SILVIA HELENA BARBOSA

RESISTÊNCIA DE UNIÃO DE REPAROS DE RESINAS COMPOSTAS NANOPARTICULADAS E NANOHÍBRIDAS

Tese apresentada à Faculdade Odontologia de São José dos Campos, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para a obtenção do título de DOUTOR, pelo Programa de Pós-Graduação em ODONTOLOGIA RESTAURADORA, Especialidade Prótese Dentária.

SILVIA HELENA BARBOSA

RESISTÊNCIA DE UNIÃO DE REPAROS DE RESINAS COMPOSTAS NANOPARTICULADAS E NANOHÍBRIDAS

Tese apresentada à Faculdade Odontologia de São José dos Campos, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para a obtenção do título de DOUTOR, pelo Programa de Pós-Graduação em ODONTOLOGIA RESTAURADORA, Especialidade Prótese Dentária.

Orientador Prof. Dr. Marco Antonio Bottino
Co-orientadora Prof[a]. Dra. Multu Özcan

São José dos Campos
2007

Apresentação gráfica e normalização de acordo com:

Bellini AB. Manual para elaboração de monografias: estrutura do trabalho científico. São José dos Campos: FOSJC/UNESP; 2006.

Barbosa, Sílvia Helena. Resistência de união de reparos de resinas compostas nanoparticuladas e nanohíbridas / Sílvia Helena Barbosa; orientador Marco Antonio Bottino. 95f____São José dos Campos, 2007.

Tese (Programa de Pós-Graduação em Odontologia Restauradora, especialidade Prótese Dentária) – Faculdade de Odontologia de São José dos Campos, Universidade Estadual Paulista; 2007.

1. Resina composta – 2. Reparo – 3. Tratamento de superfície – 4. Resistência de união

BLACK D 22

AUTORIZAÇÃO

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, desde que citada a fonte.

São José dos Campos, 27/05/2007

Assinatura:

E-mail: silhb@hotmail.com

FOLHA DE APROVAÇÃO

Barbosa, Sílvia Helena. Avaliação da resistência de união de reparos de resinas compostas nanoparticuladas e nanohíbridas [tese]. São José dos Campos: Faculdade de Odontologia de São José dos Campos, UNESP; 2007.

São José dos Campos, 03 de agosto de 2007.

Banca examinadora

1) Prof. Adj. Marco Antonio Bottino
Titulação: Docente da Disciplina de Prótese Fixa do Departamento de Materiais Odontológicos e Prótese da Faculdade de Odontologia de São José dos Campos da UNESP.
Julgamento: Aprovada

2)Profa. Tit. Maria Fidela de Lima Navarro
Titulação: Docente da Disciplina de Dentística do Departamento de Dentística, Endodontia e Materiais Dentários da Faculdade de Odontologia de Bauru da USP.
Julgamento: Aprovada

3)Prof. Dr. Marcos Koiti Itinochi
Julgamento: Aprovada

4)Prof. Dr. Luiz Felipe Valandro Soares
Titulação: Docente da Disciplina de Prótese do Departamento de Odontologia Restauradora da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Santa Maria.
Julgamento: Aprovada

5)Prof. Adj. Clovis Pagani
Titulação: Docente da Disciplina de Dentística do Departamento de Odontologia Restauradora da Faculdade de Odontologia de São José dos Campos da UNESP.
Julgamento: Aprovada

DEDICO ESTE TRABALHO

À Deus, pelo dom da vida, e por me proporcionar as oportunidades vividas. Agradeço por toda e proteção, saúde, inteligência, por minha família e por sempre guiar os meus passos.

À minha mãe, exemplo de conquista, força, inteligência e coragem, por ter me dado os maiores presentes que um ser humano pode desejar: princípios, amor e educação. Agradeço por estar ao meu lado em mais esta etapa cumprida, com todo apoio e dedicação. À pessoa que mais amo, motivo maior do meu viver e exemplo de vida a ser seguido, meu eterno obrigada.

Ao professor Marco Antonio Bottino, meu querido orientador, pelo modo que me acolheu, com amizade, sinceridade, humanidade e seriedade, por ter me impulsionado para realização de atividades que me fizeram crescer cientificamente, pela liberdade de diálogo, pela paciência comigo, sempre me recebendo com toda solicitude. Agradeço por ter me dado a oportunidade de conviver com seu profissionalismo e adorável pessoa. A sua competência e a pessoa maravilhosa que é, são características que sempre tomarei como exemplo em minha vida profissional e pessoal. Obrigada pela maravilhosa orientação, dedicação e amizade.

Ao meu pai e Régia, por estarem ao meu lado em todos os momentos de minha vida, meu muito obrigado e todo meu amor.

Aos meus irmãos Gustavo, Vitória e Julio, orgulho e fonte de amor. A Isabela, irmã amada e grande amiga, meu maior orgulho.

Aos meus avós, literalmente pais em dobro, me apoiando e dedicando suas vidas com todo amor a mim, muito obrigada.

À tia Elza, obrigada por toda sua vida dedicada a mim, todo amor e dedicação.

Aos meus tios Beth e Sérgio e minha afilhada Bia, que proporcionaram a minha segunda casa durante toda essa jornada, obrigada pela receptividade em todos os momentos, por todo apoio e dedicação.

À minha tia Helo, por toda sua dedicação a nossa família e a mim, sempre nos ajudando.

A toda minha família, centro do meu viver e de toda minha felicidade, ponto de apoio durante toda minha vida.

À minha grande amiga Renata Faria, sempre ao meu lado, com apoio incondicional, sempre acreditando em mim, com conselhos centrados e braços abertos. Você é muito importante em minha vida.

À amiga Regina, de faculdde e moradia, com toda paciência do mundo... obrigada por me acolher e ficar sempre comigo. Minha estada em São José foi maravilhosa ao seu lado.

Às amigas Graziela Galhano e Cristiane Aronne, amigas para todas as horas e lugares, ao meu lado em um momento ímpar de minha vida. Nunca vou esquecer nossos dias na Europa, obrigada por toda amizade.

À amiga Fernanda Pelógia, companheira inseparável em minha jornada, de todas as horas, pra todos os assuntos. Obrigada por sempre estar ao meu lado.

À amiga Renata Melo, com suas grandes idéias, amiga nas horas de trabalho e de lazer, sempre trazendo conhecimento e paz em nossas vidas.

À amiga Carolina Miranda, inesquecível mesmo que muito longe. Sempre estarei ao seu lado, obrigada por sua amizade e confiança.

Às minhas grandes amigas Maria Júlia, Maria Emília, Rosinha, Manu e Paula, que tornaram minha estada em São José maravilhosa. Quero tê-las sempre ao meu lado.

Ao Lucio Murilo, por estar ao meu lado, com apoio e carinho, em todos os momentos de minha vida.

À Faculdade de Odontologia de São José dos Campos, em nome dos funcionários e professores, minha segunda casa por cinco anos.

Aos funcionários do Departamento de Materiais Odontológicos e Prótese.

Aos Professores do Departamento de Materiais Odontológicos e Prótese, me auxiliando no entendimento da Odontologia.

Ao professor Fernando Takahashi, pela oportunidade de poder conviver e aprender Odontologia.

Ao Professor Ivan Balducci, pelo auxílio na intepretação estatística de meu trabalho.

Aos Professores da Pós-Graduação, que com o convívio e ensinamentos nos tornou melhores pesquisadores.

Às funcionárias da Pós-Graduação, por toda dedicação aos alunos.

Ao Professor Clóvis Pagani, grande Professor e amigo, que sempre me apoiou em todos os momentos.

Aos amigos de Pós-Graduação, pelo prazeroso convívio, de aprendizagem e divertimento.

Às amigas Aleska e Sheila, pela amizade e disponibilidade sempre... obrigada por toda ajuda.

Ao amigo Rodrigo, pela agradável convivência e apoio.

À CAPES, pela bolsa Doutorado e Bolsa Doutorado Sanduíche, uma experiência ímpar de conhecimento.

À professora Mutlu Özcan, que me recebeu de braços abertos na Holanda e me passou experiências de uma grande pesquisadora. Obrigada por todo auxílio, amizade, confiança e sabedoria. Experiência única e especial.

À Universidade de Gröningen, pelo apoio para desenvolver parte de minha tese.

À Margareta Rinastita, amiga e companheira de trabalho, sua ajuda foi crucial no meu trabalho. Um grande obrigado por sua ajuda e dedicação.

À aluna Mirian, pela ajuda no desenvolvimento de minha tese.

SUMÁRIO

	LISTA DE FIGURAS	9
	LISTA DE QUADROS E TABELAS	10
	LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	11
	RESUMO	12
1	INTRODUÇÃO	13
2	REVISÃO DA LITERATURA	18
3	PROPOSIÇÃO	48
4	MATERIAL E MÉTODO	49
4.1	Teste de microtração	50
4.2	Teste de cisalhamento	55
4.3	Duplas ligações residuais	58
5	RESULTADOS	60
5.1	Avaliação da resistência de união dos reparos de resina composta segundo o teste de cisalhamento	60
5.2	Avaliação da resistência de união dos reparos de resina composta segundo o teste de microtração	65
5.3	Correlação entre cisalhamento e microtração	71
5.4	Grau de conversão das resinas estudadas antes e após termociclagem	72
5.5	Avaliação em MEV da superfície das resinas compostas após jateamento e antes e após termociclagem	73
6	DISCUSSÃO	75
7	CONCLUSÕES	86
8	REFERÊNCIAS	87
	APÊNDICE	93
	ABSTRACT	95

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Confecção dos blocos de resina..... 50
FIGURA 2 – Delineamento dos métodos de tratamento de superfície..... 52
FIGURA 3 – Delineamento experimental dos grupos estudados..... 53
FIGURA 4 – Seqüência do corte dos corpos-de-prova e ensaio de microtração..... 54
FIGURA 5 – Ensaio de cisalhamento..... 57
FIGURA 6 – Gráfico de médias de microtração referente às condições experimentais..... 63
FIGURA 7 – Falhas coesivas em cada grupo de estudo para o teste de microtração..... 65
FIGURA 8 – Gráfico dos valores médios de cisalhamento referente às condições experimentais..... 69
FIGURA 9 – Falhas coesivas em cada grupo de estudo para o teste de cisalhamento..... 70
FIGURA 10 – Gráfico de dispersão de médias para os ensaios empregados..... 71
FIGURA 11 – Gráfico do grau de conversão das resinas compostas antes e após termociclagem..... 72
FIGURA 12 – Efeito do jateamento para as resinas compostas estudadas..... 73
FIGURA 13 – Efeito da termociclagem para as resinas compostas estudadas..... 74

LISTA DE QUADROS E TABELAS

QUADRO 1 – Resinas compostas utilizadas no estudo..... 49
TABELA 1 – Resina Tetric Evo Ceram 61
TABELA 2 – Resina Filtek Supreme..... 61
TABELA 3 – Resultado do teste ANOVA para os dados de resistência à microtração..... 63
TABELA 4 – Comparação das oito condições experimentais..... 64
TABELA 5 – Resina Tetric Evo Ceram..... 66
TABELA 6 – Resina Filtek Supreme..... 66
TABELA 7 – Teste de análise de variância 3-fatores para os dados de resistência ao cisalhamento..... 68
TABELA 8 – Comparação das oito condições experimentais..... 69
TABELA 9 – Teste t-Student para o efeito do tipo de resina de reparo para cada condição experimental, resina Tetric Evo Ceram, teste de cisalhamento..... 93
TABELA 10 – Teste t-Student para o efeito do tipo de resina de reparo para cada condição experimental, resina Filtek Supreme, teste de cisalhamento 93
TABELA 11 – Teste ANOVA 2-fatores para o efeito do tipo de resina de reparo para cada condição experimental, resina Tetric Evo Ceram, teste de microtração 93
TABELA 12 – Teste ANOVA 2-fatores para o efeito do tipo de resina de reparo para cada condição experimental, resina Filtek Supreme, teste de microtração..... 93
TABELA 13 – Número de palitos, média e desvio padrão para as condições experimentais estudadas..... 94

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

µm= micrômetro

Al_2O_3= óxido de alumínio

ANOVA= análise de variância

AS= Anterior Shine

Bis-EMA= bisfenol A – polietileno glicol diéter dimetacrilato

Bis-GMA= bisfenol A glicidil metacrilato

EDS= espectometria de energia dispersiva

FTIR= espectometria de infravermelho

HEMA= 2-hidroxietil metacrilato

HPLC= líquido cromatográfico de alta performance

M= molar

MEV= microscópio eletrônico de varredura

mm/min= milímetro por minuto

MPa= Mega Pascal

mW/cm^2= miliwatts por centímetro quadrado

Nd:YAG= neodímio YAG

Nm= Newton x metro

pH= potencial de hidrogênio iônico

SIMS= espectometria de íon de massa secundária

TEGDMA= trietileno glicol dimetacrilato

TC= Termociclagem

UDMA= dimetacrilato uretano

vs.= versus

WDS= espectometria de comprimento de onda de raio X dispersiva

Barbosa SH. Resistência de união de reparos de resinas compostas nanoparticuladas e nanohíbridas [tese]. São José dos Campos: Faculdade de Odontologia de São José dos Campos, Universidade Estadual Paulista; 2007.

RESUMO

Este estudo analisou o efeito de 2 diferentes tratamentos de superfície na resistência de união de resinas nanoparticuladas antes e após envelhecimento. Blocos (N=128) das resinas Tetric EvoCeram (TE) (Ivoclar) ou Filtek Supreme (FS) (3M ESPE) foram preparados e divididos em 2 grupos: a) controle (sem envelhecimento); b) termociclagem (TC) (x5000, 5-55°C). Os blocos foram novamente divididos em dois grupos, de acordo com o tratamento de superfície: (1) jateamento com óxido de alumínio modificado pro sílica (CoJet, 3M ESPE)+silano (ESPE-Sil)+ Visiobond, (2) adesivo (A). Para o reparo, a mesma resina usada no substrato (FS ou TE) ou resina microhíbrida (Quadrant Anterior Shine, Cavex-QA) foi utilizada. Os espécimes foram submetidos ao teste de cisalhamento ou microtração (1mm/min). Os dados (MPa±DP) foram analisados com os testes *t-Student*, ANOVA dois fatores e Tukey. Ensaio de microtração revelou efeito significante no tipo de resina de substrato ($p<0.001$) e no envelhecimento ($p<0.001$). Após TC, resina TE (37,6±12,0) apresentou resistência a microtração significantemente inferior ($p<0.05$) a FS (45,7±12,8). TC diminuiu a resistência de união para TE e FS quando comparado com os grupos controle (49,4±15,6 e 52,2±17,1, respectivamente). A resina composta usada para o reparo (TE, FS, QA) não afetou significantemente os resultados ($p>0,05$). Quando o teste de cisalhamento foi aplicado após TC, espécimes tratados com Cojet associado ao silano aumentaram significativamente a resistência de união para FS (21,5) quando comparado com o adesivo (14,8) ($p<0,001$), mas para TE o adesivo (22,29) foi mais mais efetivo que o Cojet (13,35) ($p>0,05$).

PALAVRAS-CHAVE: Resinas compostas; reparo; tratamento de superfície, resistência ao cisalhamento; resistência a microtração.

1 INTRODUÇÃO

As resinas compostas têm sido amplamente utilizadas desde o avanço da tecnologia adesiva. As atuais resinas compostas disponíveis no mercado são compostas de matriz resinosa monomérica, partículas inorgânicas silanizadas, sistema iniciador de polimerização, inibidores para estabilidade e pigmentos para a coloração das resinas[27]. Embora as propriedades dos materiais resinosos tenham sido melhoradas, alguns fatores como desgaste, descoloração, contração de polimerização e microinfiltração limitam a longevidade das restaurações de resina composta [43 e 20]. Muitos estudos têm demonstrado que as resinas compostas sofrem degradação química e erosão influenciadas pela composição dos monômeros, polimerização da matriz, grau de conversão e meio bucal [18 e 31].

Com o desenvolvimento de pesquisas, as resinas compostas têm sofrido grandes modificações, tanto em sua porção orgânica como no tamanho e na composição das partículas de carga. As resinas nanoparticuladas utilizam uma tecnologia recentemente introduzida no mercado, a nanotecnologia. A resina composta Filtek Supreme (3MESPE, USA) foi a primeira nanoparticulada lançada no meio odontológico e contém uma combinação única de nanopartículas (5 a 75 nm) e nanoaglomerados embebidos em uma matriz orgânica polimérica. Essas partículas de tamanho nanométrico permitem uma retenção de polimento típica das resinas microparticuladas associada à alta resistência mecânica e pequeno desgaste. Outras resinas, chamadas nanohíbridas, associam as nanopartículas com as partículas das resinas híbridas com o intuito de aumentar ainda mais a resistência do material [57 e 58].

A substituição total da restauração é o procedimento mais comum na prática clínica diária [26]; porém, essa conduta pode ser considerada um sobre-tratamento já que, em muitos casos, uma grande porção da restauração pode ser considerada clinica e radiograficamente livre de falhas. Além disso, a remoção total da restauração é, inevitavelmente, acompanhada por desgaste desnecessário de tecido dental sadio e injúrias repetidas à polpa [1, 20, 43]. Logo, o reparo das restaurações de resina composta, isto é, a substituição parcial do material restaurador, permite a preservação de parte da restauração e deve ser considerado uma alternativa à substituição total da restauração [1].

Muitos estudos a respeito de reparo de resinas compostas reportam substancial dificuldade em estabelecer uma adesão durável entre resina composta "envelhecida" e a nova resina composta utilizada para a realização do reparo [19 e 44]. Embora Vankerckhoven et al.[53] e Sau et al.[38] tenham afirmado que 40 a 50% de grupos metacrilatos não reagidos estão presentes após a fotopolimerização das resinas compostas, o que torna possível a adesão de novas camadas de resina, Boyer et al.[3] e Swift Jr et al.[49] afirmaram que os grupos metacrilatos não reagidos diminuem com o passar do tempo, diminuindo o potencial de adesão das resinas. Além disso, a intervenção com instrumentos para o polimento das resinas compostas acelera a diminuição dos grupos reativos [53] e expõe as partículas inorgânicas da superfície que não possuem a propriedade de adesão. Diante disso, estudos têm demonstrado que a adesão dos reparos em resina composta alcança de 20 a 80% da resistência adesiva inicial, considerada a resistência coesiva do material [10 e 14].

Uma grande variedade de tratamentos de superfície e agentes adesivos tem sido proposta para aumentar a resistência de reparo das resinas compostas, como asperização da superfície, condicionamento com ácido fluorídrico ou fosfórico, jateamentos com partículas de óxido de alumínio com a associação ou não de silanos e sistemas adesivos.

Alguns estudos têm demonstrado que o condicionamento ácido da superfície não altera a resistência adesiva dos reparos [10, 48, 49]. O ácido fluorídrico causa amolecimento e porosidades na matriz da resina composta, o que determina a diminuição da resistência adesiva, além dos efeitos adversos que podem ser causados com seu uso. Os resultados com ácido fluorídrico contra indicam seu uso nos reparos de resina. Apesar de o ácido fosfórico ser prontamente indicado em associação aos sistemas adesivos nos tecidos dentais, nos reparos de resina não causam aumento da resistência adesiva [2 e 43].

O jateamento da superfície com óxido de alumínio produziu um aumento significativo na resistência de união dos reparos de resina composta em vários estudos [31, 49]. O pré-tratamento tribomecânico utilizando a deposição de sílica foi introduzido inicialmente com o sistema Rocatec (3MESPE) para aumentar a adesão entre cerâmicas e cimento resinoso, entre metal exposto das restaurações metalo cerâmicas e resina composta, e também têm sido utilizadas no tratamento de superfície para os reparos de restaurações de resina composta [19, 23, 28, 29, 30]. Özcan et al.[30] avaliaram a aplicação do Cojet (3MESPE, USA) comparado com o ácido fosfórico em reparos em resina composta miniparticulada, e observaram que o sistema Cojet foi superior ao ácido para as condições testadas. Porém, a utilização de sílica para o tratamento de superfície nos reparos em resina composta ainda não foi devidamente estudada, tampouco foi estabelecido um protocolo para tais casos.

A idade da restauração a ser reparada é um fator primordial na resistência adesiva dos reparos de resina [19 e 44]. O armazenamento de espécimes de resina composta em diferentes períodos, a termociclagem e o polimento da superfície são alguns métodos para simular “in vitro” o processo de envelhecimento das restaurações. Esses processos de envelhecimento tentam reproduzir a degradação hidrolítica que ocorre com a matriz resinosa na cavidade bucal. Não existe uma padronização no método para a simulação do envelhecimento das resinas compostas a

serem reparadas, que pode ser asperização da superfície com lixas [14, 38, 48], armazenamento em água por diferentes períodos que variam entre sete dias a um ano [10, 19, 14, 40, 48], termociclagem [30] ou imersão em solventes similares ao da dieta [58].

Muitos estudos têm empregado o teste de cisalhamento para a avaliação da resistência adesiva entre resina composta e diversos sistemas adesivos ou reparo [50 e 56]. Embora seja um teste já estabelecido na literatura e de fácil execução comparado ao teste de microtração, ele não é considerado o teste mecânico ideal para tal propósito, já que a distribuição da carga não é uniforme na área adesiva, com concentração máxima de força de tração no ponto de aplicação da força, assim afetando mais o substrato do que propriamente a área adesiva [54 e 58]. O teste de microtração preconizado por Sano et al.[37] permite a realização do teste de tração em corpos-de-prova que apresentam reduzida área adesiva, onde fraturas ocorrem basicamente na interface adesiva, já que os corpos-de-prova se apresentam com menores defeitos estruturais tais como irregularidades na superfície, presença de bolhas e variações na aplicação dos sistemas adesivos.

Alguns métodos têm sido utilizados para avaliar o grau de conversão em resinas: análise indireta por meio das propriedades mecânicas de dureza e flexão, calorimetria diferencial de varredura e métodos diretos como a espectroscopia no infravermelho (FTIR) e a espectroscopia Raman.

Para as resinas à base de metacrilato, a espectroscopia Raman permite a avaliação do grau de conversão (isto é, a porcentagem de grupos vinil convertidos em alifáticos), comparando-se as bandas de vibração do metacrilato não-polimerizado (C=C) em 1640 cm^{-1} com a do aromático (1610 cm^{-1}), que é usado como referência porque não se altera com a polimerização [35, 42].

O reparo das restaurações em resina composta deve ser considerado um importante passo clínico na odontologia diária. Embora a

literatura apresente muitos estudos comparativos, não existe um consenso a respeito do melhor tratamento de superfície, ou do melhor teste de resistência de união a ser aplicado para se avaliar uma resistência de reparo de resina composta adequada. Clinicamente, é necessário que se estabeleça qual o melhor tratamento para o reparo das diferentes resinas e qual o teste de resistência de união ideal para se desenvolver os estudos. Não existem estudos que demonstrem o comportamento das resinas nanoparticuladas nos processos de reparo. Neste trabalho, os tratamentos de superfície foram avaliados quanto à resistência de união, utilizando dois testes – cisalhamento e microtração, nos reparos das resinas compostas nanoparticuladas. Além disso, o grau de convesão foi avaliado antes e após termociclagem.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Vankerckhoven et al.[53] em 1982 correlacionaram resultados de alguns testes mecânicos e o grau de conversão de diferentes resinas e sistemas adesivos. Foram realizados três testes: avaliação por espectrometria de Reflexão, resistência transversa de reparo das resinas e teste de viscosidade. Para o teste de quantidade de monômero residual, foram confeccionados discos das resinas compostas Adaptic (Johnson & Johnson, USA), Silar (3MESPE, USA) e Estic (Kulzer, Alemanha), submetidos a diferentes tratamentos: 1) avaliação da conversão após trinta minutos, cinco e 24 horas após o início da polimerização; 2) armazenamento por 15 dias a 37°C seguido de 21 dias a 55°C; 3) polimento dos discos, após 24 horas de armazenamento, com pasta de óxido de alumínio. A quantidade de monômeros remanescentes foi avaliada utilizando espectrometria de Reflexão Interna Múltipla. Para o teste mecânico, foram confeccionadas barras de resina com 15 mm de largura e 2 mm de espessura. Em seguida, barras com metade da largura foram confeccionadas utilizando duas condições: com e sem tira de poliéster. Os corpos-de-prova foram ou não polidos com pasta de óxido de alumínio. Foi realizado reparo com a respectiva resina. O teste de viscosidade foi realizado medindo-se o ângulo de contato da resina, após 45 minutos da proporção do material, utilizando um microscópio. Uma diminuição na quantidade de monômeros residuais foi observada após duas semanas a 37°C e após o polimento. Quanto à resistência transversa de reparo, todos os corpos-de-prova reparados obtiveram valores 1/3 a 3/4 menores que o grupo controle. Os corpos-de-prova sem polimento obtiveram resultados de resistência transversa maior comparados com o grupo polido. Quanto menor a viscosidade da resina,

maior a resistência de união. A resina composta Silar foi a resina com menor viscosidade.

Boyer et al.[3] em 1984 avaliaram a resistência de união entre camadas de resina composta em função do tempo da camada inicial. Foram confeccionados corpos-de-prova em formato de barras das resinas compostas Concise, Silar, Silux (3MESPE, USA), Fulfil, Prisma-Fil, Prisma-Fine (Dentsply, USA), Heliosit, Isopast (Vivadent, Alemanha), Command Ultrafine (Kerr, USA), Durafill (Kulzer, Alemanha) e Visiodispers (ESPE, USA) com 15 mm ou 7,5 mm. As barras com metade do comprimento foram armazenadas em diferentes tempos: de dois a vinte minutos e 24 horas, e uma nova camada de resina foi aplicada. A curva de polimerização das resinas foi medida por meio de microdureza. Na segunda parte do estudo, o efeito da alteração da superfície na resistência de união foi avaliado. Em metade dos corpos-de-prova foi realizada uma abrasão da superfície com pontas abrasivas. Um sistema adesivo Enamel Bond (3MESPE, USA) foi aplicado em metade dos corpos-de-prova e uma nova camada de resina foi aplicada aos cinco, dez, vinte minutos ou 24 horas. Na terceira parte do estudo, corpos-de-prova foram armazenados por uma semana e uma nova camada de resina foi aplicada variando o grupo experimental: a) sem adesivo, teste após 24 horas; b) com adesivo, teste após 24 horas; 3) com adesivo, teste após sete dias. O teste de resistência transversa foi realizado em todos os grupos. Foi observada uma tendência de todas as resinas compostas diminuírem a resistência transversa com o aumento do tempo. A curva de cura dos materiais demonstrou que houve um maior aumento da dureza nos primeiros dez minutos, seguido do aumento gradual até 24 horas. As resinas não polidas apresentaram maiores valores de resistência transversa que as polidas. O uso do sistema adesivo tanto para a superfície polida como para a não polida aumentou a resistência de união das resinas. Nova camada adicionada às resinas com uma

semana de armazenamento apresentaram 27% da resistência coesiva do material sem sistema adesivo e 48% com o sistema adesivo.

Söderholm et al.[45] 1984 avaliaram a degradação hidrolítica das resinas compostas armazenadas em água. Foram confeccionadas cinco amostras das resinas P-10 (3MESPE, USA), Profile (SS White, USA), Class II (Den-Mat, USA) e Isopast (Vivadent, Alemanha), armazenadas em 7 ml de água destilada a 60°C por seis meses. Para determinar a quantidade de partículas, outras amostras foram confeccionadas, pesadas e queimadas e uma nova pesagem foi realizada. Uma análise de energia dispersiva foi realizada observando-se os picos de alumínio, silício, estrôncio e bário nas amostras. A água em que as amostras foram armazenadas foi avaliada por meio de um espectrômetro de absorção atômica. A porcentagem de carga das resinas ficou entre 28 e 84%, dependendo do material estudado. O principal elemento das resinas P-10 e Isopast foi a sílica. Na resina Profile foram encontrados os elementos alumínio, sílica e estrôncio. Já a resina Class II apresentou os mesmos componentes da resina Profile; mas com sílica em maior proporção. A análise da água mostrou liberação de sílica de todos os materiais. Não existiu um padrão de liberação quando os tempos de avaliação foram comparados. A resina P-10 liberou menos sílica que os outros materiais. A resina composta microparticulada foi o material com maior estabilidade em relação à formação de fissuras. A liberação de sílica foi fortemente relacionada com a composição da matriz inorgânica dos materiais.

Kula et al.[22] em 1986 avaliaram os efeitos da aplicação do flúor gel acidulado 1,23 % na superfície de diferentes resinas compostas utilizando o microscópio de luz polarizada. Foram confeccionados corpos-de-prova de 16 diferentes resinas compostas, polidas com lixas de 600 *grits*. Metade da superfície dos corpos-de-prova foi coberta com verniz ácido resistente e imersos em flúor gel acidulado 1,23 % por cinco minutos e depois lavados. Esse procedimento foi repetido cinco vezes. As amostras foram então avaliadas em microscópio eletrônico de varredura

(MEV), e classificadas de acordo com o gabarito: 1) sem mudança na superfície; 2) mudança questionável; 3) mudança definitiva, em menor grau; 4) mudança definitiva, em maior grau. A mudança observada nas superfícies variou com o tipo de partícula presente na resina. Resinas com vidro de zinco, bário boroaluminosilicato, e mistura de bário boroaluminosilicato e sílica ou lítio alumínio silicato e vidro de bário apresentaram grandes mudanças. Resinas com sílica, lítio alumínio silicato, estrôncio e mistura de bário alumínio silicato e lítio alumínio silicato apresentaram mudança código três. O padrão do ataque variou com o tamanho e tipo de partícula, onde pequenas partículas foram mais susceptíveis à degradação.

Söderholm[43] em 1986 avaliou a resistência à flexão do reparo em resina direta. Foram confeccionadas quarenta barras da resina composta Adaptic (Johnson e Johnson, USA), divididas em quatro grupos. No G1, as barras permaneceram intactas, nos outros três, as barras foram seccionadas na metade e reparadas de acordo com o tratamento de superfície: G2: lavagem com água e complemento da barra com nova resina composta com auxílio de uma matriz; G3: ácido fosfórico por um minuto, aplicação do *glaze* do Adaptic e reparo com resina; G4: aplicação de um silano metacriloxipropiltrimetoxil 2% e reconstrução da barra com resina. Em seguida os grupos foram subdivididos por tempo de armazenamento: três e seis meses. Após o período determinado, os corpos-de-prova foram submetidos ao teste de flexão de quatro pontos. O grupo controle, sem reparo, apresentou os maiores resultados de flexão comparado com os outros grupos aos três meses de armazenamento. Comparando os grupos reparados, o silano determinou os maiores valores de flexão. O grupo do ácido fosfórico apresentou maior resistência à flexão comparado com o grupo sem tratamento. Após seis meses, não existiu diferença entre o grupo controle e o grupo silano, que apresentaram os maiores valores de flexão comparados com os outros dois grupos.

Oysaed et al.[32] em 1988 avaliaram a liberação de formaldeído das resinas compostas e correlacionaram com a espessura da camada de inibição por oxigênio da superfície dos materiais. Foram confeccionados discos das resinas Concise, P10, P30 (3MESPE, USA), Adaptic (Johnson & Johnson, USA), Occlusin (PLC, USA), Estilux posterior, Estilux (Kulzer, Alemanha) e Nuva-Fil (Dentsply, USA) em diferentes condições: na presença do ar, com tira de poliéster e tira de poliéster seguido de asperização com lixa. Os discos foram imersos em água e em seguida em solução com ácido perclórico e analisados por meio da cromatografia. Alguns corpos-de-prova foram utilizados para avaliar a espessura da camada de inibição de oxigênio utilizando um microscópio de varredura. A maior quantidade de formaldeído liberada foi observada nas resinas quimicamente polimerizadas e com a presença da camada de inibição de oxigênio. Embora a quantidade de formaldeído liberado diminuiu com o tempo, ela ainda ocorreu após 115 dias. A espessura da camada de inibição variou de 10 a 85 µm e foi observada uma correlação entre espessura da camada de inibição de oxigênio e quantidade de formaldeído liberado.

Van Noort et al.[52] em 1989 avaliaram a distribuição dos estresses dos métodos de resistência adesiva. Foram utilizados blocos de resina composta sobre superfície plana de dentina. Foram avaliadas resinas compostas que apresentam módulo de elasticidade variando de cinco a 25 GPa, o efeito na diminuição da dimensão do bloco de resina (6, 5, 4, 3, 2, 1 e 0,5 mm) no teste de tração, e a distância da carga da área adesiva no teste de cisalhamento. No teste de tração, houve uma distribuição de estresse não uniforme na interface entre dentina e resina, com uma concentração pronunciada na margem da interface. Quanto maior o módulo de elasticidade da resina, maior o estresse gerado na margem da interface. A redução da dimensão do bloco de 6 para 3 mm não alterou a distribuição do estresse, porém, quando a dimensão foi menor que 3 mm, o estresse nas margens diminuiu e houve um aumento das forças no

centro do bloco, o que resultou em uma distribuição mais uniforme da força. No teste de cisalhamento, as forças de tração e compressão aumentam com o aumento da distância entre o local de aplicação da carga e a dentina, ou seja, embora as forças de tração geradas sejam dependentes da posição de aplicação da carga, elas ultrapassam as forças de cisalhamento.

Ferracane & Condon[18] em 1990 testaram a hipótese de que a maioria dos componentes não polimerizados da resina composta é liberada em solução após poucas horas depois do início da fotoativação, e que a liberação desses componentes ocorre pela difusão através da matriz resinosa, independente da quantidade de partículas inorgânicas. Foram confeccionados discos da resina composta Silux (3MESPE, USA), pesados e imersos em água destilada ou álcool, representando um ruim e um bom solvente de resina composta. Após diferentes períodos, de três, seis, 24, 72 ou 144 horas a 37°C, os discos foram removidos e novamente pesados. Em seguida, os discos foram colocados em uma estufa contendo sulfato de cálcio e pesados periodicamente até alcançarem um peso constante, o que demorou aproximadamente um mês. Um gráfico dissecção vs. tempo foi gerado. Além disso, um composto de Bis-GMA e TEGDMA sem partículas inorgânicas foi confeccionado e submetido às mesmas condições experimentais. A porcentagem de absorção de cada disco foi calculada com 100% x (peso úmido – peso seco) / peso inicial, enquanto a porcentagem de liberação de componentes da resina foi calculada com: 100% x (peso inicial – peso seco) / peso inicial. A diferença dos valores de peso vs. tempo foi analisada, bem como a diferença entre as resinas. A absorção de água aumentou comparando os tempos de 3 e 6 horas aos tempos de 72 e 144 horas. A maioria dos componentes foi liberada dentro das três primeiras horas do experimento, sendo de 50% quando a resina estava em água e 75% em álcool. O estudo confirmou a hipótese que a liberação dos componentes não é uma ocorrência crônica.

Söderholm & Roberts[44] em 1990 avaliaram se a armazenagem em água causa danos permanentes nas resinas compostas testando alterações na resistência à tração. Foram confeccionados corpos-de-prova das resinas P10, P30, Silar, Silux (3MESPE, USA), Command (Kerr, USA), Marathon (Den-Mat, USA), Prestige (Lee Pharmaceuticals, USA), Prisma (Dentsply, USA) e Heliosit (Vivadent, Alemanha), divididos em três grupos: a) armazenamento por seis meses em água a 60°C; b) armazenamento por seis meses em água a 60°C e por mais duas semanas em um dissecador a 60°C; c) armazenamento por seis meses em ambiente seco. Os corpos-de-prova foram submetidos ao teste de tração. Independente do meio de armazenamento, as resinas Marathon, P10 e Prisma apresentaram os maiores valores de resistência à tração. Os corpos-de-prova armazenados a seco apresentaram maiores valores de tração comparados com os outros dois grupos. Quatro materiais, quando armazenados por seis meses em água e então desidratados por duas semanas se tornaram mais resistentes comparados com aqueles que permaneceram em meio úmido. As falhas ocorreram através da partícula inorgânica ou na interface partícula/matriz orgânica.

Swift Jr et al.[49] em 1992 avaliaram a resistência transversa de cinco resinas compostas após o reparo utilizando diferentes tratamentos de superfície. Foram confeccionadas dez barras de 10 mm de comprimento, que serviram como controle, e trinta barras de 5 mm de comprimento para cada resina (Herculite – Kerr, USA; P-50 – 3MESPE, USA; Pertac-hybrid – 3MESPE, USA; Prisma-fil – Dentsply, USA; Silux Plus – 3MESPE, USA), submetidas a um dos tratamentos de superfície: a) jateamento com partículas de 50 µm de óxido de alumínio por cinco a dez segundos; b) aplicação de ácido fluorídrico a 9,6% por trinta segundos; c) flúor gel fosfato acidulado 1,23% por dez minutos. As barras foram levadas a uma matriz e cada resina correspondente inserida para completar os 5 mm faltantes. Os corpos-de-prova foram submetidos ao teste de três pontos e a resistência transversa calculada. Quando os

dados foram calculados para todas as resinas e processos de reparo, as médias de resistência dos reparos alcançaram de 40 a 60% da resistência coesiva dos materiais. O jateamento com óxido de alumínio determinou os maiores valores de reparo. O ácido fluorídrico tanto aumentou quanto diminuiu a resistência do reparo, dependendo da resina utilizada. A aplicação do flúor gel fosfato acidulado reduziu a resistência obtida pelo jateamento com óxido de alumínio. Não existiu correlação entre tamanho da partícula das resinas testadas e a resistência do reparo.

Drummond e Savers[15], em 1993 avaliaram o envelhecimento de resinas compostas submetidas à polimerização com calor e pressão. Os espécimes de resina foram armazenados em solução salina ou água destilada a 37 °C por doze meses, realizando ou não a termociclagem, e em seguida submetidos ao teste de flexão. A resistência a flexão foi menor após a termociclagem. Não houve diferença na resistência a flexão quando os dois meios foram comparados.

Sano et al.[37] em 1994 avaliaram a relação entre tamanho da área adesiva e resistência à tração de materiais adesivos. Os esmaltes das coroas de vinte molares humanos extraídos foram removidos e a dentina polida com lixas de 600 *grits*. Em seguida, os dentes foram divididos em três grupos, de acordo com o tratamento: G1) Scothbond Multi Uso e resina composta Z100 (3MESPE, USA); G2) Clearfil Liner Bond 2 e resina composta Photo Clearfil A (Kuraray, Japão); G3) Vitremer Primer e Vitremer (3MESPE, USA). Os corpos-de-prova foram armazenados por 24 horas a 37°C, seccionados em palitos com espessura variando de 0,5 a 3 mm de espessura e submetidos ao teste de microtração. Uma análise regressiva foi realizada para correlacionar a resistência de união e a área adesiva. Uma relação inversa entre resistência de união e área adesiva foi encontrada para os três grupos estudados. Os maiores valores foram encontrados para o sistema adesivo Clearfil Line Bond 2, seguido pelo Scothbond e Vitremer. Para o adesivo Clearfil Line Bond 2, houve uma variação de 20% nos valores de resistência quando as áreas variaram de

1 a 3,5 mm^2. As falhas dentro do grupo foram mistas, porém, nas áreas adesivas menores que 2,31 mm^2, todas as falhas foram adesivas. Para o Scothbond, todas as falhas foram adesivas. Para o Vitremer, muitas falhas coesivas dentro do ionômero foram encontradas. Segundo os autores, a área adesiva recomendada para o teste de microtração deve variar entre 1,6 e 1,8 mm^2.

Swift Jr et al.[48] em 1994 avaliaram a efetividade dos silanos quando utilizados para o reparo de resina composta híbrida. O silano foi aplicado após tratamento mecânico, químico ou combinação dos dois procedimentos na superfície da resina. Dez corpos-de-prova da resina Herculite XR (Kerr, USA) foram confeccionados com comprimento de 15 mm, utilizados para determinar a resistência à fratura da resina sem reparo, e sessenta com 7,5 mm, que foram lixados com lixas de 320, 400 e 600 *grits*, armazenados em água destilada por cento e vinte dias e divididos em seis grupos: G1) jateamento com partículas de 50 μm de óxido de alumínio por cinco segundos e condicionamento com ácido fosfórico 35%; G2) condicionamento com ácido fluorídrico 9,6% por quinze segundos; G3) jateamento com óxido de alumínio e ácido fluorídrico; G4) jateamento com óxido de alumínio e silanização com Silane Bond Enhancer (Pulpdent Corporation, USA); G5) ácido fluorídrico e silanização; G6) jateamento, ácido fluorídrico e silanização. Após os tratamentos de superfície correspondentes, o sistema adesivo Bondlite (Kerr, USA) foi aplicado e uma camada de 2 mm da mesma resina foi aplicada com auxilio de uma matriz. Após sete dias, o teste de resistência transversa foi realizado utilizando o teste de três pontos em uma máquina de ensaio universal. O jateamento determinou os maiores valores de resistência, representando 62% da resistência coesiva do material. O jateamento seguido do ácido fluorídrico determinou os piores valores de resistência, 41% da resistência transversa da resina composta sem reparo. O silano aumentou a resistência do reparo para os grupos

jateamento/ácido e ácido fluorídrico, mas diminuiu a resistência do grupo jateamento.

DeHoff et al.[12] em 1995 utilizaram o modelo de elemento finito para avaliar, no teste de cisalhamento, o efeito dos valores dos módulos, espessura da camada de adesivo e distribuição das forças nas diferentes aplicações de carga. Os resultados do modelo revelaram que existe maior concentração de estresse em todos os componentes na interface próxima a aplicação da carga. A incidência de forças de cisalhamento ocorre a 0,3 mm da aplicação da carga e se dissipa logo abaixo. A distribuição das forças não é uniforme e pode subestimar os valores de resistência de união.

DellaBona e Van Noort[13] em 1995, utilizando o modelo de elementos finitos, avaliaram a distribuição de estresse e o modo de falha no teste de cisalhamento. Foram confeccionados: A) cilindros de cerâmica aderida à resina, B) cilindros de resina aderida à cerâmica ou C) cilindros de resina composta, que foram submetidos ao teste de cisalhamento. Além disso, modelos foram desenhados nas mesmas situações para a análise de elementos finitos. O teste de tração foi utilizado para avaliar a resistência de união de reparos de cerâmica: grupo 1) ácido fluorídrico, silano, sistema adesivo e resina composta, grupo 2) ácido flúor acidulado, silano, sistema adesivo e resina composta. Os cilindros A apresentaram maior resistência adesiva comparados com os demais. Cinquenta a cem por cento das falhas foram coesivas nos cilindros. A análise de elementos finitos demonstrou distribuição não uniforme da força aplicada. A força de tração máxima ocorreu próximo à aplicação da carga. No teste de tração, não houve diferença na resistência de união dos reparos, e as falhas ocorreram todas na interface adesiva.

Shono et al.[41] em 1997 correlacionaram valores de resistência de união e tamanho da área adesiva quando o teste de tração foi utilizado. Foram utilizados dentes humanos com o esmalte aplainado. Dois sistemas adesivos foram aplicados: Clearfil Liner Bond (Kuraray) ou

ScotchBond Multiuso (3MESPE). Dois experimentos foram realizados: 1) a secção dos espécimes para verificação da resistência de união no esmalte coronal, médio e cervical, 2) a variação do tamanho da área adesiva: 0,5; 1; 1,5; 2, 2,5 e 3 mm^2. Os especimes foram submetidos ao teste de microtração. Houve diferença estatisticamente significante entre as regiões do esmalte. Os maiores valores de adesão foram encontrados no esmalte oclusal e os menores no esmalte cervical. Ambos os sistemas adesivos apresentaram forte correlação inversa entre tamanho da área adesiva e resistência de união.

Versluis et al.[54] em 1997 investigaram se a falha coesiva na dentina ocorrida nos testes de cisalhamento indica que a resistência de união é semelhante à resistência coesiva da dentina ou implica na redução das propriedades mecânicas da dentina decorrente do método. Para o estudo, um programa foi desenvolvido com as seguintes características: cálculo do estresse, critério de falha, critério de contato e resposta do material. Uma análise de elemento finito foi realizada conjuntamente. O sistema adesivo Scothbond Multi Uso (3MESPE, USA) foi aplicado à dentina bovina e aderido a um cilindro de resina composta (P-50, 3MESPE, USA). Dois diferentes ácidos foram utilizados para condicionar a dentina: fosfórico e maleico. O teste de cisalhamento foi realizado com duas velocidades: 0,5 e 1,2 mm/min. Após o teste, uma análise em MEV foi feita. Um aumento na tendência de início de fratura na dentina foi encontrado com o aumento dos valores de resistência. O modo de falha mais comum consistiu em pequena área de falha coesiva na resina onde a carga foi aplicada e uma grande área de falha adesiva entre sistema adesivo e dentina. O rompimento da dentina foi encontrado em 40 a 50% das superfícies fraturadas. O aumento da velocidade da máquina resultou no aumento das falhas coesivas em resina e diminuiu o rompimento da dentina. O condicionamento com ácido maleico resultou em aumento de 30% da resistência ao cisalhamento comparado com o ácido fosfórico e aumento da falha coesiva da dentina. As falhas em

dentina são parcialmente determinadas pela biomecânica do teste e não significam que há alta resistência adesiva ou que a resistência da dentina foi diminuída.

Cardoso et al.[5] em 1998 avaliaram a resistência de união de três sistemas adesivos (três passos (ScotchBond, 3MESPE), autocondicionante (Single Bond, 3MPESPE) e frasco único (Etch&Prime, Degussa)) à dentina utilizando três diferentes métodos: tração, microtração e cisalhamento. Os espécimes foram preparados de acordo com cada teste e após 24 horas submetidos aos respectivos métodos. Quando o teste de microtração foi utilizado, não houve diferença estatisticamente significante entre os adesivos testados. Quando o cisalhamento foi empregado, Single Bond e ScotchBond apresentaram resistência superior ao Etch&Prime, assim como no teste de tração. Comparação entre os testes revelou que a microtração determinou valores maiores de resistência de união comparado com os demais testes.

Phrukkanon et al.[36] em 1998 compararam a forma e tamanho da área adesiva na resistência de união entre dentina e sistema adesivo. Além disso, uma análise de elemento finito foi utilizada para a verificação da distribuição do estresse. Foram utilizados cinqüenta molares humanos que tiveram o esmalte desgastado e os sistemas adesivos Scotchbond Multi Uso (3MESPE, USA), Optisolo FL, OptiBond Solo (Kerr, USA) e One Step (Bisco, USA) aplicados na dentina. Uma camada de 5 mm da resina composta Silux (3MESPE, USA) foi construída e os dentes divididos em três grupos, dependendo do tamanho da área adesiva: 1,1, 1,5 ou 3,1 mm^2. Os corpos-de-prova foram seccionados de acordo com a área adesiva e divididos em dois grupos: foram cilíndrica (de ampulheta) ou retangular (forma de halteres), submetidos ao teste de microtração. As falhas foram classificadas em coesiva em cada substrato, ou adesiva. A distribuição do estresse foi avaliada utilizando-se um teste de elemento finito. Quando as formas cilíndrica e retangular foram comparadas, para

cada sistema adesivo, não houve diferença estatisticamente significante. A resistência adesiva alcançada para a área de 1,1mm^2 foi superior às outras áreas e foi semelhante à alcançada com área de 1,5 mm^2. Falha coesiva na dentina foi detectada nos corpos-de-prova retangulares de 3,1 mm^2 de área, mas não nos cilíndricos. A análise de elemento finito revelou que o maior estresse foi localizado na periferia dos corpos-de-prova cilíndricos e nas pontas dos retangulares.

Schreiner et al.[39] em 1998 compararam a resistência de união entre dentina e sistemas adesivos obtidos com os testes de cisalhamento e microtração. Os espécimes foram preparados de acordo com os testes de cisalhamento e microtração utilizando um dos sistemas adesivos: Clearfil Liner Bond (Kuraray), ScotchBond Multiuso com ácido fosfórico (3M), Prime & Bond (Dentsply), ScotchBond Multiuso com ácido maleico, ScotchBond Multiuso Plus. Os espécimes foram submetidos a um dos testes de resistência de união. Os valores obtidos com a microtração foram estatisticamente superiores comparados com o cisalhamento e os resultados variaram significativamente entre os testes. Para a microtração, o adesivo Clearfil apresentou valores estatisticamente superiores aos outros sistemas, enquanto para o cisalhamento, não houve diferença estatisticamente significante entre os grupos. O cisalhamento determinou maiores falhas coesivas comparado com a microtração.

Shahdad & Kennedy[40] em 1998 avaliaram a resistência de união de reparo de resina composta após a asperização da superfície, variando o sistema adesivo, a resina composta de reparo e o tempo após o procedimento de reparo. Foram confeccionados corpos-de-prova de 8 mm de altura e 4 mm de espessura da resina composta Helio Progress (Vivadent, Alemanha) que foram fraturadas para posterior reparo. Em seguida, os corpos-de-prova fraturados foram divididos em 18 grupos: G1) sem reparo, utilizado como 100% da resistência coesiva do material; G2) reparo com a resina Helio Progress; G3) reparo com resina Herculite

XRV (Kerr, USA); G4) asperização da superfície com ponta diamantada e reparo com a resina Helio Progress; G5) asperização da superfície e reparo com a resina Herculite XRV; G6) igual ao G2, mas inversão do corpo-de-prova na máquina de ensaio; G7) aplicação do sistema adesivo DenTASTIC (Pulpdent, USA) e reparo com Helio Progress; G8) aplicação do sistema adesivo DenTASTIC e reparo com Herculite XRV; G9) asperização da superfície, aplicação do sistema adesivo DenTASTIC e reparo com Helioprogress; G10) asperização da superfície, aplicação do sistema adesivo DenTASTIC e reparo com Herculite XRV; G11) aplicação do sistema adesivo DenTASTIC e reparo com Helio Progress, teste após uma semana; G12) igual ao G11, teste após um mês; G13) aplicação do sistema adesivo All Bond 2 (Bisco, USA) e reparo com Helio Progress; G14) aplicação do sistema adesivo All Bond 2 (Bisco, USA) e reparo com Herculite XRV; G15) asperização da superfície, aplicação do sistema adesivo All Bond 2 (Bisco, USA) e reparo com Helio Progress; G16) asperização da superfície, aplicação do sistema adesivo All Bond 2 (Bisco, USA) e reparo com Herculite XRV; G17) aplicação do sistema adesivo All Bond 2 (Bisco, USA) e reparo com Helio Progress, teste realizado após uma semana; G18) aplicação do sistema adesivo All Bond 2 (Bisco, USA) e reparo com Helio Progress, teste realizado após um mês. Com exceção dos grupos 11, 12, 17 e 18, o teste de cisalhamento foi realizado após 48 horas do procedimento de reparo. O grupo 1, utilizado como controle, apresentou valores de resistência coesiva de 28,7 MPa, o grupo 9 apresentou os maiores valores de resistência de união de reparo, com 99% da resistência comparado com o grupo 1, já o grupo 6 apresentou os menores valores de resistência de união, com 45% da resistência coesiva. Os grupos que receberam asperização da superfície e aplicação dos sistemas adesivos obtiveram aumento da resistência de união de reparo. A resina composta utilizada para o reparo não influenciou na resistência de união. O tempo de armazenamento dos corpos-de-prova não influenciou na resistência adesiva dos reparos.

Pashley et al.[34] em 1999 fizeram uma revisão das modificações no teste de microtração e apresentaram as vantagens e desvantagens das diferentes técnicas. Inicialmente, os corpos-de-prova apresentavam-se em forma de fatias (normalmente de cinco a oito por dente) com a área adesiva desgastada. Em seguida, as fatias foram seccionadas em palitos em forma de ampulheta. Porém, o desgaste da área adesiva pode gerar maior concentração de estresse. As várias modificações que continuaram a serem feitas permitiram o estudo de diferentes regiões do dente como a dentina oclusal, a face externa do dente, a região interna dos canais radiculares, e a comparação entre dentina sadia, cariada ou esclerótica. Segundo os autores, o teste de microtração oferece versatilidade, o que gera grande potencial para testar a resistência de união de diferentes substratos.

Sau et al.[38] em 1999 avaliou a resistência de união de quatro diferentes resinas reparadas com uma resina híbrida (Z100, 3MESPE, USA). As resinas utilizadas nesse estudo foram: Epolite 100 (GC, USA), Dyract (Dentsply, USA), Spectrum (Dentsply, USA) e Z100 (3MESPE, USA). Foram confeccionados corpos-de-prova cilíndricos para cada resina, armazenados a 37°C por 24 horas. Em seguida, os corpos-de-prova foram polidos com discos de Sof-Lex (3MESPE, USA), condicionados com ácido fosfórico por 15 segundos e o sistema adesivo Scothbond Multiuso aplicado de acordo com as especificações do fabricante. A resina composta Z100 foi aplicada utilizando uma matriz e os corpos-de-prova divididos em três grupos: G1) ensaio de cisalhamento imediatamente após o processo de reparo; G2) armazenamento em água a 37°C por uma semana e ensaio de cisalhamento; G3) armazenamento em água a 37°C por quatro semanas e ensaio mecânico. Para ensaio realizado imediatamente após o reparo, a resina Epolite apresentou resistência de união superior aos outros materiais. Entretanto, após quatro semanas, não foi encontrada diferença estatisticamente significante para os materiais. O reparo da resina composta Z100 com a

mesma resina não resultou em maiores valores de resistência de união. Houve um aumento da resistência de união após uma semana e diminuição após quatro semanas.

Sun et al.[47] em 2000 avaliaram a resistência entre resina composta e ouro ou cerâmica quando o processo triboquímico foi ou não aplicado. Foram confeccionados vinte corpos-de-prova de liga áurica ou porcelana (Vintage Halo, Shofu, Japão), jateadas com sistema Cojet (3MESPE, USA) ou com partículas de 50 µm de óxido de alumínio. Foram confeccionadas barras da resina composta Pertac II (3MESPE, USA) e uma segunda camada de resina foi aplicada diretamente na barra de metal / porcelana e aderida à barra de resina. Os corpos-de-prova foram então submetidos ao teste de flexão de quatro pontos. O tratamento triboquímico resultou em aumento significante na resistência de união tanto para cerâmica quanto para o metal.

Cesar et al.[10] em 2001 avaliaram a resistência de união de reparo entre uma resina composta de uso indireto e uma resina de uso direto. Foram confeccionados blocos da resina Composta Artglass (Kulzer, Alemanha) que sofreram diferentes tratamentos de superfície: Tratamentos mecânicos: a) asperização com lixas de 220 a 600 *grits*; b) desgaste da superfície com ponta diamantada por quatro segundos; c) jateamento da superfície com óxido de alumínio de 50 µm por quatro segundos. Tratamentos químicos: 1) aplicação do sistema adesivo Primer & Bond 2,1 (Dentsply, Brasil); 2) ácido fosfórico por um minuto e sistema adesivo Primer & Bond; 3) ácido fluorídrico por um minuto e sistema adesivo Primer & Bond; 4) ácido fluorídrico por três minutos e sistema adesivo Primer & Bond; 5) líquido do Artglass; 6) silano (KG Sorensen, Brasil) e Primer & Bond. A combinação dos tratamentos mecânicos e químicos originou 18 condições experimentais. Em seguida, uma matriz foi acoplada à superfície dos blocos e a resina composta Charisma (Kulzer, Alemanha) foi inserida até a altura de 4 mm, utilizando a técnica incremental. O teste de tração foi realizado após 24 horas. O modo de

falha foi avaliado. Não houve diferença estatística entre os três tratamentos mecânicos utilizados, exceto quando o líquido do Artglass e o silano foram utilizados. Para o líquido do Artglass, a ponta diamantada e o jateamento proporcionaram maior resistência de união comparados com as lixas. Quando o silano foi utilizado, o jateamento resultou nos maiores valores de resistência de união comparado com os outros dois tratamentos. Ácido fosfórico ou o líquido do Artlgass não aumentaram a resistência quando comparado com o sistema Primer & Bond, independente do tratamento mecânico utilizado. O ácido fluorídrico diminuiu a resistência de união de reparo entre as resinas compostas comparados com o grupo onde apenas o Primer & Bond foi utilizado. A associação do jateamento com o silano apresentou os maiores valores de resistência de união. Todas as falhas foram 100% adesivas.

Lucena-Martín et al.[24] em 2001 avaliaram a eficiência de diferentes tratamentos mecânicos e químicos na resistência de união de reparos de resinas microhíbridas e microparticuladas. Foram confeccionados noventa corpos-de-prova da resina Herculite XRV (Kerr, USA) – microhíbrida e noventa da resina composta Heliomolar (Vivadent, Alemanha) – microparticulada. Os corpos-de-prova foram divididos em nove grupos: G1) controle, sem reparo; G2) ácido fosfórico por um minuto e sistema adesivo HelioBond (Vivadent, Alemanha); G3) ácido fluorídrico e sistema adesivo HelioBond; G4) sistema adesivo Special Bond II (Vivadent, Alemanha); G5) jateamento com partículas de 50 µm de óxido de alumínio e sistema adesivo Special Bond II; G6) ácido fosfórico e sistema adesivo Prime & Bond 2,0; G7) jateamento com óxido de alumínio e sistema adesivo Prime & Bond 2,0; G8) ácido fluorídrico e sistema adesivo Primer & Bond 2,0; G9) acetona 99% e sistema adesivo Primer & Bond 2.0. Após o tratamento de superfície, cada corpo-de-prova recebeu reparo da respectiva resina, com auxílio de uma matriz e técnica incremental. Após 24 horas, o teste de cisalhamento foi realizado e o tipo de fratura determinada. O tipo de falha variou conforme o grupo de

estudo. Entre os diferentes tratamentos de superfície testados, o jateamento determinou as maiores resistências de união. A composição da resina composta não modificou o efeito do jateamento na resistência adesiva. O sistema adesivo Primer & Bond determinou maiores resultados de adesão comparado com o HelioBond. A combinação de tratamento que propiciou resistência de união perto dos valores de resistência coesiva dos materiais foi o jateamento associado ao sistema adesivo.

Örtengren et al.[27] em 2001 avaliaram a sorpção de água, solubilidade e identificação dos monômeros liberados de diferentes materiais restauradores. Foram confeccionados duzentos corpos-de-prova dos materiais: Alcaglass (Vivadent, Alemanha), Cimento C&B (Bisco, USA), Sono-Cem (3MESPE, USA), Targis (Vivadent, Alemanha), TPH (Dentsply, USA), Vario-Link II (Vivadent, Alemanha). Os corpos-de-prova foram pesados após quatro, 24 horas e sete, sessenta ou cento e oitenta dias e a absorção e solubilidade foram calculados. Para a identificação dos monômeros liberados, foi recolhida a água onde os corpos-de-prova ficaram armazenados e em líquido cromatográfico de alta performance (HPLC), o tipo de monômero identificado. Os autores concluíram que a composição da matriz é importante para a absorção e solubilidade. Materiais compostos de monômeros hidrofílicos apresentaram maior sorpção. O monômero mais liberado foi o TEGDMA.

Hisamatsu et al.[21] em 2002 avaliaram a resistência de união de reparo de resinas de uso de laboratório variando o tratamento de superfície. Foram confeccionados cento e sessenta corpos-de-prova da resina composta Dentacolor (Kulzer, Alemanha), sendo 144 polimerizados entre duas placas de vidro e 16 sem cobertura para permitir a formação da camada de inibição de oxigênio. Após a polimerização, os 144 corpos-de-prova foram polidos com lixas de 400 *grits* e pontas de silicone. Os 16 corpos-de-prova remanescentes foram utilizados como controle, sem nenhuma intervenção na superfície (grupos 1 e 2). Os 144 corpos-de-prova foram divididos em 18 grupos sendo sem tratamento (grupos 3 e 4),

tratados com silano (grupos 5 a 8 – Porcelain Liner M – JMorita ou Silicer – Kulzer), tratados com sistema adesivo (grupos 9 a 12 – Dentacolor líquido opaco – Kulzer ou New Metacolor liquido opaco fotoativado – Sekisui) ou tratados com silano e sistema adesivo (grupos 13 a 20). Em seguida, foi aplicada a resina Dentacolor cor esmalte com auxílio de um anel. Após trinta minutos, os grupos de número ímpar foram armazenados em meio seco a 37°C por 24 horas enquanto os grupos de número par foram armazenados em água a 37°C por 24 horas. O teste de cisalhamento foi aplicado e a análise estatística realizada entre os grupos que receberam tratamento, entre os grupos controle e demais grupos e entre os meios de armazenamento. A combinação do silano e sistema adesivo gerou os maiores valores de resistência de união comparado com o uso de um ou outro isoladamente. O meio úmido determinou maior resistência de união para os grupos 8, 10 e 18. Entre os grupos armazenados em meio seco, os grupos tratados com silano e sistema adesivo apresentaram maiores valores comparado com o grupo controle. A combinação do silano Porcelain Liner M e qualquer um dos sistemas adesivos testados determinou a melhor opção para o reparo da resina Dentacolor.

Özcan[28] em 2002 descreveu uma técnica alternativa para o condicionamento da superfície metálica antes da aplicação da resina composta para reparo. Foi utilizada a técnica de silicatização, partículas de 30 μm de óxido de alumínio cobertas com ácido sílico, seguido da aplicação de um silano, o qual permite uma superfície quimicamente mais reativa. Após a escolha da cor da resina utilizada para o reparo, foi realizado o jateamento com partículas silicatilizadas (Cojet-Sand, SiO_x, 30 μm, 3MESPE, USA) a 10 mm de distância da superfície metálica ou metal-cerâmica com um ângulo de 90° por 13 segundos com uma pressão de 2,3 bars. Em seguida, o silano (Espe-Sil, 3MESPE, USA) foi aplicado e foram aguardados cinco minutos. O opaco foi aplicado e a resina composta inserida para a realização do reparo utilizando-se a

técnica incremental, seguindo-se do ajuste oclusal e acabamento e polimento da restauração.

Yanagida et al.[56] em 2002 avaliaram o efeito de diferentes condicionadores de metal e jateamento da superfície de uma liga de titânio na resistência de união à uma resina composta. Foram confeccionados 144 discos da liga de titânio T-Alloy (GC, USA). Cento e vinte e oito discos foram jateados com partículas de 50 µm de óxido de alumínio por 15 segundos e divididos em nove grupos: G1) Acryl Bond (Shofu, Japão); G2) All Bond 2 Primer B (Bisco, USA); G3) Alloy Primer (Kuraray, Japão); G4) Cesead II Opaque Primer (Kuraray, Japão); G5) Eye Sight Opaque Primer (Kenabo, Japão); G6) Metafast Bonding Liner (Kuraray, Japão); G7) Metal Primer II (GC, Bélgica); G8) MR Bond (Tokuyama, Japão); G9) sistema Siloc (Kulzer, Alemanha) que consiste em jateamento da superfície com partículas de 125 µm de óxido de alumínio, limpeza com acetato etílico Siliclean, uma camada de resina com um agente Siloc Pre e aplicação do silano Siloc Bond. Em seguida, duas camadas da resina opaca Artglass (Kulzer, Alemanha) foram aplicadas, seguida da resina de corpo. Metade dos corpos-de-prova foram termociclados por vinte mil ciclos. O teste de cisalhamento foi realizado. Foi observada uma redução na resistência de união após termociclagem de todos os grupos testados. Tanto o uso do condicionador de metal Cesead II quanto a aplicação do sistema Siloc apresentaram os melhores resultados de resistência de união.

Dias et al.[14] em 2003 compararam a resistência adesiva dos reparos de resinas compactáveis com as resinas híbridas utilizando três diferentes sistemas adesivos. Foram confeccionados sessenta corpos-de-prova utilizando a resina composta compactável P-60 (3MESPE, USA) ou a resina híbrida Pertac II (Dentsply, USA), armazenados por sete dias. Em seguida, os corpos-de-prova foram polidos com lixas de 600 *grits* e jateados com o sistema Cojet (3MESPE, USA) por dez segundos e o silano Espe-Sil (3MESPE, USA) foi aplicado. Trinta corpos-de-prova de

cada resina foram divididos em três grupos, de acordo com o sistema adesivo aplicado: 1) EBS-Multi (3MESPE, USA); 2) One Step (Bisco, USA); 3) Prompt L-Pop (3MESPE, USA). Em seguida, a resina composta Pertac II foi aplicada. Dez corpos-de-prova adicionais de cada resina foram confeccionados sem procedimento de reparo para servirem como grupo controle. Após 24 horas, o teste de cisalhamento foi aplicado. Os valores de resistência de união foram superiores para o grupo controle comparado com os grupos reparados, independente do sistema adesivo utilizado. Entre os grupos com reparos, os sistemas adesivos One-Step e EBS-Multi determinaram resistência de união semelhantes, significantemente superiores comparados ao adesivo Prompt L-Pop, independente do tipo de resina. As resinas compactáveis apresentaram uma capacidade de reparo semelhante às resinas híbridas.

Frankenberger et al.[19] em 2003 avaliaram o efeito de diferentes tratamentos de superfície no reparo de resinas compostas e de substratos dentinários com e sem a camada intermediária de resina fluida, utilizando diferentes testes: resistência adesiva e fadiga, utilizando um aparato que simula a mastigação. Para o teste de cisalhamento e de fadiga, foram confeccionados cento e cinqüenta discos da resina composta Tetric Ceram (Vivadent, Alemanha), armazenados por 365 dias a 37°C. Em seguida, os discos foram divididos em cinco grupos, dependendo do tratamento de superfície: G1) desgaste com ponta diamantada durante 15 segundos; G2) desgaste com broca “carbide” por 15 segundos; G3) desgaste com broca “carbide” por 15 segundos e aplicação de uma camada de resina fluida Tetric Flow (Vivadent, Alemanha); G4) jateamento com óxido de alumínio modificado por sílica (Cojet, 3MESMPE, USA) por 15 segundos, condicionamento com acido fosfórico por trinta segundos e aplicação do sistema adesivo Syntac Classic (Vivadent, Alemanha); G5) jateamento com óxido de alumínio modificado por sílica (Cojet, 3MESMPE, USA) por 15 segundos, condicionamento com acido fosfórico por trinta segundos, aplicação do sistema adesivo

Syntac Classic (Vivadent, Alemanha) e aplicação de uma camada de resina fluida Tetric Flow (Vivadent, Alemanha). Após os tratamentos, todos os discos receberam aplicação da resina composta Tetric Ceram até se alcançar 5 mm de diâmetro e 10 mm de altura. Dez corpos-de-prova de cada grupo foram submetidos ao teste estático de cisalhamento em máquina universal. Em seguida, vinte corpos-de-prova foram submetidos ao teste de fadiga utilizando-se uma carga 50% menor que a média de resistência ao cisalhamento de cada grupo, por cinco mil ciclos ou até a falha do corpo-de-prova. Se o corpo-de-prova resistiu aos cinco mil ciclos, a carga para o subseqüente foi 2 MPa a mais que o anterior. Para o teste de fadiga em restaurações Classe II foram selecionados quarenta terceiros molares, onde foram confeccionadas cavidades Classe II restauradas com a seqüência: ácido fosfórico, sistema adesivo EBS Multi (3MESPE, USA) e resina composta híbrida Pertac II. Após o armazenamento dos dentes por 365 dias a 37°C, parte da restauração foi removida com exposição de esmalte e dentina. As restaurações foram tratadas de acordo com os cinco grupos descritos anteriormente. Após 21 dias, foi realizada uma moldagem das restaurações, os dentes montados em aparatos, dois a dois, com as restaurações em contato lateral, e submetidos à ciclagem termo-mecânica (cem mil ciclos mecânicos e dois mil e quinhentos ciclos térmicos). Após as ciclagens, nova moldagem das restaurações foi realizada. As réplicas foram observadas em MEV e a margem entre a resina antiga e a de reparo foi avaliada de acordo com o critério: margem continua, fenda / irregularidade ou sem julgamento. Em seguida, os corpos-de-prova foram imersos em fuccina 0,5% por 24 horas, seccionados no sentido mesio-distal e observados em lupa esteromicroscópica. As imagens foram digitalizadas e a porcentagem de penetração do corante calculada. Para o teste de cisalhamento, os grupos com Cojet e broca “carbide” apresentaram resistência de união superior comparados com o grupo ponta diamantada. A camada intermediaria de resina fluida aumentou a resistência de união. Após cinco mil ciclos de

fadiga, os grupos Cojet e broca “carbide” foram semelhantes, com ou sem a camada de resina fluida, e foram superiores ao grupo ponta diamantada. Para as restaurações Classe II, antes das ciclagens, a margem da resina de reparo apresentou-se perfeita em 96% do grupo ponta diamantada e 100% para os demais grupos. Após os ciclos, a margem se apresentou perfeita em 78% no grupo “carbide”-resina fluida, 73% no grupo Cojet-resina fluida, 29% no grupo ponta diamantada, 42% no grupo “carbide” e 45% no grupo Cojet. Na porcentagem de penetração do corante, foi observada penetração de 10% para o grupo “carbide”-resina fluida, 7% para Cojet-resina Fluida, 33% para ponta diamantada, 31% para “carbide” e 29% para Cojet. Após a fadiga, no teste de cisalhamento. a camada de resina fluida não influenciou na resistência de união, porém, para as restaurações Classe II, após os ciclos termo-mecânicos, a camada de resina fluida determinou melhor integridade da margem do reparo da resina.

Özcan[29] em 2003 discutiu sobre quando se reparar restaurações metalo cerâmicas e quais os melhores tratamentos de superfície para se realizar o reparo. O condicionamento com ácido fluorídrico ou flúor fosfato acidulado criam retenção micromecânica, porém, não podem ser utilizados quando o metal é exposto e ainda podem causar danos ao tecido mole da cavidade bucal. Retenções mecânicas no metal e cerâmica podem ser realizadas com pontas diamantadas, entretanto, podem ocasionar iniciação ou propagação de trincas. Recentemente, as vantagens do uso do sistema triboquímico Rocatec (3MESPE, USA) foram associadas à aplicação intra-oral. A pressão do jateamento resulta na embebição da superfície de metal e cerâmica de sílica, resultando em uma superfície quimicamente mais reativa à resina, com a utilização do silano. Diante disso, há preferência na utilização do sistema tribomecânico ao jateamento com óxido de alumínio.

Öztas et al.[31] em 2003 avaliaram a resistência de união dos reparos em resina composta após diferentes tratamentos de superfície.

Cinqüenta e seis corpos-de-prova da resina composta Charisma (Kulzer, Alemanha) foram confeccionados e termociclados por quinhentos ciclos. Em seguida, os corpos-de-prova foram divididos em sete grupos: G1) jateamento com partículas de 25 µm de óxido de alumínio e reparo com a resina Herculite (Kerr, USA); G2) jateamento da superfície, aplicação do sistema adesivo Optibond Solo (Kerr, USA) e reparo com a resina Herculite; G3) jateamento da superfície, aplicação do sistema adesivo Solobond M (Voco, Alemanha) e reparo com a resina Herculite; G4) desgaste da superfície com lixas de 500 *grits* e reparo com a resina Herculite; G5) desgaste da superfície com lixas de 500 *grits*, aplicação do sistema adesivo Optibond Solo e reparo com a resina Herculite; G6) desgaste da superfície com lixas de 500 *grits*, aplicação do sistema adesivo Solobond M e reparo com a resina Herculite; G7) sem reparo, utilizado como controle. Após o procedimento de reparo, os corpos-de-prova foram termociclados por quinhentos ciclos e submetidos ao teste de cisalhamento. O jateamento com óxido de alumínio apresentou valores significantemente superiores comparado com o desgaste com lixa. O grupo que associou o jateamento com o sistema Optibond Solo apresentou os maiores valores de resistência de união.

Matinlinna et al.[25] em 2004 fizeram uma revisão sobre o uso dos silanos na Odontologia. Segundo os autores, o silano é um composto que possui duas partes funcionais. A parte orgânica (–CH=CH_2, –CH_2CH=CH_2, –NH_2, –N=C=O) reage com a matriz orgânica. Os grupos alcoxi (–O–CH_3, –O–CH_2CH_3) reagem com o substrato inorgânico, em ambos os casos formando uma adesão covalente entre as matrizes. Os silanos têm a função de promover adesão entre matrizes orgânicas e inorgânicas. O composto mais utilizado no uso odontológico é o γ-metacrilopropiltrimetoxisilano monofuncional diluído em solução de etanol com pH de 4 a 5, ajustado com ácido acético. Os silanos podem ser utilizados em qualquer material resinoso que contenha grupos metacrilatos. As teorias que tentam explicar o que ocorre na interface

quando os silanos são aplicados são duas: 1) adesão, interpenetração e teorias rígida e *soft* e 2) o silano modifica o substrato com uma camada de óxido, formando uma camada de conversão. A aplicação do silano nas partículas de carga das resinas compostas diminui a viscosidade entre partícula + matriz, aumentando as propriedades das resinas compostas. Sua aplicabilidade se estende ainda ao uso em cerâmicas, metais nobres, não-nobres e titânio antes da cimentação e no pré-tratamento de fibras de vidro.

Suh[46] em 2004 avaliaram fatores como resistência de união, decomposição do fotoiniciador e grau de conversão da camada de inibição de oxigênio da resina composta. Para o teste de cisalhamento, substratos de resina (Renew, Bisco) foram criados e os sistemas Biscover (Bisco) ou D/E (Bisco) foram aplicados e polimerizados em presença de oxigênio ou nitrogênio. Em seguida, a resina composta Light-Bond (Reliance) foi aplicada e os espécimes submetidos ao teste de microtração. Para o teste de microtração, foram criados substratos da resina Renew, polimerizados na presença de oxigênio ou nitrogênio. A resina Light-Core foi aplicada, os espécimes seccionados e submetidos ao teste de microtração. Para a determinação da decomposição da canforoquinona, uma resina experimental foi polimerizada com diferentes tempos e a absorção do espectro avaliada. Para o grau de conversão, a mesma resina experimental foi polimerizada em diferentes tempos e em seguida polimerizada em presença de nitrogênio. A resistência de união não foi influenciada pela presença da camada de inibição de oxigênio. A camada de inibição de oxigênio apresenta quantidade diminuída de canforoquinona. O grau de conversão da camada de inibição de oxigênio pós-polimerizada apresenta menor grau de conversão comparada com o controle.

Yap et al.[57] em 2004 avaliaram a resistência ao desgaste das resinas nanohíbridas e ormocerâmicas. Foram confeccionados corpos-de-

prova em forma retangular com dimensões de 8 x 4 x 2 mm das resinas compostas Filtek A110 (3MESPE, USA – microhíbrida), Esthet X (Dentsply, USA – minihíbrida), Filtek Z250 (3MESPE, USA – minihíbrida), Dyract AP (Dentsply, Alemanha – compômero), Filtek Supreme (3MESPE, USA – nanohíbrida) e Admira (Vocco, Alemanha – ormocerâmica). Os corpos-de-prova foram submetidos ao teste de desgaste utilizando um corpo com carga constante de 1,6 Kg e força de 20 MPa. O desgaste foi medido utilizando-se um rugosímetro, onde a profundidade máxima do desgaste foi considerada. Foram feitas medições nos intervalos de cinco mil até vinte mil ciclos. Para todos os materiais, o desgaste foi maior nos primeiros cinco mil ciclos. Para todos os intervalos, a resina Esthet X foi a que apresentou os menores valores de desgaste. A quantidade de desgaste foi dependente do número de ciclos. A partir de quinze mil ciclos, Dyract e Filtek Z250 apresentaram maior desgaste comparado com os outros materiais. A resistência ao desgaste das resinas ormocerâmicas e nanohíbridas foi comparável ou superior aos compômeros, e resinas micro e miniparticuladas.

Bonstein et al.[2] em 2005 avaliaram os diferentes tratamentos de superfície na resistência de união de reparos de resina. Substratos da resina composta Vitalescence, Ultradent foram confeccionados e após vinte dias armazenados em água 37 °C, foram divididos de acordo com o tratamento de superfície: 1) grupo controle, 2) ácido fosfórico, 3) ponta diamantada, 4) jateamento com óxido de alumínio (50 μm), 5) ponta diamantada e silano (Monobond S, Ivoclar). Em seguida, o sistema adesivo Excite, Ivoclar foi aplicado e a resina composta Tetric Flow aplicada. Os espécimes foram então submetidos ao teste de cisalhamento. O grupo tratado com ponta diamantada apresentou resultados superiores de resistência de união comparados com os demais grupos, porém, quando associado ao silano, a resistência de união diminuiu.

Cavalcanti et al.[9] em 2005 avaliaram o efeito de diferentes tratamentos de superfície na microinfiltração na interface de reparos de resina. Foram confeccionados substratos com a resina composta Z250, 3M armazenados em água 37 °C por três meses. Em seguida, os espécimes foram divididos de acordo com o tratamento de superfície: 1) controle, sem tratamento, 2) ponta diamantada, 3) jateamento com bicarbonato de sódio, 4) jateamento com óxido de alumínio (50 μm). Em seguida, os espécimes forma tratados com ácido fosfórico 37 %, o sistema adesivo Single Bond, 3M aplicado e a mesma resina do substrato utilizada para o reparo. Os espécimes foram termociclados (800 ciclos) e imersos em azul de metileno. A infiltração não apresentou diferença estatisticamente significante entre os grupos.

Yap et al.[58] em 2005 avaliaram a influência de solventes da dieta na resistência mecânica de resinas nanohíbridas e ormocerâmicas. Foram confeccionados trinta e dois corpos-de-prova de 8,7 mm de diâmetro e 1 mm de espessura das resinas compostas de nanopartículas (Filtek Supreme, 3MESPE, USA), microhíbridas (Z250, 3MPESE, USA), ormocerâmicas (Admira, Vocco, Alemanha), do compômero (F2000, 3MESPE, USA) e do cimento de ionômero de vidro (Ketac Molar, 3MESPE, USA), divididos em quatro grupos: G1) armazenados por uma semana em água destilada a 37°C; G2) armazenados em ácido cítrico 0,02M (pH 2,4) a 37°C; G3) armazenados em solução de etanol 50% 37°C; G4) armazenados em etanol 37°C. A resistência à perfuração foi realizada utilizando-se um perfurador de 2 mm de diâmetro com um torque de 2,5 Nm em máquina de teste universal a uma velocidade de 0,01 mm/min. Os materiais testados, com exceção da ormocerâmica, não foram influenciados pelos diferentes solventes estudados. A ormocerâmica imersa em etanol alcançou maior valor de resistência comparado com os outros meios de armazenamento. Quando apenas os materiais foram avaliados, a resistência das resinas Z250, Admira e Filtek

Supreme foi maior que o compômero F2000 e o cimento de ionômero de vidro Ketac Molar.

Cavalcante et al.[7] em 2006 compararam os valores de resistência de união entre dentina bovina e dois sistemas adesivos (Clearfil Liner Bond – Kuraray ou Single Bond – 3M) quando os testes de microtração ou cisalhamento forma empregados. Os espécimes foram confeccionados de acordo com cada teste. Para a microtração, duas formas de palitos foram confeccionadas, a forma de ampulheta e a forma de bastão. Os espécimes foram submetidos aos respectivos testes. Para o teste de microtração, quando o Single Bond foi utilizado, a forma do espécime não influenciou na resistência de união, e quando o Clearfil foi utilizado, os espécimes em forma de ampulheta apresentaram maiores valores comparados com os espécimes em forma de bastão. Para o teste de cisalhamento, os sistemas adesivos não apresentaram diferença na resistência de união.

Özcan et al.[30] em 2006 avaliaram o efeito de dois diferentes tratamentos de superfície no reparo de resina composta após três diferentes processos de envelhecimento. Quarenta blocos da resina Esthet-X (Dentsply, USA) foram confeccionados e submetidos a três processos de envelhecimento: a) imersão em ácido cítrico (pH: 3,5 a 37°C, uma semana) (CA); b) água fervente por oito horas (BW) e c) termociclagem (x5000, 5-55°C) (TC). Os blocos foram então submetidos a um dos tratamentos de superfície: (1) jateamento com óxido de alumínio modificado por sílica (30µm SiOx) (CoJet, 3MESPE, USA) + silano (ESPE-Sil) (CJ), (2) ácido fosfórico + sistema adesivo (Single Bond, 3MESPE, USA) (FA). Uma nova camada de resina foi aplicada sobre a superficie dos blocos. Os grupos formados foram: G1: CA + FA; G2: CA + CJ; G3: BW + FA; G4: BW + CJ; G5: TC + FA; G6: TC + CJ. Os corpos-de-prova foram seccionados em palitos com dimensões de 10x1x1mm e 1mm² de área adesiva. O teste de microtração foi realizado. O jateamento com Cojet determinou os maiores valores de resistência de união para os

três processos de envelhecimento testados. Ácido cítrico foi o processo de envelhecimento menos agressivo, e a termociclagem o mais agressivo.

Dündar et al.[16] em 2007 compararam a resistência de união entre carâmicas de infraestrutura e cobertura utlizando dois ensaios, microtração e cisalhamento. Foram confeccionados corpos-de-prova dos sistemas: Empress, Empress 2 (Ivoclar), Inceram (Vita) e Finesse (Ceramco), submetidos aos testes de cisalhamento e microtração. Para o cisalhamento, o sistema Empress 2 apresentou os maiores resultados de resistência de união comparado com os outros sistemas. Já para a microtração, o sistema Finesse apresentou os maiores valores de união comparados com os outros grupos. Os valores obtidos para o cisalhamento foram maiores comparados com os de microtração. Os dados foram relacionados a uma distribuição mais homogênea da força aplicada enquanto o cisalhamento apresentou maior desvio padrão e maior quantidade de falhas coesivas.

Cavalcanti et al.[8] em 2007 avaliaram o efeito de diferentes tratamentos de superfície na resistência de união de reparos de resina. Blocos da resina TPH (Dentsply) foram confeccionados e após 24 horas submetidos aos tratamentos: 1) ácido fosfórico, Single Bond (3M), 2) ácido fosfórico, Clearfil SE Bond (Kuraray), 3) Clearfil SE Bond, 4) jateamento com óxido de alumínio, 5) jateamento com óxido de alumínio, ácido fosfórico, Single Bond, 6) jateamento com óxido de alumínio, ácido fosfórico, Clearfil SE Bond, 7) jateamento com óxido de alumínio, Clearfil SE Bond, 8) asperização da superfície, 9) asperização da superfície, ácido fosfórico, Single Bond, 10) asperização da superfície, ácido fosfórico, Clearfil SE Bond, 11) asperização da superfície, Clearfil SE Bond, 12) controle, sem reparo ou tratamento de superficie. O reparo de resina foi realizado com o mesmo material do substrato. Os blocos foram seccionados em fatias e desgastados para a formação de espécimes em forma de ampulheta que foram submetidos ao teste de microtração. Quando o sistema adesivo não foi utilizado, os tratamentos de superfície

apresentaram resistência semelhante. A combinação de tratamento de superfície e sistema adesivo foi não estatisticamente significante. Dois grupos apresentaram resistência de união comparada com o grupo controle: jateamento / ácido fosfórico / Clearfil e jateamento / Clearfil.

3 PROPOSIÇÃO

O objetivo desse estudo foi avaliar o efeito de dois tratamentos de superfície na resistência de união de reparo de uma resina nanoparticulada e uma resina nanohíbrida antes e após envelhecimento, variando a resina de reparo, por meio dos testes de microtração e cisalhamento. A quantidade de monômero residual após o envelhecimento (termociclagem) foi avaliado utilizando-se espectometria Raman. As cinco hipóteses nulas de investigação são apresentadas:

H1: Os testes de resistência de união, microtração ou cisalhamento, não influenciará a resistência de união dos reparos.

H2: As resinas compostas testadas não irão influenciar na resistência de união dos reparos.

H3: O tipo de tratamento de superfície empregado não irá afetar a resistência de união dos reparos.

H4: O tipo de resina de reparo não irá influenciar na resistência de união.

H5: O processo de envelhecimento não irá afetar a quantidade de monômeros residuais em cada resina composta testada.

4 MATERIAL E MÉTODO

Os testes de microtração e cisalhamento foram realizados para a verificação da resistência de união de reparo das resinas compostas. Além disso, foi realizada a análise de conversão de monômeros pela técnica de Raman das resinas antes e após envelhecimento.

As resinas compostas utilizadas nesse estudo estão apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1 – Resinas compostas utilizadas no estudo

Resina composta	Classificação	Quantidade de particulas (volume)	Tipo de partícula	Tipo de matriz orgânica
Filtek Supreme*	nanopartícula	78,5%	Zr/Si (0,6–1,4µm) Sí (5–20nm)	TEGDMA Bis-EMA
Tetric Evo Ceram**	Nanohíbrida	80%	Ba, IbF_3, SiO_2 (0,4-0,7 µm, nanopartículas)	BisGMA UDMA
Anterior Shine***	Microhíbrida	74%	SiO_2, Ba-Al-F-Si (<0,1 µm)	BisGMA TEGDMA

* 3MESPE, USA
** Ivoclar Vivadent, Alemanha
*** Carvex, Holanda

4.1 Teste de microtração

Sessenta e quatro blocos das resinas compostas Filtek Supreme e Tetric Evo Ceram foram confeccionados com dimensões de 5x6x6 mm de acordo com as instruções de cada fabricante, utilizando uma matriz de silicone*. Para a obtenção da mitriz de silicone, blocos pré-fabricados com as mesmas dimensões foram moldados com silicone. As resinas foram incluídas em camadas, seguindo a técnica incremental, e fotoativadas com aparelho de luz halógena** com potência de no mínimo 500 mW/cm^2, com o tempo recomendado pelos fabricantes (Figura 1).

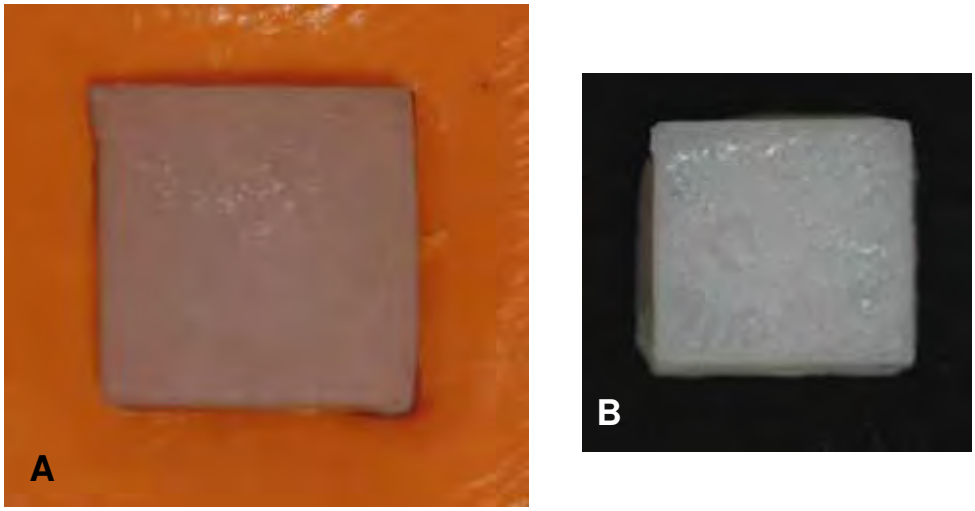

FIGURA 1 – Confecção dos blocos de resina. a) utilização de uma matriz de silicone; b) bloco de resina confeccionado

* Elite HD, 3MESPE
** XL3000, 3MESPE, USA

Após a confecção dos blocos, uma das superfícies de 6x6mm foi aplainada com lixas de granulação 1200 e limpas em banho sônico• durante dez minutos. Em seguida, os blocos foram divididos em dois grupos (N=32), dependendo do processo de envelhecimento:

- sem processo de envelhecimento da resina, armazenada por 48 horas em estufa bacteriológica a 37°C, servindo como grupo controle;
- termociclagem por cinco mil ciclos a 5°C e 55°C, com trinta segundos cada banho*.

Após os processos de envelhecimento, cada grupo foi novamente dividido em dois grupos (N=16), dependendo do tratamento realizado na superfície de 6x6 mm polida anteriormente, antes do processo de reparo da resina composta:

- método 1: aplicação do sistema adesivo referente à resina utilizada para o reparo (Multilink A+B*** quando a resina Tetric foi utilizada para reparo; Adper ScotchBond 1XT* quando a resina Supreme foi utilizada e Quadrant UniBond**** quando a resina Anterior Shine foi utilizada para o reparo), de acordo com as especificações de cada fabricante (Figura 2);
- método 2: aplicação do sistema CoJet*, com jateamento de partículas de óxido de alumínio revestido por sílica (30-µm SiO_2) utilizando um jateador intra-oral, a uma distância de aproximadamente 10 mm e pressão de 2,8 bars por quatro segundos. Após o jateamento, foi aplicado o silano (ESPE-Sil*), seguido do aguardo de cinco minutos para a reação do silano com a

• Quantrex 90, L&R Ultrasonics, USA
* Ética Equipamentos, Brasil
*** Ivoclar Vivadent, Alemanha
**** Carvex, Alemanha

superfície jateada. O sistema adesivo VisioBond (3MESPE) foi aplicado e fotoativado do mesmo modo que no Método 1 (Figura 2).

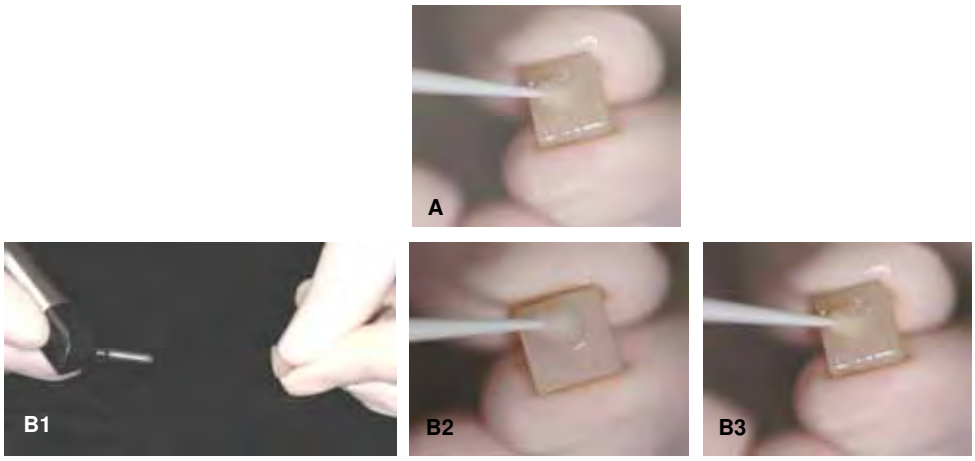

FIGURA 2 – Delineamento dos métodos de tratamento de superfície. A) Método 1: aplicação do sistema adesivo; B) Método 2: B1) jateamento com Cojet, B2) aplicação do silano, B3) aplicação do sistema adesivo Visiobond

Após os tratamentos de superfície, em metade dos blocos (N=8) a mesma resina composta utilizada no substrato (Tetric ou Supreme), e na outra metade (n=8), uma resina composta microhíbrida (Anterior Shine) foi aplicada sobre a superfície tratada utilizando a técnica incremental (4 incrementos) e com fotoativação com luz halógena até 5 mm de altura. A intenção de utilizar uma resina composta diferente é simular o reparo de uma restauração de resina onde o substrato é desconhecido. O planejamento experimental está descrito na Figura 3.

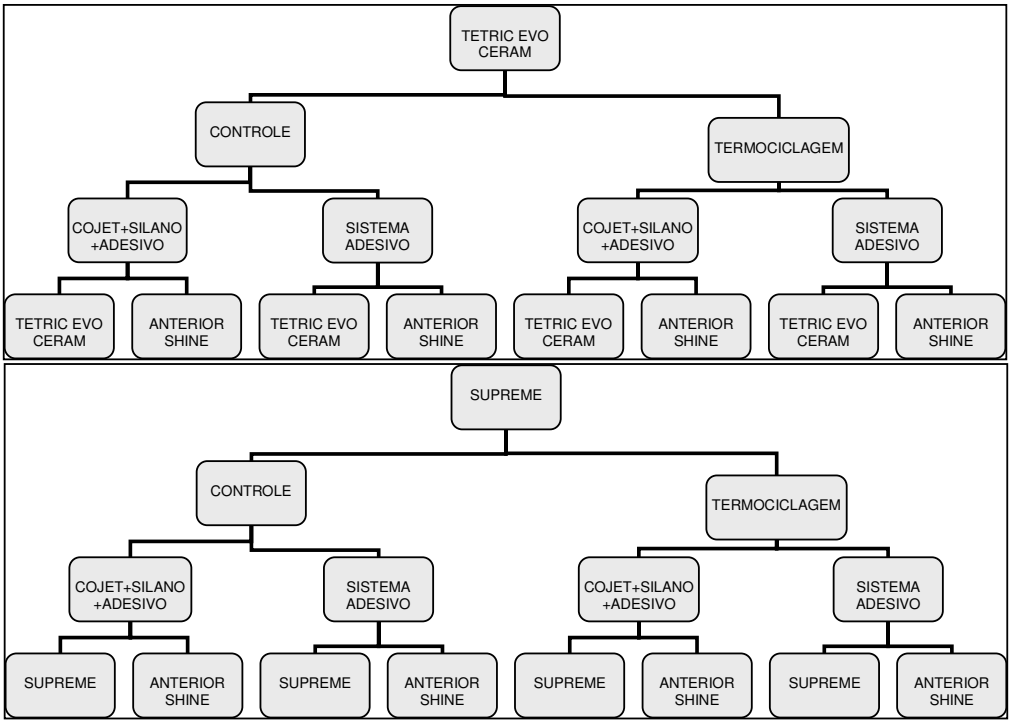

FIGURA 3 – Delineamento experimental dos grupos estudados

Assim, os conjuntos formados por resina composta envelhecida, tratamento de superfície, agente adesivo, e resina composta de reparo foram armazenados por 24 horas em estufa bacteriológica* a 37°C e fixados em máquina de corte que utiliza discos diamantados com medidas de 0,15 mm de espessura e 22 mm de diâmetro. Os cortes externos foram descartados para evitar excessos de sistema adesivo nas paredes externas do bloco. Em seguida, os blocos foram cortados longitudinalmente para a obtenção de corpos-de-prova em forma de palitos, com dimensões de 10x1x1 mm ± 0,1 mm. Foram obtidos 35 a 44 palitos por grupo.

*Marconi, Brasil

Após os cortes dos corpos-de-prova, cada corpo-de-prova foi colado com adesivo cianocrilato* em paquímetros modificados para a realização do teste de microtração. A carga aplicada foi perpendicular ao longo eixo do palito, para evitar a ocorrência de forças de torção ou cisalhamento na área adesiva. O teste de microtração foi realizado em máquina de ensaio universal** com velocidade de 0,5 mm/min e célula de carga de 10 Kg (Figura 4).

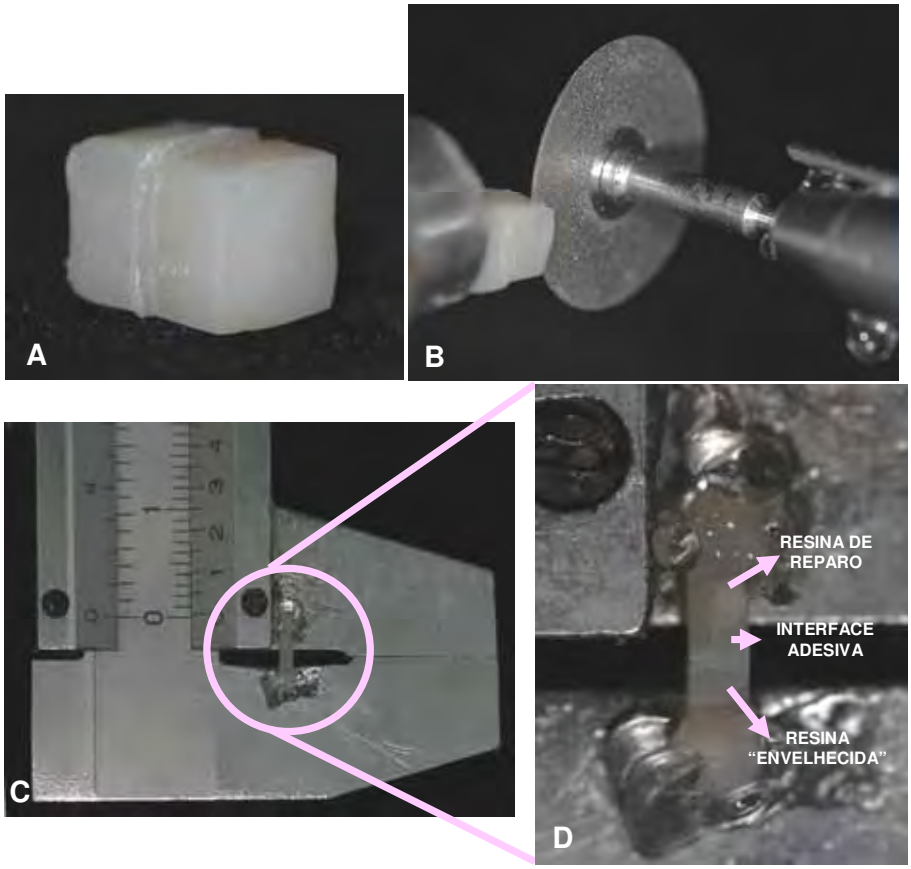

FIGURA 4 – Seqüência do corte dos corpos-de-prova e ensaio de microtração. A) bloco de resina reparado; B) corte dos blocos para obtenção dos corpos-de-prova; C) colagem no paquímetro adaptado; D) vista aproximada do conjunto corpo-de-prova e paquímetro

* Super-Bonder, Loctite, Brasil
** DL-1000 EMIC, Equipamentos de Ensaio Ltda., Brasil

Os dados obtidos (MPa) foram submetidos à análise descritiva e em seguida foi realizada a análise inferencial, que foi dividida em duas partes. A primeira parte verificou o efeito da resina de reparo utilizada em cada condição experimental, utilizando o teste ANOVA 2-fatores (bloco e resina de reparo foram considerados). Em seguida, as três condições experimentais (duas resinas de substrato, duas condições de envelhecimento e dois tratamentos de superfície) foram analisadas pelo teste ANOVA de experimentos em blocos casualisados, com diferentes espécimes por bloco, e oito blocos por grupo aleatoriamente divididos em uma das oito condições experimentais. A comparação entre os grupos foi realizada pelo teste de comparação múltipla de Tukey. Tanto para o teste de ANOVA como para o teste de Tukey, o nível de significância foi de 5%. O programa de análise estatística utilizado foi o MINITAB (Minitab, *version* 14.12, 2004) e STATISTICA para *windows version* 5.5 (StatSoft Inc., Tulsa, USA., 2000). O modo de falha foi verificado com auxílio de lupa esteriomicroscópica com aumento de 10X. As falhas foram classificadas em adesiva, se ocorreu na interface ou coesiva, se ocorreu na resina composta.

4.2 Teste de cisalhamento

Foram confeccionados oitenta discos de cada resina composta estudada (Tabela 1) com dimensões de 5 mm de diâmetro e 2 mm de espessura de acordo com as especificações dos fabricantes, conforme descrito para o teste de microtração. As resinas compostas foram inseridas em orifícios de matrizes de resina acrílica, permitindo que uma das superfícies ficasse livre para receber os tratamentos de envelhecimento e condicionamento para reparo. A matriz foi obtida vertendo-se rsina acrílica em cortes de PVC, e em seguida realizando

perfurações com as dimensões descritas. A superfície exposta de cada corpo-de-prova foi polida com lixas de 1200 de granulação e limpa com banho sônico em água destilada durante dez minutos.

Posteriormente, os corpos-de-prova foram submetidos a um dos dois tipos de processos de envelhecimento descrito a seguir (n=40 para cada resina):

- sem processo de envelhecimento da resina, armazenada por 48 horas em estufa bacteriológica a 37°C, servindo como grupo controle;
- termociclagem por cinco mil ciclos a 5°C e 55°C, com trinta segundos cada banho.

Após os processos de envelhecimento, cada grupo foi novamente dividido em dois grupos (n=20 para cada resina), dependendo do tratamento de superfície realizado na superfície de 10 mm polida anteriormente, antes do processo de reparo da resina composta:

- método 1: sistema adesivo, como descrito para o teste de microtração;
- método 2: aplicação do sistema CoJet, como descrito para o teste de microtração.

Após os tratamentos de superfície, a mesma resina composta utilizada no substrato (Supreme ou Tetric Evo Ceram) ou a resina composta Anterior Shine foi aplicada sobre a superfície tratada, com auxílio de uma matriz plástica, utilizando a técnica incremental e com fotoativação com luz halógena até 3 mm de altura. A divisão dos grupos está descrita na Figura 3.

Os corpos-de-prova foram montados em um dispositivo para cisalhamento* e a força de cisalhamento aplicada na interface adesiva com velocidade de 1,0 mm/min e célula de carga de 10 Kg. A curva de estresse foi analisada com o programa Nexygen 2.0 (Lloyd Instruments Ltd, Fareham, UK) (Figura 5).

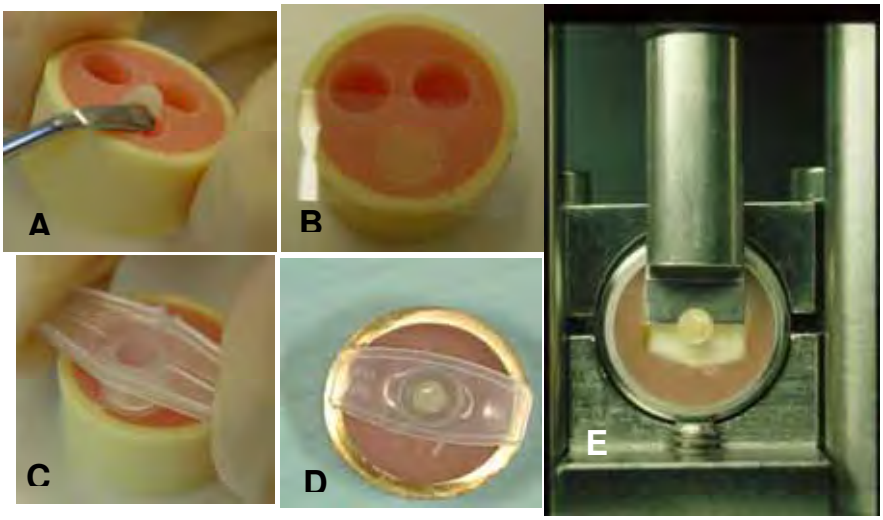

FIGURA 5 – Ensaio de cisalhamento. a) inserção da resina de substrato; b) utilização da matriz de poliéster para a fotopolimerização; c e d) auxílio de uma matriz plástica para a realização do reparo; e) teste de cisalhamento.

Os dados obtidos (MPa) foram submetidos à análise descritiva e em seguida foi realizada a análise inferencial, dividida em duas partes. A primeira parte verificou o efeito da resina de reparo utilizada em cada condição experimental, utilizando o teste *t-Student* de amostras não pareadas. Em seguida, as três condições experimentais (duas resinas de substrato, duas condições de envelhecimento e dois tratamentos de superfície) foram analisadas pelo teste ANOVA 3-fatores, com dez amostras por grupo aleatoriamente divididas em uma das oito condições

* Bencor Multi-T, Denville Engenheria, USA

experimentais. A comparação entre os grupos foi realizada pelo teste de comparação múltipla de Tukey. Tanto para o teste de ANOVA como para o teste de Tukey, o nível de significância foi de 5%. O programa de análise estatística utilizado foi o MINITAB (Minitab, *version* 14.12, 2004) e STATISTICA para *windows version* 5.5 (StatSoft Inc., Tulsa, USA., 2000). O modo de falha foi verificado com auxílio de lupa esteriomicroscópica com aumento de 10X. As falhas foram classificadas em adesiva, se ocorreu na interface, coesiva no susbtrato se ocorreu na resina de substrato ou coesiva na resina de reparo.

4.3 Duplas ligações residuais (C=C) (quantidade de monômeros residuais)

A espectroscopia micro-Raman com alta resolução espacial foi realizada usando-se um espectrômetro que opera a temperatura ambiente (Raman Microscope (System-2000, Renishaw)) que foi disponibilizado por cortesia pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

Três corpos-de-prova de cada resina composta antes e após a termociclagem foram submetidos à mensuração do grau de conversão. Após a calibração do aparelho com a mensuração do espectro do diamante natural (pico único e bem definido), o espectro da base de cada resina (não-polimerizada) foi obtido em uma faixa da 1400 - 1800cm cm^{-1} com três acumulações e tempo de irradiação de cento e vinte segundos. Em seguida, os espectros de cada amostra foram obtidos com os mesmos parâmetros anteriores, em dois pontos de cada amostra.

Para as resinas do tipo metacrilato, a avaliação do grau de conversão (porcentagem de grupos vinil convertidos em grupo alifáticos) geralmente se inicia comparando-se as bandas de vibração do metacrilato residual não-polimerizado (1640 cm^{-1}) com as do aromático (1610 cm^{-1}), sendo esta última uma banda de referência que não muda durante a polimerização. Por isso, foi utilizada a seguinte equação para o cálculo das duplas ligações dos metacrilatos não-polimerizados da camada híbrida:

Duplas ligações residuais (%) = resina polimerizada/resina não polimerizada, onde,

$$Rnão - polimerizada = \frac{\text{Área da banda da resina não - polimerizada em 1640 cm - 1}}{\text{Área da banda da resina não - polimerizada em 1610 cm - 1}}$$

$$Rpolimerizada = \frac{\text{Área da banda da resina polimerizada em 1640 cm - 1}}{\text{Área da banda da resina polimerizada em 1610cm - 1}}$$

Em seguida, o grau de conversão foi obtido com a seguinte fórmula:

GC(%) = 1- (% de duplas ligações residuais).

Foi realizado um gráfico com a média do grau de conversão de cada amostra.

5 RESULTADOS

A análise dos dados obtidos será apresentada em cinco partes: (i) avaliação da resistência de união dos reparos de resina composta segundo o teste de microtração, (ii) avaliação da resistência de união de reparo das resinas compostas segundo o teste de cisalhamento, (iii) correlação entre cisalhamento e microtração, (iv) grau de conversão das resinas Tetric Evo Ceram e Filtek Supreme segundo espectrometria Raman e (v) avaliação ilustrativa da topografia das resinas compostas estudadas antes e após envelhecimento e após o jateamento com óxido de alumínio modificado por sílica (Cojet) por meio de microscópio eletrônico de varredura.

5.1 Avaliação da resistência de união dos reparos de resina composta segundo o teste de microtração

A análise dos dados obtidos no ensaio de microtração será realizada em duas partes: análise descritiva e análise inferencial.

5.1.1 Análise Descritiva

As medidas-resumo numéricas de microtração (MPa) estão apresentadas (média±desvio padrão) para cada resina estudada, Tetric Evo Ceram ou Supreme, em cada condição experimental, nas Tabelas 1 e 2, respectivamente.

Tabela 1 – Resina Tetric Evo Ceram. Valores (MPa) de resistência a microtração (média±desvio padrão) para os reparos (Tetric Evo Ceram ou Anterior Shine) de acordo com o tratamento de superfície e o envelhecimento (controle ou termociclagem)

Tratamento de superfície*	Contole		TC	
	Tetric	AS	Tetric	AS
Cojet	47,74±13,17	47,27±14,07	38,14±9,59	37,41±8,36
Adesivo	53,72±19,29	50,32±16,51	32,30±8,68	42,40±16,62

Tabela 2 – Resina Filtek Supreme. Valores (MPa) de resistência a microtração (médias±desvio padrão) para os dos reparos das resinas compostas Filtek Supreme ou Anterior Shine de acordo com o envelhecimento e o tratamento de superfície

Tratamento de superfície*	Controle		TC	
	Supreme	AS	Supreme	AS
Cojet	51,34±13,48	51,72±16,29	45,18±10,53	47,87±12,32
Adesivo	53,53±21,14	52,75±18,95	43,89±15,79	46,24±12,68

Tanto para a resina Supreme quanto para a resina Tetric, houve uma diminuição da resistência de união dos tratamentos de superfície após a termociclagem.

5.1.2 Análise Inferencial dos dados de microtração

A análise inferencial dos dados de microtração será apresentada em duas partes. A primeira analisa o efeito da resina de reparo em cada uma das oito condições experimentais. A segunda, a análise de variância foi aplicada para verificar o efeito dos fatores resina composta,

* Para valores de "n" vide apêndice

envelhecimento e tratamento de superfície na resistência a microtração dos reparos das resinas compostas.

5.1.2.1 Análise do efeito resina composta de reparo

O efeito tipo de resina de reparo (mesma resina que o substrato ou resina composta Anterior Shine) em cada condição experimental foi avaliado utilizando-se o modelo de análise de variância (ANOVA, dois fatores, bloco e resina de reparo). O teste estatístico* indica que o efeito foi estatisticamente significante para a resina composta Tetric Ceram termociclada após a aplicação do sistema adesivo, onde verificou-se que a resina composta Anterior Shine apresentou melhores resultados de adesão quando utilizada para reparar o substrato Tetric (Tetric: 32,3±8,68, Anterior Shine: 42,4±16,62).

5.1.2.2 Análise dos efeitos resina composta, envelhecimento e tratamento de superfície na resistência ao cisalhamento de reparo de resinas compostas

Para avaliar o efeito das três variáveis do estudo (resina composta, envelhecimento, tratamento de superfície), os dados de microtração foram submetidos ao teste estatístico ANOVA (considerando o valor dos blocos) que indicou que o efeito interação entre as três variáveis em estudo foi estatisticamente não significante (Tabela 3).

* vide apêndice para descrição detalhada da análise estatística

Tabela 3 – Resultado do teste ANOVA para os dados de resistência a microtração (MPa)

Efeito	Gl	SQ	QM	F	p-valor
Resina	1	0,37279	0,36005	17,03	0,001*
Envelhecimento	1	1,11313	0,95827	45,33	0,001*
Tratamento de superfície	1	0,00128	0,00260	0,12	0,726
Resina x Envelhecimento	1	0,16641	0,14048	6,65	0,010*
Resina x Tratamento de superfície	1	0,01227	0,00177	0,08	0,773
Envelhecimento x Tratamento de superfície	1	0,04006	0,02519	1,19	0,275
Resina x Envelhecimento x Tratamento de superfície	1	0,00802	0,00557	0,26	0,608
Bloco	7	0,12826	0,01171	0,63	0,728
R(Bloco)	64	1,01759	0,01590	0,75	0,922
Resíduo	548	11,58493	0,02114		
Total	626	14,44474			

*p<0,05

Por meio da Tabela ANOVA, verificou-se que o efeito tratamento de superfície e resina composta foi não significante, e indica que o relacionamento entre esses dois fatores na condição controle é o mesmo que na condição termociclagem, Figura 6.

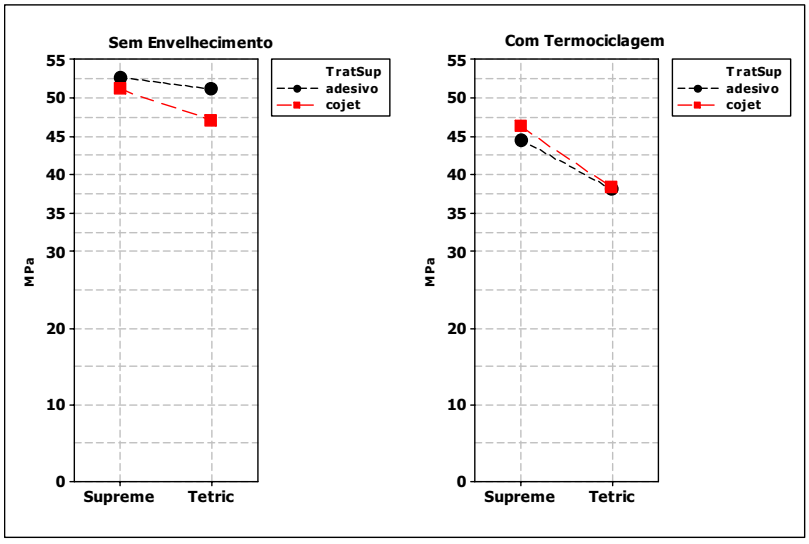

FIGURA 6 – Gráfico de médias de microtração referente às condições experimentais. Efeito do tratamento de superfície antes e após envelhecimento para cada resina estudada

O efeito interação entre resina / envelhecimento foi verificado. Na Figura 8, pode-se observar que a resina Tetric foi mais afetada pela ação da termociclagem que a resina Supreme.

O teste de Tukey (5%) indicou que o efeito de envelhecimento (indicado pela diminuição de resistência após a temociclagem) foi mais acentuado no adesivo que no Cojet, tanto na resina Supreme quanto na resina Tetric, Tabela 4.

Tabela 4 – Comparação das oito condições experimentais. Teste de Tukey (5%)

Resina	Envelhecimento	Médias (DP)	Grupos homogêneos*		
Supreme	Sem	52,19 (17,06)	A		
Supreme	TC	45,69 (12,76)		B	
Tetric	Sem	49,43 (15,64)	A	B	
Tetric	TC	37,6 (12,03)			C

Pode-se estabelecer assim que, independentemente do tratamento de superfície que: (i) a resina Tetric após termociclagem apresentou a menor resistência de união e (ii) a resina Supreme controle a maior resistência de união.

5.1.3 – Modo de falha

As falhas coesivas (%) para cada grupo foram distribuídas em um gráfico, Figura 7.

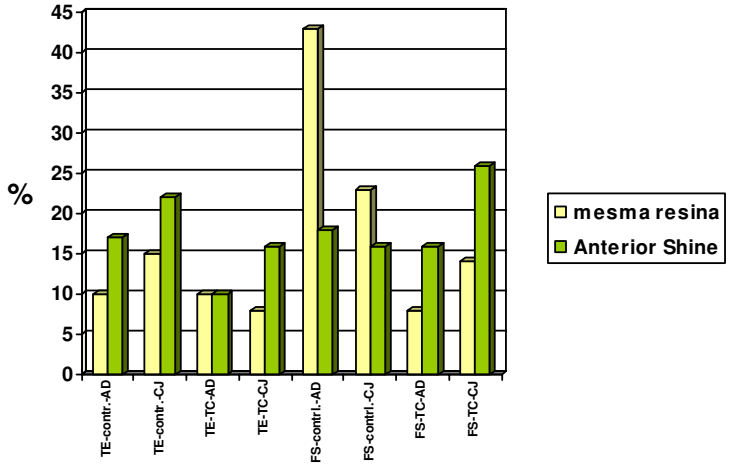

FIGURA 7 – Falhas coesivas em cada grupo de estudo para o teste de microtração. TE: Tetric, Contrl.: controle, TC: termociclado, AD: sistema adesivo, CJ: Cojet.

Com exceção do grupo Supreme, controle, sistema adesivo e reparo com Supreme, que apresentou alto índice, as falhas coesivas não exederam 25%. A predominância das falhas adesivas demonstra a capacidade do teste de microtração em testar a interface adesiva.

5.2 Avaliação da resistência de união dos reparos de resina composta segundo o teste de cisalhamento

A avaliação dos dados do teste de cisalhamento será realizada em duas partes: análise descritiva e análise inferencial.

5.2.1 Análise Descritiva

As medidas-resumo numéricas de cisalhamento (MPa) estão apresentadas (média±desvio padrão) para cada resina estudada, Tetric Evo Ceram ou Supreme, em cada condição experimental, nas Tabelas 5 e 6, respectivamente.

Tabela 5 – Resina Tetric Evo Ceram. Valores (MPa) de resistência ao cisalhamento (média±desvio padrão) dos dos reparos (Tetric Evo Ceram ou Anterior Shine) de acordo com o tratamento de superfície e o envelhecimento (controle ou termociclagem).

Tratamento de superfície	Controle		TC	
	Tetric	AS	Tetric	AS
Cojet	16,4±4,89	22,49±4,87	16,72±7,52	10±2,86
Adesivo	19,86±5,8	25,15±4,22	19,88±6,54	24,71±5,05

Tabela 6 – Resina Filtek Supreme. Valores (MPa) de resistência ao cisalhamento (média±desvio padrão) dos reparos (Filtek Supreme ou Anterior Shine) de acordo com o tratamento de superfície e o envelhecimento (controle ou termociclagem).

Tratamento de superfície	Controle		TC	
	Supreme	AS	Supreme	AS
Cojet	27,37±5,58	28,85±2,22	21,75±7,43	21,32±4,82
Adesivo	18,06±9,08	19,89±5,99	23,34±6,18	6,39±3,7

Por meio das médias apresentadas nas Tabelas 5 e 6, pode-se observar que, para resina composta Tetric, a resistência de união quando o Cojet foi utilizado não foi afetada após a termociclagem quando a mesma resina foi utilizada para o reparo, porém, foi afetada quando outro substrato foi adicionado. Quando o sistema adesivo foi aplicado, não houve queda da resistência de união após a termociclagem.

Para a resina Supreme, a resistência de união apresentou queda após termociclagem, com exceção do tratamento com adesivo associada a mesma resina utilizada para o reparo.

5.2.2 Análise Inferencial dos dados de cisalhamento

A análise inferencial dos dados de cisalhamento será apresentada em duas partes. A primeira analisa o efeito da resina de reparo em cada uma das oito condições experimentais e em seguida, a análise de variância foi aplicada para verificar o efeito dos fatores resina composta, envelhecimento e tratamento de superfície na resistência ao cisalhamento dos reparos das resinas compostas.

5.2.2.1 Análise do efeito resina composta de reparo

O efeito tipo de resina de reparo (mesma resina que o substrato ou resina composta Anterior Shine) em cada condição experimental foi avaliado utilizando-se o teste estatístico t-Student de amostras independentes (α=5%). O teste estatístico[i] indica haver diferença estatisticamente significante para três grupos: Tetric sem envelhecimento após a utilização do Cojet (Tetric 16,4±4,89; Anterior Shine: 22,49±4,87), Tetric termociclado após utilização do Cojet (Tetric: 16,72±7,52; Anterior Shine: 10±2,86) e Supreme termociclado após a utilização do sistema adesivo (Supreme: 23,34±6,18; Anterior Shine: 6,39±3,7).

Para Tetric, quando o Cojet foi utilizado, após a termociclagem, a utilização da mesma resina composta apresentou melhores resultados, enquanto para Supreme, não houve diferença na resina composta utilizada para reparo quando o Cojet foi utilizado. Já quando o sistema adesivo foi aplicado, Supreme reparada com o mesmo material

[i] Para análise detalhada, vide apêndice

restaurador apresentou melhores valores de resistência de união após a termociclagem.

5.2.2.2 Análise dos efeitos resina composta, envelhecimento e tratamento de superfície na resistência ao cisalhamento de reparo de resinas compostas

Para avaliar o efeito das três condições experimentais (resina, envelhecimento e tratamento de superfície), foi aplicado o teste estatístico ANOVA 3-fatores que indica que o efeito interação entre as três variáveis em estudo foi estatisticamente não significante (Tabela 7).

Tabela 7 – Tabela de análise de variância 3-fatores para os dados de resistência ao cisalhamento

Efeito	gl	SQ	QM	F	p-valor
Resina	1	101,87	101,87	2,30	0,1315
Envelhecimento	1	679,29	679,29	15,33	0,0001*
Tratamento de superfície	1	46,48	46,48	1,05	0,3074
Resina x Envelhecimento	1	59,73	59,73	1,35	0,2474
Resina x tratamento de superfície	1	1864,52	1864,52	42,08	0,0001*
Envelhecimento x tratamento de superfície	1	195,68	195,68	4,42	0,0372*
Resina x Envelhecimento x Tratamento de superfície	1	38,20	38,20	0,86	0,3546
Resíduo	152	6734,46	44,31		
Total	159	9720,24			

*p<0,05

Por meio do teste pode-se verificar que dois fatores foram estatisticamente significantes: o fator interação entre envelhecimento / tratamento de superfície e o fator interação resina composta / tratamento de superfície. Na Figura 8, pode-se observar que o relacionamento entre tratamento de superfície e resina sem termociclagem é o mesmo

relacionamento entre tratamento de superfície e resina após o envelhecimento.

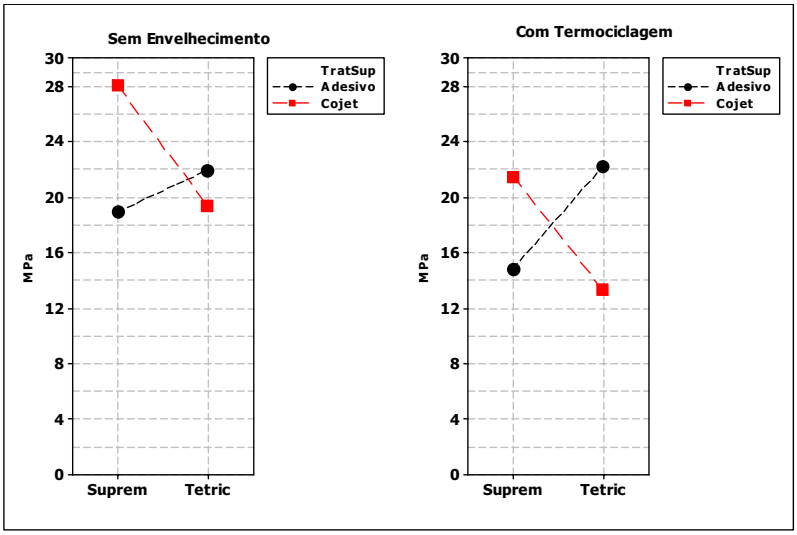

FIGURA 8 – Gráfico dos valores médios de cisalhamento referente às condições experimentais. Efeito do tratamento de superfície antes e após envelhecimento para cada resina estudada

O teste de Tukey de comparação múltipla de médias (Tabela 8) indicou que a condição controle associado ao Cojet difere da condição termociclado, sendo verificado que a resina Supreme sofreu maior redução comparada com a resina Tetric.

Tabela 8 – Comparação das oito condições experimentais. Teste de Tukey (5%)

Resina	Envelhecimento	Tratamento de superfície	Média	Grupos Homogêneos*		
Supreme	Controle	Cojet	28,112	A		
Supreme	Controle	Adesivo	18,972		B	C
Supreme	TC	Cojet	21,535		B	
Supreme	TC	Adesivo	14,864			C
Tetric	Controle	Cojet	19,444		B	C
Tetric	Controle	Adesivo	22,005	A	B	
Tetric	TC	Adesivo	22,295	A	B	
Tetric	TC	Cojet	13,356			C

* Médias seguidas de letras diferentes indicam diferença estatisticamente significante

Considerando-se a condição experimental tratamento associada à resina composta, na condição controle, para a resina Supreme, o Cojet foi superior ao sistema adesivo, e para a resina composta Tetric, não houve diferença estatisticamente significante entre os tratamentos de superfície. Após a termociclagem, para a resina Supreme, o Cojet foi mais efetivo que o adesivo, enquanto para a resina composta Tetric, o sistema adesivo foi mais efetivo que o Cojet.

5.2.3 – Modo de falha

As falhas coesivas (%) para cada grupo foram distribuídas em um gráfico, Figura 9.

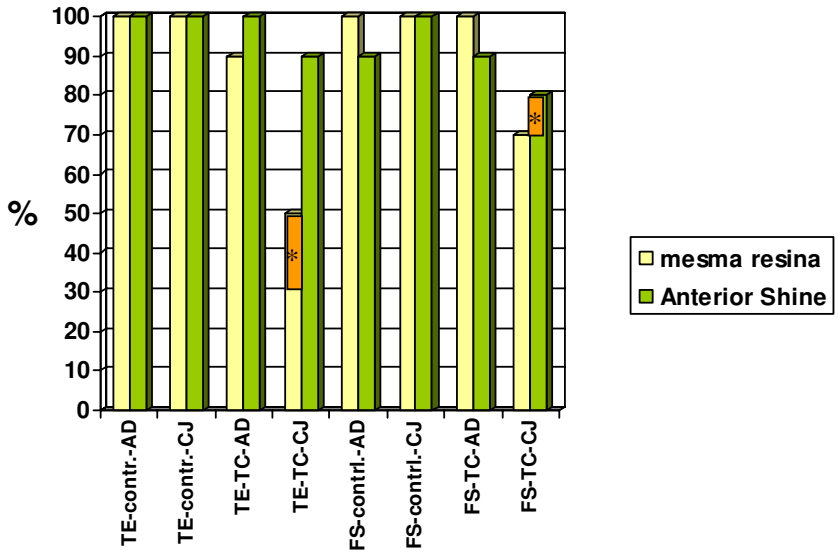

FIGURA 9 – Falhas coesivas em cada grupo de estudo para o teste de cisalhamento. TE: Tetric, Contrl.: controle, TC: termociclado, AD: sistema adesivo, CJ: Cojet, *: falhas coesivas na resina de reparo.

Houve uma predominância de fahas coesivas em todos os grupos testados, com exceção do grupo Tetric termociclado com tratamento superficial Cojet e reparado com a mesma resina.

5.3 Correlação entre Cisalhamento e Microtração

Foi realizado um diagrama de dispersão para a comparação dos valores médios encontrados nos dois testes de resistência de união, Figura 10.

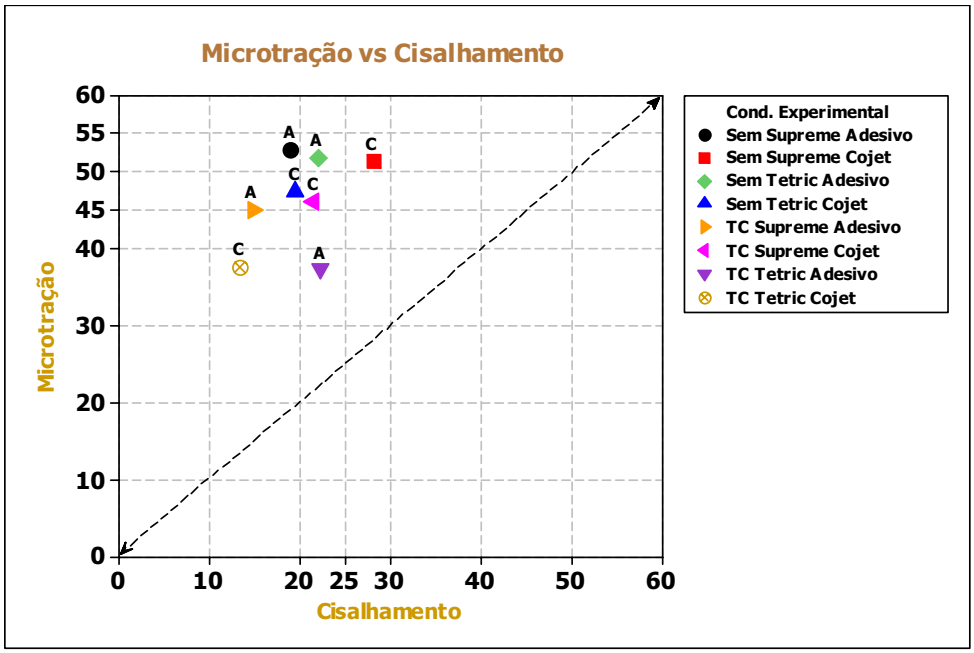

FIGURA 10 – Grafico de dispersão de médias para os dois ensaios empregados: cisalhamento e microtração. A: sistema adesivo, C: sistema Cojet, TC: termociclagem.

Por meio do diagrama de dispersão pode-se observar que os ensaios divergem quanto à integridade do material estabelecido pelo tipo de resina, pela condição do envelhecimento e do tratamento superficial. As oito condições experimentais são representadas por seus valores médios. Pode-se estabelecer as seguintes considerações:

(i) todos os valores médios obtidos no ensaio de cisalhamento se situam abaixo de 30MPa;

(ii) todos os valores médios obtidos no ensaio de microtração se situam acima de 30MPa;

(iii) nenhuma das condições experimentais tem o seu valor médio posicionado na linha de igualdade (a 45º) do diagrama de dispersão;

(iv) o valor de 45MPa obtido com a microtração é um valor divisório entre as condições controle e termociclagem.

5.4 Grau de conversão das resinas estudadas antes e após termociclagem

Os dados de grau de conversão obtidos estão dispostos na Figura 11.

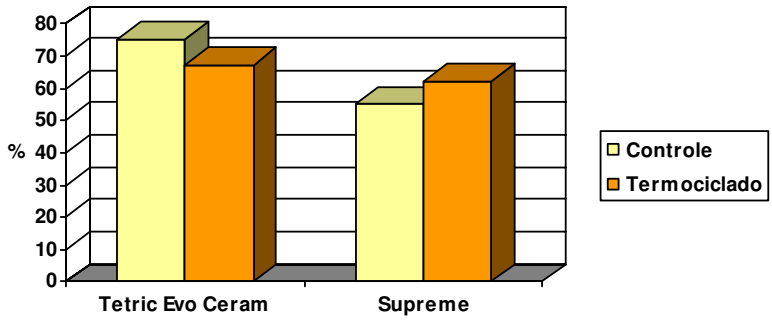

FIGURA 11 – Gráfico representando o grau de conversão das resinas compostas antes e após termociclagem

Um pequeno aumento no grau de conversão foi encontrado quando a resina composta Supreme foi termociclada. O oposto ocorreu para a resina Tetric.

5.5 Avaliação em MEV da superfície das resinas compostas após jateamento e antes e após termociclagem

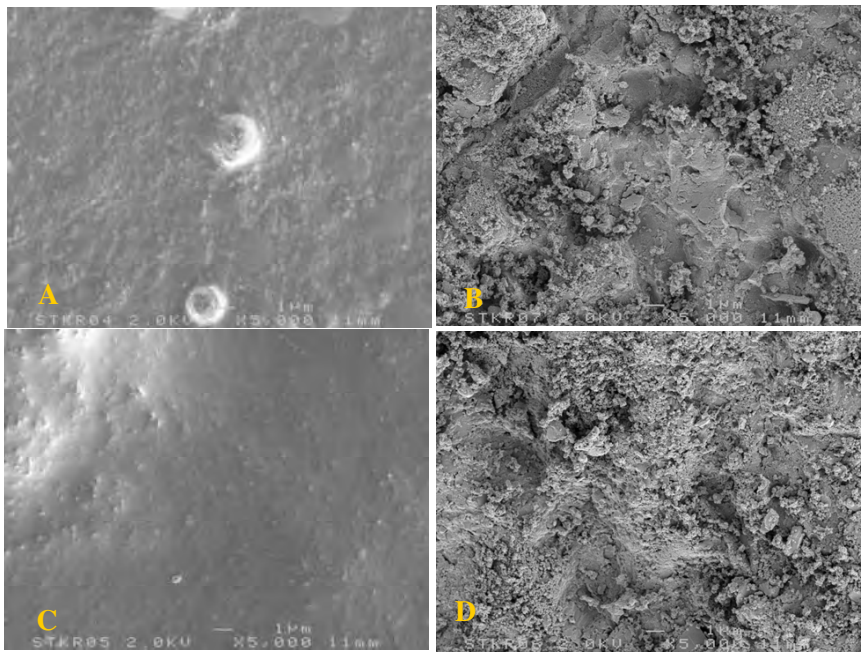

FIGURA 12 – Efeito do jateamento para as resinas compostas estudadas, avaliação em MEV. A) resina Supreme, B) resina Supreme após jateamento com Cojet, C) resina Tetric, D) resina Tetric após jateamento com Cojet

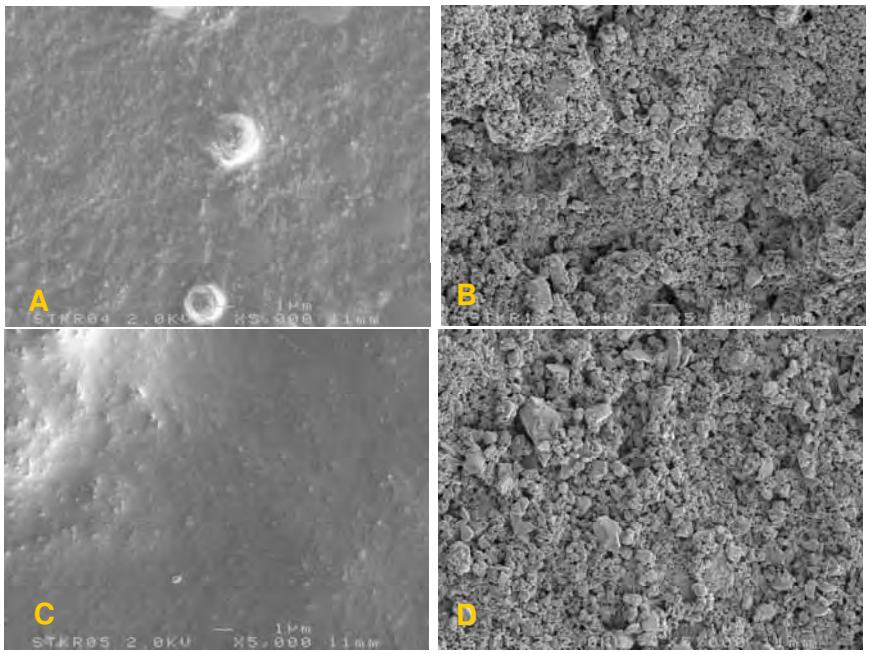

FIGURA 13 – Efeito da termociclagem para as resinas compostas estudadas, avaliação em MEV. A) resina Supreme antes da termociclagem, B) resina Supreme após termociclagem, C) resina Tetric antes da termociclagem, D) resina Tetric após termociclagem

6 **DISCUSSÃO**

Este estudo avaliou o efeito dos tratamentos superficiais sistema adesivo e jateamento com óxido de sílica modificado associado ao silano na resistência de união de reparos em resina nanoparticulada e nanohíbrida antes e após envelhecimento. Os resultados do estudo foram dependentes do tipo de teste de adesão utilizado, microtração ou cisalhamento. Tanto os valores obtidos quanto a distribuição dos resultados variou segundo o teste empregado.

O teste de cisalhamento tem sido amplamente utilizado para testar a resistência de união entre dentina e sistemas adesivos e entre reparo de resina e diferentes substratos. Porém, o cisalhamento não tem sido considerado o teste de resistência de união ideal, já que diferentes autores têm apresentado uma distribuição não uniforme da distribuição da carga [12 e 13]. O grande número de falhas coesivas encontrados nos resultados de estudos que empregam o cisalhamento, segundo Della Bona e Van Noort[13], pode ser explicado pela localização inicial da força, que ocorre no material do substrato, próximo à interface adesiva onde a carga é aplicada. Segundo DeHoff et al.[12], a concentração de tensão ocorre até 0,3 mm da aplicação da carga, com diminuição das forças ao longo da interface adesiva, provocando uma distribuição de forças não uniforme da carga aplicada. Versluis et al.[54] afirmam que variações nos resultados dos testes de cisalhamento são encontradas por inúmeros fatores tais como preparação do espécime, propriedades dos materiais empregados, condições de armazenagem e características do teste de cisalhamento. Os autores desenvolveram um modelo de elemento finito que comprova que as falhas coesivas que ocorrem no substrato e a alta variação dos resultados são decorrentes da mecânica do teste e de

fatores como velocidade da máquina e local de aplicação da carga. Segundo os autores, a falha coesiva da dentina não significa que a resistência de união ultrapassou sua resistência coesiva, como muitos autores afirmam, mas como consequência do teste empregado. No estudo de Della Bona e Van Noort[13], a falha foi coesiva, independente do material utilizado no substrato, decorrente da geração de forças de tração próximo à aplicação da carga. No presente estudo, as falhas encontradas na maioria dos espécimes foram coesivas no substrato o que indica que a resistência de união não foi propriamente avaliada.

Com a intenção de melhorar a distribuição do estresse durante o teste de resistência de união, o teste de microtração foi desenvolvido [34], com interface adesiva reduzida, por volta de 1 mm^2, o que favorece a fratura dos espécimes na interface entre os materiais, já que a interface apresenta menor possibilidade de defeitos estruturais tais como irregularidades da superfície, presença de bolhas e variação da espessura do agente adesivo. Diferentes estudos [37,36,41] demonstraram que existe uma relação inversa entre área adesiva e resistência de união. Esse fenômeno se deve à menor presença de defeitos nos espécimes [37] e melhor distribuição do estresse [34]. Segundo Phrukkanon et al.[36], a concentração do estresse é maior onde um defeito ou trinca inicia a propagação até a fratura do espécime. Logo, em áreas com menor probabilidade de existência de defeitos, a força necessária para propagação de uma trinca é maior.

Diversos estudos comparam os testes de microtração e cisalhamento. Van Noort et al.[52] afirmam que ambos os testes são dependentes da geometria utilizada, da natureza da aplicação da carga, da presença ou ausência de camada de adesivo e do tipo de material envolvido. Tais fatores contribuem para a variação dos dados obtidos em cada teste e entre os diferentes estudos na literatura. Os resultados obtidos no presente estudo foram dependentes do teste empregado, o que rejeita a primeira hipótese do trabalho. Enquanto o teste de

cisalhamento revelou que o tratamento de superfície foi dependente da resina composta utilizada, o teste de microtração não indicou diferença entre os tratamentos empregados. Portanto, uma correlação estatística entre os testes foi invalidada. Mesmo assim, a discussão dos resultados obtidos nos dois testes é a intenção deste trabalho.

Os valores médios obtidos no teste de microtração foram maiores comparados com os valores de cisalhamento, embora as falhas no cisalhamento tenham sido, na sua maioria, coesivas, e não representem os valores de resistência coesiva dos materiais resinosos, que giram em torno de 50 MPa. Logo, a geometria do teste provocou propagação de falhas no substrato com resistência bem inferior à do material. Diferentes autores obtiveram resultados semelhantes aos do presente estudo. Cavalcante et al.[7], Cardoso et al.[5] e Schreiner et al.[39], avaliando a união entre dentina e sistemas adesivos, obtiveram resultados diferentes quando a microtração ou o cisalhamento foram empregados, com resultados de adesão superiores para a microtração. Dündar et al.[16] avaliaram a resistência de união entre cerâmica de infraestrutura e cobertura, e observaram diferentes resultados quando os testes foram comparados, com uma maior concentração de falhas coesivas no cisalhamento.

O maior número de espécimes por grupo obtido na microtração, com maiores valores médios de resistência de união, provavelmente conseguiu diminuir a diferença entre os tratamentos de superfície em cada resina estudada. Os altos valores de união e a predominância de falhas adesivas encontrados no ensaio sugerem que esse teste tem melhor capacidade de avaliar a resistência de união dos os reparos de resina.

As resinas compostas nanoparticuladas foram introduzidas no mercado e apresentam propriedades mecânicas superiores das resinas híbridas. Compostas de semelhante matriz orgânica comparadas às híbridas (BisGMA, TEDMA, UDMA), apresentam nanopartículas isoladas

ou em aglomerados, o que determina maiores propriedades físicas e uma maior manutenção do polimento [57 e 58]. Não existe ainda relato do comportamento dessas resinas compostas em relação à resistência de reparo com a mesma resina ou com uma resina diferente à do substrato. Não houve diferença entre as resinas Tetric e Supreme quando utilizadas no substrato, o que nos permite verificar a semelhança entre elas no que diz respeito à resistência de união de reparos, o que leva a aceitar a segunda hipótese do trabalho.

Os tratamentos superficiais indicados para o reparo das resinas compostas podem ser divididos em mecânicos, tais como asperização, jateamento e cobertura da superfície, ou químicos, como ácidos, silanos e sistemas adesivos [19 e 21].

Embora o teste de cisalhamento tenha apresentado um efeito de interação entre o tratamento de superfície e a resina composta estudada, sendo que o Cojet apresentou melhores resultados para a resina Supreme e o sistema adesivo os melhores resultados para a resina Tetric, o teste de microtração demonstrou não haver diferença no tratamento de superfície empregado. Para o teste de cisalhamento, a terceira hipótese do trabalho foi rejeitada; porém, para o teste de microtração, ela foi aceita.

Dentre os jateamentos, o óxido de alumínio apresentou melhores resultados de resistência adesiva comparado com outros métodos em diferentes estudos [31,48,49], pois promoveu microretenções na superfície da resina, o que aumentou a habilidade da nova resina composta em penetrar mecanicamente, pelo aumento da área disponível para a adesão micro-mecânica. Além disso, essas retenções favorecem a molhabilidade da superfície, o que permite uma melhor adaptação da resina composta. Muitos autores consideram a retenção mecânica como um dos fatores primordiais para uma adequada resistência de união dos reparos de resina [40 e 44].

O tratamento triboquímico, que consiste no jateamento de óxido de alumínio modificado por sílica, promove microretenções na superfície e uma cobertura de sílica, apresentou valores superiores de resistência adesiva em reparos de cerâmica e metal e possui sua indicação fundamentada na literatura [19, 29, 47]. Segundo Özcan[29], testes de resistência ao cisalhamento, compressão e tração revelaram o aumento da resistência adesiva quando esse tratamento foi realizado comparado com a asperização da superfície do metal, mesmo depois de um ano de armazenamento e termociclagem. O sistema Cojet, utilizado nesse estudo, é basedo na deposição de sílica na superfície por meio do jateamento com 30μm Al_2O_3 modificada com ácido sílico (CoJet-Sand). A superfície é então coberta com um silano que a torna mais reativa [17,28,47]. Nesse estudo, os valores de resistência adesiva quando o Cojet foi utilizado foram semelhantes ao sistema adesivo antes e após envelhecimento, quando o teste de microtração foi aplicado. Se no estudo de Frankenberger et al.[19] os valores de resistência à fadiga de resina reparada após o uso de jateamento de sílica ou brocas carbide foram semelhantes, Boushchlicher el at.[3] encontraram melhores resultados com o uso do Cojet. No primeiro estudo, o silano não foi aplicado, o que pode ter prejudicado o desempenho do tratamento da superfície. Özcan et al.[30] compararam o uso do Cojet ao uso do sistema adesivo no reparo de resina microparticulada e observaram que o jateamento foi superior ao sistema adesivo após diversos processos de envelhecimento. Os valores de resistência de união foram semelhantes aos do presente estudo quando o Cojet foi utilizado, porém inferiores quando o sistema adesivo foi aplicado. Os altos valores de união, antes da termociclagem, são esperados, já que a resina composta não sofreu qualquer dano decorrente do envelhecimento. Porém, os valores semelhantes de união entre os sistemas Cojet e adesivo após a termociclagem demonstram que a ligação química dos sistemas adesivos é semelhante ao jateamento seguido de cobertura de sílica. As

imagens da superfície encontradas no MEV revelaram diferente topografia quando o jateamento foi realizado. Uma superfície rugosa, que favorece a retenção micromecânica, foi criada. Esse padrão topográfico favorece ainda o aumento da energia pela deposição de sílica na superfície; porém, como descrito previamente, essa alteração superficial não influenciou a resistência de união dos reparos.

Após o jateamento com óxido de alumínio modificado por sílica, foi aplicado γ-MPS silano na superfície da resina. Os silanos são moléculas com dois grupos funcionais: o silanol, que se adere à sílica das partículas inorgânicas da resina, e o organofuncional, que se conecta ao metacrilato do sistema adesivo. Assim, consegue-se estabelecer uma ligação covalente entre os monômeros do sistema adesivo e as partículas inorgânicas da resina composta que, após os procedimentos de acabamento e envelhecimento, perderam a camada de silano que inicialmente as envolvia. Além disso, o silano também aumenta a molhabilidade do sistema adesivo, que se infiltra com maior facilidade nas irregularidades criadas pelo jateamento. Embora alguns trabalhos não apresentem diferença significante na resistência adesiva quando utilizados em reparos de resina composta [3, 25, 48], outros observaram um aumento da resistência adesiva com o uso do silano[3, 21, 43]. Segundo Söderholm[44], o desgaste da superfície da resina expõe partículas inorgânicas livres de silano, o que impossibilita a adesão química às novas camadas de resina composta. O autor observou, após seis meses de armazenamento, que os espécimes reparados com silano apresentaram a mesma resistência à flexão comparados aos espécimes que não receberam reparo, ou seja, os mesmos valores de resistência coesiva. Hisamatsu et al.[21] também apresentaram resultados similares à resistência coesiva nas condições de associação de silanos aos sistemas adesivos no reparo de resinas compostas. A sílica presente na superfície da resina composta pode formar adesão química, ligações covalentes entre os grupos hidroxila e os grupos silanol do silano. Os grupos

metacrilatos do silanos γ-MPS formam ligações covalentes com a resina composta.

O uso dos sistemas adesivos tem sido recomendado para o aumento da resistência de união de reparo [11, 19, 31, 40]. Os sistemas adesivos são utilizados com o objetivo da penetração de monômeros na superfície da resina composta e criação de uma camada não polimerizada pela inibição do oxigênio, o que permite a adesão de novas camadas de resina composta[46]. Os trabalhos que avaliam a influência dos diferentes sistemas adesivos disponíveis no mercado para o reparo de resina composta apresentam valores de resistência dependentes do tipo de adesivo empregado [4 e 14]. Os sistemas adesivos empregados foram os correspondentes às resinas de reparo. Enquanto o sistema Multilink, referente à resina composta Tetric, e o sistema Quadrant UniBond, referente à resina Anterior Shine, são compostos por HEMA, o sistema Adper, referente à Supreme, é composto por BisGMA. Os altos valores obtidos quando o sistema adesivo foi empregado devem-se à ligação química entre a sílica presente nas partículas e o sistema adesivo. A grande quantidade de partículas nanométricas na superfície das resinas estudadas provavelmente favoreceu a adesão ao sistema adesivo. Inúmeros trabalhos apresentam alta resistência de união de reparo de resina quando o sistema adesivo foi empregado e corroboram com o presente estudo. Cavalcanti et al.[8 e 9] não observaram diferença na resistência à microtração e à microinfiltração quando reparos em resina foram realizados após jateamento com óxido de alumínio ou aplicação do sistema adesivo; porém, outros estudos apresentam resistência de união superior quando o jateamento com óxido de alumínio ou sistema Cojet foi utilizado [24, 31, 48, 49].

Embora Öztas et al.[31] afirmem que o reparo com resinas com diferentes matrizes orgânicas afete a resistência de união, a resina utilizada para o reparo não apresentou um padrão de diferença estatística e apresentou resultados diferentes quando os testes de microtração e

cisalhamento foram aplicados. No teste de microtração, entre as oito condições, apenas uma foi estatisticamente significante, podendo assim considerar que a resina de reparo não influencia a resistência de união. Portanto, pode-se concluir que a união se dá especialmente no sistema adesivo aplicado, onde os grupos fosfatos presentes na composição dos adesivos são capazes de ligar dois substratos com diferentes composições de matriz orgânica (TEGDMA e UDMA) e partículas de carga, o que nos leva a aceitar parcialmente a quarta hipótese do trabalho.

Apesar do ácido fosfórico ser prontamente indicado em associação aos sistemas adesivos nos tecidos dentais, nos reparos de resina não causam aumento da resistência adesiva [2]. Embora César et al.[10] tenham observado em microscopia que o ácido fosfórico não promoveu mudança nas características da superfície, Kula et al.[22] observaram decomposição das partículas inorgânicas após imersão de resina composta em APF, a qual foi relacionada à presença do ácido fosfórico na composição do gel. Não foi observada diferença entre o uso do ácido com adesivo ou só o ácido nos estudos de César et al.[10], Cavalcanti et al.[8] e Bonstein et al[2]. Portanto, o ácido fosfórico não foi utilizado neste estudo.

Quando uma camada de resina é adicionada a outra imediatamente após a fotopolimerização, a união entre elas ocorre devido à inibição de polimerização na superfície pela presença de oxigênio que permite que grupos metacrilatos não reagidos da camada de dispersão se adiram ao novo incremento de resina. Os valores adesivos entre as camadas de resina podem ser considerados a resistência coesiva do material. Alguns estudos compararam a resistência coesiva das resinas compostas ao reparo desses materiais após procedimentos de envelhecimento da resina. Os valores para os reparos variaram entre 30 a 82% [4,44,48,49] em comparação com a resistência coesiva. A diminuição da adesividade se deve ao fato da diminuição dos grupos metacrilatos não

reagidos com o passar do tempo e à intervenção de instrumentos para o polimento das resinas compostas que acelera a diminuição dos grupos reativos [53] e expõe as partículas inorgânicas da superfície que não possuem a propriedade de adesão. Segundo Øysaed et al.[32], os monômeros residuais são o principal componente liberado após a polimerização da resina durante os 7 primeiros dias, resultando em uma diminuição das ligações cruzadas.

Nesse estudo, a resistência de união foi diminuída após a termociclagem, em ambos os testes de resistência de união. Ao analisar as imagens do MEV, pode-se observar que existe deterioração da superfície das resinas estudadas, demonstrando que a danificação da estrutura afeta a capacidade de união das resinas compostas. Esses resultados corroboram com o estudo realizado anteriormente[30], que avaliou diversos processos de envelhecimento e concluiu que a termociclagem foi o meio mais agressivo. Não existe uma padronização nos métodos para a simulação do envelhecimento das resinas compostas a serem reparadas, entre eles asperização da superfície com lixas [14,38,48], armazenamento em água por diferentes períodos que variam entre 7 dias a 1 ano [1,10,14,19,40,48]. No presente estudo, a termociclagem foi utilizada como processo de envelhecimento das resinas compostas. A absorção de água tem um efeito deletério na integridade estrutural e física das resinas, incluindo resistência flexural e de reparo [15 e 45]. Existe uma diminuição da resistência coesiva do material devido à ocorrência de degradação hidrolítica [38,43,45,53] por meio do processo de oxidação e/ou hidrólise. A absorção de água é influenciada pela sua afinidade aos grupos hidroxil presentes na matriz orgânica (Bis-GMA principalmente), criando a adesão do hidrogênio com a água. Existe uma degradação progressiva da microestrutura por meio de formação de poros, onde oligômeros, monômeros residuais, produtos da degradação e aditivos podem ser liberados [18 e 27]. O estudo de Ortengren et al.[27] observou que o TEGMA foi o monômero mais liberado. Segundo Söderholm et al.[45], a degradação

hidrolítica promove a perda de quartzo e sílica, além da formação de trincas na matriz.

A análise do grau de conversão revela não haver aumento significativo no grau de conversão após período de armazenagem, o que nos leva a aceitar a quinta hipótese do trabalho. A diminuição da resistência de união se deve, principalmente, pelo efeito deletério da termociclagem na superfície da resina composta, e não pela diminuição dos monômeros residuais da superfície.

A termociclagem parece acelerar o processo de degradação da resina composta. White e Golshanara[55] afirmam que um pequeno número de ciclos tende a aumentar a resistência de união, já que o calor promove melhora da polimerização; porém, ciclos adicionais parecem criar uma tendência logarítmica, onde o aumento de 10X do número de ciclos resulta na perda de aproximadamente 2MPa. Segundo Carrilho et al.[6], a sensibilidade dos materiais resinosos depende da natureza dos monômeros constituintes da matriz, grau de polimerização, grau de conversão, presença de partículas orgânicas e volume e tamanho dos poros internos.

A associação da termociclagem aos trabalhos laboratoriais é importante, pois pode modificar consideravelmente o *ranking* dos materiais testados [55]. *In vivo*, entretanto, vários fatores adicionais, incluindo força mecânica durante a mastigação, hidrólise e envelhecimento dos materiais adesivos, auxiliam ainda mais na diminuição da resistência de união. Assim, a termociclagem deve ser apenas um dos instrumentos na performance das interfaces de união sob estresses hidrotérmicos padronizados [56]. Muitos estudos têm demonstrado a diminuição da resistência adesiva após a termociclagem [30,44].

As falhas no teste de cisalhamento foram predominantemente coesivas e sem relação com o valor médio obtido em cada grupo, e demonstram que o tipo de falha está associado à distribuição das forças

durante o teste. Já no teste de microtração, as falhas coesivas variaram entre 10 e 25%. Na microtração, as falhas coesivas podem estar relacionadas à presença de defeitos, microfraturas ou enfraquecimento da matriz orgânica como resultado da contração de polimerização. Entretanto, essas falhas e microdefeitos não podem ser diferenciados como causa, efeito ou resultantes da carga aplicada durante o teste [31 e 51].

No presente estudo, a resistência adesiva dos reparos de resina foi testada após 24h do reparo. Futuros estudos deverão ser realizados para verificação do efeito da termociclagem e armazenagem em ambiente úmido na resistência de união de reparos de resinas compostas. Com base nos resultados do estudo pode-se verificar que os resultados dependem do teste de resistência de união empregado. O tratamento de superfície não influenciou a resistência de união dos reparos de resina; porém, o envelhecimento do substrato afeta negativamente a resistência de união de uma nova camada de resina.

7 CONCLUSÕES

Diante dos resultados encontrados no trabalho, podemos concluir que:

1. O teste utilizado, cisalhamento ou microtração, influenciou a resistência de união dos reparos de resina;
2. As resinas compostas de substrato testadas, Tetric Evo Ceram e Filtek Supreme, determinaram semelhante resistência de união dos reparos;
3. Enquanto o teste de cisalhamento revelou que o tratamento de superfície foi dependente da resina composta de substrato utilizada, o teste de microtração não revelou diferença entre os tratamentos de superfície testados;
4. O tipo de resina composta utilizada para a realização do reparo não influenciou a resistência de união;
5. A quantidade de conversão dos monômeros das resinas não alterou-se após a termociclagem.

REFERÊNCIAS[*]

1. Blum IR, Schriever A, Heidemann D, Mjor 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 Feb., 7(1):41-8.
2. Bonstein T, Garlapo D, Donarummo J Jr, Bush PJ. Evaluation of varied repair protocols applied to aged composite resin. J Adhes Dent. 2005 Spring;7(1):41-9.
3. Bouschlicher M, Reinhardt JW, Vargas MA. Surface treatment techniques for resin composite repair. Am J Dent. 1997 Dec., 10(6):279-83.
4. Boyer DB, Chan KC, Reinhardt JW. Build-up and repair of light-cured composites: bond strength. J Dent Res. 1984 Oct. 63(10):1241-4.
5. Cardoso PE, Braga RR, Carrilho MR. Evaluation of micro-tensile, shear and tensile tests determining the bond strength of three adhesive systems. Dent Mater. 1998 Nov;14(6):394-8.
6. Carrilho MR, Carvalho RM, Tay FR, Yiu C, Pashley DH. Durability of resin-dentin bonds related to water and oil storage. Am J Dent. 2005 Dec;18(6):315-9.
7. Cavalcante LM, Erhardt MC, Bedran-de-Castro AK, Pimenta LA, Ambrosano GM. Influence of different tests used to measure the bond strength to dentin of two adhesive systems. Am J Dent. 2006 Feb;19(1):37-40.

- Baseado em:

International Comité of Medical Journal Editors. Bibliographic Services Division. Uniform requirements for manuscripts submitted to biomedical journals: simple referents [homepage na internet]. Bethesda: US Nacional Library; c2003 [disponibilidade em 2006 fev; citado em 20 mar.]. Disponível em : http://www.nilm.nih.gov/bsd/uniform_requeriments.html

8. Cavalcanti AN, De Lima AF, Peris AR, Mitsui FH, Marchi GM. Effect of surface treatments and bonding agents on the bond strength of repaired composites. J Esthet Restor Dent. 2007;19(2):90-8
9. Cavalcanti AN, Lobo MM, Fontes CM, Liporoni P, Mathias P. Microleakage at the composite-repair interface: effect of different surface treatment methods. Oper Dent. 2005 Jan-Feb;30(1):113-7.
10. Cesar PF, Meyer Faara PM, Miwa Caldart R, Gastaldoni Jaeger R, da Cunha Ribeiro F. Tensile bond strength of composite repairs on Artglass using different surface treatments. Am J Dent. 2001 Dec., 14(6):373-7.
11. Chan KC, Boyer DB. Repair of conventional and microfilled composite resins. J Prosthet Dent. 1983 Sep;50(3):345-50.
12. DeHoff PH, Anusavice KJ, Wang Z. Three-dimensional finite element analysis of the shear bond test. Dent Mater. 1995 Mar;11(2):126-31.
13. Della Bona A, van Noort R. Shear vs. tensile bond strength of resin composite bonded to ceramic. J Dent Res. 1995 Sep;74(9):1591-6.
14. Dias WR, Ritter AV, Swift Jr EJ. Repairability of a packable resin-based composite using different adhesives. Am J Dent. 2003 June, 16(3):181-5.
15. Drummond JL, Savers EE. In vitro aging of a heat/pressure-cured composite. Dent Mater. 1993 May;9(3):214-6.
16. Dundar M, Ozcan M, Gokce B, Comlekoglu E, Leite F, Valandro LF. Comparison of two bond strength testing methodologies for bilayered all-ceramics. Dent Mater. 2007 May;23(5):630-6.
17. Edelhoff D, Marx R, Spiekermann H, Yildirim M. Clinical use of an intraoral silicoating technique. J Esthet Restor Dent. 2001;13(6):350-6.
18. Ferracane JL, Condon JR. Rate of elution of leachable components from composite. Dent Mater. 1990 Oct., 6(4):282-7.

19. Frankenberger R, Kramer N, Ebert J, Lohbauer U, Kappel S, et al. Fatigue behavior of the resin-resin bond of partially replaced resin-based composite restorations. Am J Dent. 2003 Feb., 16(1):7-22.
20. Gordan VV, Mjor IA, Blum IR, Wilson N. Teaching students the repair of resin-based composite restorations: a survey of North American dental schools. J Am Dent Assoc. 2003 Mar., 134(3):317-23.
21. Hisamatsu N, Atsuta M, Matsumura H. Effect of silane *primer*s and unfilled resin bonding agents on repair bond strength of a prosthodontic microfilled composite. J Oral Rehabil. 2002 July, 29(7):644-8.
22. Kula K, Nelson S, Kula T, Thompson V. In vitro effect of acidulated phosphate fluoride gel on the surface of composites with different filler particles. J Prosthet Dent. 1986 Aug., 56(2):161-9.
23. Lewis G, Johnson W, Martin W, Canerdy A, Claburn C, et al. Shear bond strength of immediately repaired light-cured composite resin restorations. Oper Dent. 1998 Mar.-Apr., 23(2):121-7.
24. Lucena-Martin C, Gonzalez-Lopez S, Mondelo JM. The effect of various surface treatments and bonding agents on the repaired strength of heat-treated composites. J Prosthet Dent. 2001 Nov., 86(5):481-8.
25. Matinlinna JP, Lassila LV, Ozcan M, Yli-Urpo A, Vallittu PK. An introduction to silanes and their clinical applications in dentistry. Int J Prosthodont. 2004 Mar.-Apr., 17(2):155-64.
26. Mjor IA, Moorhead JE, Dahl JE. Selection of restorative materials in permanent teeth in general dental practice. Acta Odontol Scand. 1999 Oct., 57(5):257-62.
27. Ortengren U, Wellendorf H, Karlsson S, Ruyter IE. Water sorption and solubility of dental composites and identification of monomers released in an aqueous environment. J Oral Rehabil. 2001 Dec., 28(12):1106-15.

28. Özcan M. The use of chairside silica coating for different dental applications: a clinical report. J Prosthet Dent. 2002 May, 87(5):469-72.
29. Özcan M. Evaluation of alternative intra-oral repair techniques for fractured ceramic-fused-to-metal restorations. J Oral Rehabil. 2003 Feb., 30(2):194-203.
30. Özcan, M, Barbosa SH, Melo RM, Galhano GA, Bottino MA. Effect of surface conditioning methods on the bond strength of composite to composite after aging conditions. Dent Mat., 2006 doi:10.1016/j.dental.2006.11.007.
31. Oztas N, Alacam A, Bardakcy Y. The effect of air abrasion with two new bonding agents on composite repair. Oper Dent. 2003 Mar.-Apr., 28(2):149-54.
32. Oysaed H, Ruyter I.E, Sjovik-Kleven IJ. Release of formaldehyde from dental composites. J Dent Res. 1988 Oct., 67(10):1289-94.
33. Papacchini F, Dall'Oca S, Chieffi N, Goracci C, Sadek FT, Suh BI, Tay FR, Ferrari M. Composite-to-composite microtensile bond strength in the repair of a microfilled hybrid resin: effect of surface treatment and oxygen inhibition. J Adhes Dent. 2007 Feb;9(1):25-31.
34. Pashley DH, Carvalho RM, Sano H, Nakajima M, Yoshiyama M, et al. The microtensile bond test: a review. J Adhes Dent. 1999 Winter, 1(4):299-309.
35. Pianelli C, Devaux J, Bebelman S, Leloup G. The micro-Raman spectroscopy, a useful tool to determine the degree of conversion of light-activated composite resins. J Biomed Mater Res. 1999, 48(5):675-81.
36. Phrukkanon S, Burrow M.F, Tyas MJ. The influence of cross-sectional shape and surface area on the microtensile bond test. Dent Mater. 1998 June , 14(3):212-21.

37. Sano H, Shono T, Sonoda H, Takatsu T, Ciucchi B, et al. Relationship between surface area for adhesion and tensile bond strength--evaluation of a micro-tensile bond test. Dent Mater. 1994 July, 10(4):236-40.
38. Sau CW, Oh GS, Koh H, Chee CS, Lim CC. Shear bond strength of repaired composite resins using a hybrid composite resin. Oper Dent. 1999 May-Jun., 24(3):156-61.
39. Schreiner RF, Chappell RP, Glaros AG, Eick JD. Microtensile testing of dentin adhesives. Dent Mater. 1998 Jun;14(3):194-201.
40. Shahdad SA, Kennedy JG. Bond strength of repaired anterior composite resins: an in vitro study. J Dent. 1998 Nov., 26(8):685-94.
41. Shono Y, Terashita M, Pashley EL, Brewer PD, Pashley DH. Effects of cross-sectional area on resin-enamel tensile bond strength. Dent Mater. 1997 Sep;13(5):290-6.
42. Soares LE, Martin AA, Pinheiro AL, Pacheco MT. Vicker's hardness and Raman spectroscopy evaluation of a dental composite cured by an argon laser and a halogen lamp. J Biomed Opt. 2004 May-June , 9(3):601-8.
43. Soderholm KJ. Flexure strength of repaired dental composites. Scand J Dent Res. 1986 Aug., 94(4):364-9.
44. Soderholm KJ, Roberts MJ. Influence of water exposure on the tensile strength of composites. J Dent Res. 1990 Dec., 69(12):1812-6.
45. Soderholm KJ, Zigan M, Ragan M, Fischlschweiger W, Bergman M. Hydrolytic degradation of dental composites. J Dent Res. 1984 Oct., 63(10):1248-54.
46. Suh BI. Oxygen-inhibited layer in adhesion dentistry. J Esthet Restor Dent. 2004 16(5):316-23.

47. Sun R, Suansuwan N, Kilpatrick N, Swain M. Characterisation of tribochemically assisted bonding of composite resin to porcelain and metal. J Dent. 2000 Aug., 28(6):441-5.
48. Swift Jr EJ, Cloe BC, Boyer DB. Effect of a silane coupling agent on composite repair strengths. Am J Dent. 1994 Aug., 7(4):200-2.
49. Swift Jr EJ, LeValley BD, Boyer DB. Evaluation of new methods for composite repair. Dent Mater. 1992 Nov., 8(6):362-5.
50. Taira Y. Matsumura H, Yoshida K, Tanaka T, Atsuta M. Influence of surface oxidation of titanium on adhesion. J Dent. 1998 Jan., 26(1):69-73.
51. Turner CW, Mieirs JC. Repair of an aged, contaminated indirect composite resin with a direct, visible-light-cured composite resin. Oper Dent. 1993 Sept.-Oct., 18(5):187-94.
52. Van Noort R, Noroozi S, Howard IC, Cardew G. A critique of bond strength measurements. J Dent. 1989 Apr., 17(2):61-7.
53. Vankerckhoven H, Lambrechts P, van Beylen M, Davidson CL, Vanherle G. Unreacted methacrylate groups on the surfaces of composite resins. J Dent Res. 1982 June, 61(6):791-5.
54. Versluis A, Tantbirojn D, Douglas WH. Why do shear bond tests pull out dentin? J Dent Res. 1997 June, 76(6):1298-307.
55. White SN, Golshanara A. Fatigue of resin cement-base metal alloy bond strength. J Prosthodont 1996; 5:253-258.
56. Yanagida H, Matsumura H, Taira Y, Atsuta M, Shimoe S. Adhesive bonding of composite material to cast titanium with varying surface preparations. J Oral Rehabil. 2002 Feb., 29(2):121-6.
57. Yap AU, Tan CH, Chung SM. Wear behavior of new composite restoratives. Oper Dent. 2004 May-June, 29(3):269-74.
58. Yap AU. Lim LY, Yang TY, Ali A, Chung SM. Influence of dietary solvents on strength of nanofill and ormocer composites. Oper Dent. 2005 Jan.-Feb., 30(1):129-33.

APÊNDICE

Tabela 9 – Teste t-Student para o efeito do tipo de resina de reparo para cada condição experimental, resina Tetric Evo Ceram, teste de cisalhamento

TETRIC EVO CERAM						
Envelhecimento	Cojet		p	Adesivo		p
	Tetric	AS		Tetric	AS	
contole	16,4±4,89	22,49±4,87	0,013*	19,86±5,8	25,15±4,22	0,076
TC	16,72±7,52	10±2,86	0,023*	19,88±6,54	24,71±5,05	0,083

*Diferença estatísticamente significante

Tabela 10 – Teste t-Student para o efeito do tipo de resina de reparo para cada condição experimental, resina Filtek Supreme, teste de cisalhamento

FILTEK SUPREME						
Envelhecimento	Cojet		p	Adesivo		p
	Supreme	AS		Supreme	AS	
contole	27,37±5,58	28,85±2,22	0,451	18,06±9,08	19,89±5,99	0,602
TC	21,75±7,43	21,32±4,82	0,088	23,34±6,18	6,39±3,7	0,001*

*Diferença estatísticamente significante

Tabela 11 – Teste ANOVA 2-fatores para o efeito do tipo de resina de reparo para cada condição experimental, resina Tetric Evo Ceram, teste de microtração

TETRIC EVO CERAM						
Envelhecimento	Cojet		p	Adesivo		p
	Tetric	AS		Tetric	AS	
Contole	47,74±13,17	47,27±14,07	0,863	53,72±19,29	50,32±16,51	0,346
TC	38,14±9,59	37,41±8,36	0,907	32,30±8,68	42,40±16,62	0,005*

*Diferença estatísticamente significante

Tabela 12 – Teste ANOVA 2-fatores para o efeito do tipo de resina de reparo para cada condição experimental, resina Filtek Supreme, teste de microtração

FILTEK SUPREME						
Envelhecimento	Cojet		p	Adesivo		p
	Supreme	AS		Supreme	AS	
Contole	51,34±13,48	51,72±16,29	0,823	53,53±21,14	52,75±18,95	0,865
TC	45,18±10,53	47,87±12,32	0,310	43,89±15,79	46,24±12,68	0,285

Tabela 13 – Número de palitos, média e desvio padrão para as condições experimentais estudadas

Resina	Envelhecimento	Tratamento de superfície	Reparo	Média (MPa)	Desvio padrão	Número de palitos
supreme	sem	adesivo	anterior	52.7521	18.9556	39
supreme	sem	adesivo	supreme	53.5391	21.1414	23
supreme	sem	cojet	anterior	51.7242	16.2904	43
supreme	sem	cojet	supreme	51.3472	13.4846	39
supreme	TC	adesivo	anterior	46.2414	12.6885	44
supreme	TC	adesivo	supreme	43.8908	15.7964	37
supreme	TC	cojet	anterior	47.8790	12.3218	31
supreme	TC	cojet	supreme	45.1804	10.5375	50
tetric	sem	adesivo	anterior	50.3298	16.5137	41
tetric	sem	adesivo	Tetric	53.7285	19.2919	34
tetric	sem	cojet	anterior	47.2739	14.0714	44
tetric	sem	cojet	Tetric	47.7498	13.1712	52
tetric	TC	adesivo	anterior	42.4022	16.6232	41
tetric	TC	adesivo	Tetric	32.3070	8.6813	40
tetric	TC	cojet	anterior	37.4145	8.3648	31
tetric	TC	cojet	Tetric	38.1418	9.5915	38

Barbosa SH. *Effect of two surface conditioning bond strength of nanofill composite repair before and after aging conditions* [thesis]. São José dos Campos: School of São José dos Campos. UNESP – São Paulo State University; 2007.

ABSTRACT

This study evaluated the effect of 2 different surface conditioning methods on the bond strength of nanofilled composites before and after aging conditions. Blocks (N=160) were prepared from composites namely, Tetric EvoCeram (TE) (Ivoclar) or Filtek Supreme (FS) (3M ESPE) and randomly divided into 2 groups: a) control (no aging); b) thermocycling (TC) (x5000, 5-55°C). The specimens were further assigned to two surface-conditioning methods: (1) Silica-coating (CoJet, 3M ESPE)+silane (ESPE-Sil), (2) Adhesive resin (A). As repair composites either the same material was used as the substrate (FS or TE) or a microhybrid one (Quadrant Anterior Shine, Cavex-QA). The specimens were submitted to either microtensile or shear bond test (1mm/min). Data (MPa±SD) were analyzed using Student t-test, two-way ANOVA and Tukey's test. Microtensile test showed significant effect of the composite type ($p<0.001$) and the aging condition ($p<0.001$). After TC aging, TE composite (37.6±12) showed significantly lower ($p<0.05$) microtensile bond strength results than FS (45.7±12.8). TC decreased the bond strength results both for TE and FS when compared to the non-aged control group (49.4±15.6 and 52.2±17.1, respectively). The choice of repair composite (TE, FS, QA) did not significantly affect the results ($p>0.05$). When shear test was employed on TC aged, repaired specimens, silica coating and silanization significantly increased the bond strength for FS (21.5) when compared to adhesive resin application (14.8) ($p<0.001$) but for TE, adhesive resin (22.29) was more effective than silica coating (13.35) ($p>0.05$).

KEYWORDS: Composite resin; repair; surface conditioning; shear bond strength, microtensile bond strength.