por consequência, diminui a resistência de união desses grupos que o utilizaram.

A incorporação do ácido metacrílico na formulação do primer contém em sua estrutura química um grupo carboxílico (Kovarík *et al.*, 2005) que é formado por produtos hidroxilas, os quais promovem fortes ligações de hidrogênio. Esta rede de polímero reticulado permite uma maior estabilidade da molécula (Valente *et al.*, 2016). No entanto, essas moléculas estão propensas a sofrer o processo de degradação hidrolítica, o que pode comprometer a durabilidade desta ligação ao longo do tempo (Ferracane, 2006). Esta poderia também ser razão pela qual o primer experimental no presente estudo não

obteve o melhor efeito sob a resistência de união dos compósitos envelhecidos reparados, em comparação ao protocolo em que foi utilizada a aplicação do adesivo puro e/ou da associação de silano e adesivo, embora o tempo de armazenamento/envelhecimento sugere ter sido pouco para verificar com exatidão este fato. Diante destes resultados, a utilização de um adesivo convencional comercial parece ser a melhor opção de escolha no momento, para o tratamento químico do reparo. Apesar disto, o primer experimental tem um caráter promissor na redução das etapas clínicas restauradoras do reparo.

No que se refere a análise do padrão de falha, os espécimes de maneira geral seguiram o comportamento dos respectivos grupos frente ao ensaio de microcissalhamento (Rinastini *et al.*, 2010). A quantidade de falhas coesivas aumenta quando o silano foi aplicado, de forma que os espécimes que não receberam silano tiveram principalmente falhas adesivas. Além disso, espécimes que não receberam tratamento mecânico, o grupo AcA e o controle, apresentaram menores valores de resistência adesiva e predominantemente um padrão de falha adesivo.

O ensaio de resistência ao microcissalhamento foi utilizado para avaliar a resistência de união. Este consiste no teste mais utilizado e também apropriado para quantificar a resistência de união do reparo, pois produz menor tensão na interface adesiva durante a confecção dos espécimes (Hemadri *et al.*, 2014; Armstrong *et al.*, 2009). Foram utilizados dois métodos de análise de rugosidade superficial da resina composta envelhecida e tratada, uma qualitativa e outra quantitativa. O rugosímetro calcula a média aritmética (Ra) em μm , sendo o parâmetro mais utilizado para analisar o perfil quantitativo da superfície. As imagens obtidas por MEV permitiram a análise visual e caracterização das superfícies quanto ao aspecto da morfologia das irregularidades. Esta associação de métodos permite contribuir significativamente para a qualidade da interpretação dos resultados encontrados comumente na prática clínica (Marghalani, 2010).

Uma das limitações deste estudo *in vitro* é a dificuldade em reproduzir todas as condições específicas dos materiais. Estudos posteriores são necessários para investigar o efeito de diferentes meios e diferentes tempos de

envelhecimento sob os espécimes, pesquisar a composição ideal do primer experimental e para avaliar o efeito da hidrólise após o envelhecimento do reparo quando seus tratamentos químicos constituem na aplicação do silano e adesivo. Estudos *in vivo* também são necessários para reproduzir as condições orais, que dificultam a predição da durabilidade e a comparação dos materiais dentários.

Sendo assim, é necessário reconhecer que mesmo os defeitos menores, como a perda de anatomia, manchamento marginal, pequenos lascamentos, comumente presente nas reintervenções das restaurações estéticas, o reparo é indicado e requer um protocolo de tratamento de superfície (Blum *et al.*, 2014; Blum *et al.*, 2011). Este estudo objetivou ressaltar a relevância clínica do reparo, o que reforça a ideia de que o tratamento de superfície é um fator muito importante na união entre a restauração pré-existente e a resina composta do reparo, sendo o protocolo por meio de asperização com ponta diamantada, limpeza com ácido fosfórico, silanização e aplicação de adesivo uma boa opção para este procedimento restaurador minimamente invasivo.

CONCLUSÃO

6 - CONCLUSÃO

Dentro das limitações deste estudo in vitro, pode-se concluir que o tratamento mecânico aumenta a resistência de união, a aplicação do silano é essencial para o sucesso do reparo, independente do tratamento mecânico utilizado e a aplicação do primer experimental proporcionou maiores valores de rugosidade superficial, porém menor resistência adesiva ao microcisoramento.

REFERÊNCIAS

7 – REFERÊNCIAS

1. Araújo IS, Prado CJD, Raposo LHA, Soares CJ, Zanatta RF, Torres CRG, et al. Influence of Hemostatic Solution on Bond Strength and Physicochemical Properties of Resin Cement. Braz Dent J. 2017;28(5):624-631. <https://doi.org/10.1590/0103-6440201701481>
2. Ahmadizenouz G, Esmaeili B, Taghvaei A, Jamali Z, Jafari T, Amiri Daneshvar F, et al. Effect of different surface treatments on the shear bond strength of nanofilled composite repairs. J Dent Res Dent Clin Dent Prospects. 2016;10(1):9-16. <https://doi.org/10.15171/joddd.2016.002>
3. Armstrong S, Geraldeli S, Maia R, Raposo LH, Soares CJ, Yamagawa J. Adhesion to tooth structure: a critical review of "micro" bond strength test methods. Dent Mater. 2010;26(2):e50-62. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2009.11.155>
4. Arksornnukit M, Takahashi H, Nishiyama N. Effects of silane coupling agent amount on mechanical properties and hydrolytic durability of composite resin after hot water storage. Dent Mat J. 2004;23(1):31-6. <https://doi.org/10.4012/dmj.23.31>
5. Bacchi A, Consani RL, Sinhoreti MA, Feitosa VP, Cavalcante LM, Pfeifer CS, et al. Repair bond strength in aged methacrylate- and silorane-based composites. J Adhes Dent. 2013;15(5):447-52.

* De acordo com a Norma da FOUFU, baseado nas Normas de Vancouver. Abreviaturas dos periódicos com conformidade com Medline (Pubmed).

6. Bagheri R, Burrow MF, Tyas M. Influence of food-simulating solutions and surface finish on susceptibility to staining of aesthetic restorative materials. J Dent. 2005;33(5):389-98. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2004.10.018>
7. Blum IR, Schrieffer A, Heidemann D, Mjör IA, Wilson NH. The repair of direct composite restorations: an international survey of the teaching of operative techniques and materials. Eur J Dent Educ. 2003;7(1):41-8. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0579.2003.00275.x>
8. Blum IR, Jagger DC, Wilson HH. Defective dental restorations: to repair or not to repair? Part 1: direct composite restorations. SADJ. 2011;66(3):114-8. <https://doi.org/10.12968/denu.2011.38.2.78>
9. Blum IR, Lynch CD, Wilson NH. Factors influencing repair of dental restorations with resin composite. Clin Cosmet Investig Dent. 2014;6: 81–87. <https://doi.org/10.2147/CCIDE.S53461>
10. Brackett MG, Bouillaguet S, Lockwood PE, Rotenberg S, Lewis JB, Messer RL, et al. In vitro cytotoxicity of dental composites based on new and traditional polymerization chemistries. J Biomed Mater Res B Appl Biomater. 2007;81(2):397-402. <https://doi.org/10.1002/jbm.b.30676>
11. Celik C, Cehreli SB, Arhun N. Resin composite repair: Quantitative microleakage evaluation of resin-resin and resin-tooth interfaces with different surface treatments. Eur J Dent. 2015;9(1):92-9. <https://doi.org/10.4103/1305-7456.149652>
12. Curtis AR, Palin WM, Fleming GJ, Shortall AC, Marquis PM. The mechanical properties of nanofilled resin-based composites: the impact

- of dry and wet cyclic pre-loading on bi-axial flexure strength. *Dent Mater.* 2009;25(2):188-97. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2008.06.003>
13. da Costa TR, Ferreira SQ, Klein-Júnior CA, Loguercio AD, Reis A. Durability of surface treatments and intermediate agents used for repair of a polished composite. *Oper Dent.* 2010;35(2):231-7. <https://doi.org/10.2341/09-216-L>
14. da Costa TR, Serrano AM, Atman AP, Loguercio AD, Reis A. Durability of composite repair using different surface treatments. *J Dent.* 2012;40(6):513-21. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2012.03.001>
15. da Silva EM, de Sá Rodrigues CU, Dias DA, da Silva S, Amaral CM, Guimarães JG. Effect of toothbrushing-mouthrinse-cycling on surface roughness and topography of nanofilled, microfilled, and microhybrid resin composites. *Oper Dent.* 2014;39(5):521-9. <https://doi.org/10.2341/13-199-L>
16. Demarco FF, Collares K, Correa MB, Cenci MS, Moraes RR, Opdam NJ. Should my composite restorations last forever? Why are they failing? *Braz Oral Res.* 2017;28(31 Suppl 1):e56. <https://doi.org/10.1590/1807-3107bor-2017.vol31.0056>
17. Duran İ, Ural Ç, Yilmaz B, Tatar N. Effects of Er:YAG Laser Pretreatment with Different Energy Levels on Bond Strength of Repairing Composite Materials. *Photomed Laser Surg.* 2015;33(6):320-5. <https://doi.org/10.1089/pho.2014.3859>
18. El-Deeb HA, Daifalla LE, Badran OI, Mobarak EH. Bond Strength Durability of Different Adhesives to Dentin After Aging in Two Different Solutions. *J Adhes Dent.* 2016;18(4):303-9.

19. Eliasson ST, Tibballs J, Dahl JE. Effect of different surface treatments and adhesives on repair bond strength of resin composites after one and 12 months of storage using an improved microtensile test method. *Oper Dent*. 2014;39(5):206-16. <https://doi.org/10.2341/12-429-L>
20. Estay J, Martín J, Viera V, Valdivieso J, Bersezio C, Vildosola P, et al. 12 Years of Repair of Amalgam and Composite Resins: A Clinical Study. *Oper Dent*. 2018;43(1):12-21. <https://doi.org/10.2341/16-313-C>
21. Fawzy AS, El-Askary FS, 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. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2008.07.014>
22. Fernández E, Martín J, Vildósola P, Oliveira Junior OB, Gordan V, 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. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2014.05.015>
23. Ferracane JL. Hygroscopic and hydrolytic effects in dental polymer networks. *Dent Mater*. 2006;22(3):211-22. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2005.05.005>
24. Finer Y, Santerre JP. Salivary esterase activity and its association with the biodegradation of dental composites. *J Dent Res*. 2004;83(1):22-6. <https://doi.org/10.1177/154405910408300105>
25. Fornazari IA, Wille I, Meda EM, Brum RT, Souza EM. Effect of Surface Treatment, Silane, and Universal Adhesive on Microshear Bond Strength of Nanofilled Composite Repairs. *Oper Dent*. 2017;42(4):367-374. <https://doi.org/10.2341/16-259-L>

26. Gale MS, Darvell BW. Thermal cycling procedures for laboratory testing of dental restorations. *J Dent.* 1999;27(2):89-99. [https://doi.org/10.1016/S0300-5712\(98\)00037-2](https://doi.org/10.1016/S0300-5712(98)00037-2)
27. Gupta S, Parolia A, Jain A, Kundabala M, Mohan M, de Moraes Porto IC. A comparative effect of various surface chemical treatments on the resin composite-composite repair bond strength. *J Indian Soc Pedod Prev Dent.* 2015;33(3):245-9. <https://doi.org/10.4103/0970-4388.160402>
28. Hannig C, Laubach S, Hahn P, Attin T. Shear bond strength of repaired adhesive filling materials using different repair procedures. *J Adhes Dent.* 2006;8:35-40.
29. Heintze SD, Rousson V, Hickel R. Clinical effectiveness of direct anterior restorations--a meta-analysis. *Dent Mater.* 2015;31(5):481-95. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2015.01.015>
30. Hemadri M, Saritha G, Rajasekhar V, Pachlag KA, Purushotham R, Reddy VK. Shear Bond Strength of Repaired Composites Using Surface Treatments and Repair Materials: An In vitro Study. *J Int Oral Health.* 2014;6(6):22-5.
31. Hickel R, Brühshaver K, Ilie N. Repair of restorations--criteria for decision making and clinical recommendations. *Dent Mater.* 2013;29(1):28-50. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2012.07.006>
32. Ivanovas S, Hickel R, Ilie N. How to repair fillings made by silorane-based composites. *Clin Oral Investig.* 2011;15(6):915-22. <https://doi.org/10.1007/s00784-010-0473-z>

33. Jafarzadeh Kashi TS, Erfan M, Rakhshan V, Aghabaigi N, Tabatabaei FS. An in vitro assessment of the effects of three surface treatments on repair bond strength of aged composites. *Oper Dent*. 2011;36(6):608-17. <https://doi.org/10.2341/10-386-L>

34. Karaman E, Tuncer D, Firat E, Ozdemir OS, Karahan S. Influence of different staining beverages on color stability, surface roughness and microhardness of silorane and methacrylate-based composite resins. *J Contemp Dent Pract*. 2014;15(3):319-25. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10024-1536>

35. Kimyai S, Mohammadi N, Navimipour EJ, Rikhtegaran S. Comparison of the effect of three mechanical surface treatments on the repair bond strength of a laboratory composite. *Photomed Laser Surg*. 2010;28 Suppl 2:25-30. <https://doi.org/10.1089/pho.2009.2598>

36. Kovarik RE, Haubenreich JE, Gore D. Glass ionomer cements: a review of composition chemistry, and biocompatibility as a dental and medical implant material. *J Long Term Eff Med Implants*. 2005;15(6):655-71. <https://doi.org/10.1615/JLongTermEffMedImplants.v15.i6.80>

37. Loomans BA, Cardoso MV, Roeters FJ, Opdam NJ, De Munck J, Huysmans MC, et al. Is there one optimal repair technique for all composites? *Dent Mater*. 2011;27(7):701-9. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2011.03.013>

38. Lung CY, Sarfraz Z, Habib A, Khan AS, Matinlinna JP. Effect of silanization of hydroxyapatite fillers on physical and mechanical properties of a bis-GMA based resin composite. *J Mech Behav Biomed*

- Mater. 2016;54:283-94.
<https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2015.09.033>
39. Lynch CD, Blum IR, Frazier KB, Haisch LD, & Wilson NHF. Contemporary teaching in US and Canadian dental schools. J Am Dent Assoc. 2012;143(2) 157-163.
<https://doi.org/10.14219/jada.archive.2012.0126>
40. Lynch CD, Opdam NJ, Hickel R, Brunton PA, Gurgan S, Kakaboura A, et al. Academy of Operative Dentistry European Section. Guidance on posterior resin composites: Academy of Operative Dentistry - European Section. J Dent. 2014;42(4):377-83.
<https://doi.org/10.1016/j.jdent.2014.01.009>
41. Malacarne J, Carvalho RM, de Goes MF, Svizero N, Pashley DH, Tay FR, et al. Water sorption/solubility of dental adhesive resins. Dent Mater. 2006;22:973-80. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2005.11.020>
42. Marghalani HY. Effect of filler particles on surface roughness of experimental composite series. J Appl Oral Sci. 2010;18(1):59-67.
<https://doi.org/10.1590/S1678-77572010000100011>
43. Matinlinna JP, Vallittu PK. Silane based concepts on bonding resin composite to metals. J Contemp Dent Pract. 2007;8(2):1-8.
44. Melo MA, Moysés MR, Santos SG, Alcântara CE, Ribeiro JC. Effects of different surface treatments and accelerated artificial aging on the bond strength of composite resin repairs. Braz Oral Res. 2011;25(6):485-91.
<https://doi.org/10.1590/S1806-83242011000600003>

45. Musanje L, Darvell BW. Aspects of water sorption from the air, water and artificial saliva in resin composite restorative materials. *Dent Mater.* 2003;19:414-22. [https://doi.org/10.1016/S0109-5641\(02\)00085-4](https://doi.org/10.1016/S0109-5641(02)00085-4)
46. Nassoohi N, Kazemi H, Sadaghiani M, Mansouri M, Rakhshan V. Effects of three surfasse conditioning techniques on repair bond strength of nanohybrid and nanofilled composites. *Dent Res J (Isfahan).* 2015;12(6):554-61. <https://doi.org/10.4103/1735-3327.170575>
47. Oliveira GU, Mondelli RF, Charantola Rodrigues M, Franco EB, Ishikiriama SK, Wang L. Impact of filler size and distribution on roughness and wear of composite resin after simulated toothbrushing. *J Appl Oral Sci.* 2012;20(5):510-6. <https://doi.org/10.1590/S1678-77572012000500003>
48. Oliveira SS, Pugach MK, Hilton JF, Watanabe LG, Marshall SJ, Marshall GW, Jr. The influence of the dentin smear layer on adhesion: a self-etching primer vs. A total-etch system. *Dent Mater.* 2003;19:758-767. [https://doi.org/10.1016/S0109-5641\(03\)00023-X](https://doi.org/10.1016/S0109-5641(03)00023-X)
49. Opdam NJ, van de Sande FH, Bronkhorst E, Cenci MS, Bottenberg P, Pallesen U, et al. Longevity of posterior composite restorations: a systematic review and meta-analysis. *J Dent Res.* 2014;93(10):943-9. <https://doi.org/10.1177/0022034514544217>
50. Özcan M, Pekkan G. Effect of different adhesion strategies on bond strength of resin composite to composite-dentin complex. *Oper Dent.* 2013;38(1):63-72. <https://doi.org/10.2341/11-482-L>

51. Padipatvuthikul P, Mair LH. Bonding of composite to water aged composite with surface treatments. Dent Mater. 2007;23(4):519-25. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2006.03.010>
52. RAPOSO LHA. "AVALIAÇÃO CRÍTICA DOS PARÂMETROS DE ENSAIOS MECÂNICOS ENVOLVENDO MATERIAIS ODONTOLÓGICOS - ANÁLISE LABORATORIAL E POR ELEMENTOS FINITOS". [Tese] Piracicaba: Faculdade de Odontologia/UNICAMP; 2013.
53. Rinastiti M, Ozcan M, Siswomihardjo W, Busscher HJ. Immediate repair bond strengths of microhybrid, nanohybrid and nanofilled composites after different surface treatments. J Dent. 2010;38(1):29-38. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2009.08.009>
54. Sarkar NK. Internal corrosion in dental composite wear. J Biomed Mater Res. 2000;53(4):371-80. [https://doi.org/10.1002/1097-4636\(2000\)53:4<371::AID-JBM11>3.0.CO;2-N](https://doi.org/10.1002/1097-4636(2000)53:4<371::AID-JBM11>3.0.CO;2-N)
55. Sarrett DC, Coletti DP, Peluso AR. The effects of alcoholic beverages on composite wear. Dent Mater. 2000;16:62-67. [https://doi.org/10.1016/S0109-5641\(99\)00088-3](https://doi.org/10.1016/S0109-5641(99)00088-3)
56. Shahdad SA, Kennedy JG. Bond strength of repaired anterior composite resins: an in vitro study. J Dent. 1998;26(8):685-94. [https://doi.org/10.1016/S0300-5712\(97\)00044-4](https://doi.org/10.1016/S0300-5712(97)00044-4)
57. Souza MO, Leitune VC, Rodrigues SB, Samuel SM, Collares FM. One-year aging effects on microtensile bond strengths of composite and repairs with different surface treatments. Braz Oral Res. 2017;31:e4. <https://doi.org/10.1590/1807-3107bor-2017.vol31.0004>

58. Swift EJ Jr, LeValley BD, Boyer DB. Evaluation of new methods for composite repair. Dent Mater. 1992;8:362-365.
[https://doi.org/10.1016/0109-5641\(92\)90020-D](https://doi.org/10.1016/0109-5641(92)90020-D)
59. Tezvergil A, Lassila LV, Vallittu PK. Composite-composite repair bond strength: effect of different adhesion primers. J Dent. 2003;31(8):521-525. [https://doi.org/10.1016/S0300-5712\(03\)00093-9](https://doi.org/10.1016/S0300-5712(03)00093-9)
60. Topcu FT, Sahinkesen G, Yamanel K, Erdemir U, Oktay EA, Ersahan S. Influence of different drinks on the colour stability of dental resin composites. Eur J Dent. 2009;3(1):50-6.
61. Valente LL, Silva MF, Fonseca AS, Münchow EA, Isolan CP, Moraes RR. Effect of Diamond Bur Grit Size on Composite Repair. J Adhes Dent. 2015;17(3):257-63.
62. Valente LL, Manso IS, Münchow EA, de Moraes RR. Repair bond strength of resin composite with experimental primers – effect of formulation variables. J Adhes Sci Technol. 2016;31(7):806-815.
<https://doi.org/10.1080/01694243.2016.1235769>
63. Vankerckhoven H, Lambrechts P, van Beylen M, Davidson CL, Vanherle G. Unreacted methacrylate groups on the surfaces of composite resins. J Dent Res. 1982;61(6):791-5.
<https://doi.org/10.1177/00220345820610062801>
64. Wendler M, Belli R, Panzer R, Skibbe D, Petschelt A, Lohbauer U. Repair Bond Strength of Aged Resin Composite after Different Surface and Bonding Treatments. Materials (Basel). 2016;7;9(7).