

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
Faculdade de Ciências de Saúde
Programa de Pós-Graduação em Odontologia



Tese de Doutorado

**ESTRATÉGIAS DE REPARO PARA CERÂMICAS DE DISSILICATO DE
LÍTIO: UMA REVISÃO DE ESCOPO E AVALIAÇÃO IN VITRO.**

Uriel Paulo Coelho Silva

Brasília, 29 de agosto de 2025.

Uriel Paulo Coelho Silva

**ESTRATÉGIAS DE REPARO PARA CERÂMICAS DE DISSILICATO DE
LÍTIO: UMA REVISÃO DE ESCOPO E AVALIAÇÃO IN VITRO.**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Faculdade de Ciências da Saúde da Universidade de Brasília, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Odontologia.

Orientadora: Profa. Dra. Fernanda Cristina Pimentel Garcia

Coorientador: Prof. Dr. Lucas Fernando Tabata

Brasília, 2025.

Uriel Paulo Coelho Silva

**ESTRATÉGIAS DE REPARO PARA CERÂMICAS DE DISSILICATO DE
LÍTIO: UMA REVISÃO DE ESCOPO E AVALIAÇÃO IN VITRO.**

Tese aprovada, como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em Odontologia, Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Faculdade de Ciências da Saúde da Universidade de Brasília.

Data da defesa: 29/08/2025

Banca examinadora:

Profa. Dra. Fernanda Cristina Pimentel Garcia

Prof. Dr. Rodrigo Antônio de Medeiros

Profa. Dra. Janaina Gomes Maciel

Prof. Dr. Lawrence Gonzaga Lopes

“Porque Dele e por Ele, e para Ele, são todas as coisas; glória, pois, a Ele eternamente. Amém”. Romanos 11:36

RESUMO

Objetivos: Este trabalho teve como objetivos integrar as evidências existentes sobre técnicas e materiais para reparo da cerâmica de dissilicato de lítio e investigar experimentalmente fatores que influenciam a resistência de união do reparo, incluindo contaminação salivar, termociclagem, concentração e tempo de aplicação do ácido fluorídrico (HF).

Materiais e Métodos: Foi realizada uma revisão de escopo registrada na plataforma Open Science Framework (DOI: 10.17605/OSF.IO/7KTG6), seguindo as diretrizes PRISMA-ScR. Buscas foram conduzidas nas bases Cochrane, PubMed, EMBASE, LILACS, Scopus, Web of Science, Medline/BVS e literatura cinzenta até janeiro de 2025, sem restrição de tempo ou idioma, incluindo estudos *in vitro* comparando tratamentos de superfície e materiais para reparo de cerâmicas de dissilicato. No estudo *in vitro*, 80 blocos de cerâmica IPS E-max CAD® foram seccionados em 3 pastilhas (10×10×4 mm), lixados, cristalizados e incluídos em resina acrílica. As amostras foram distribuídas em 32 grupos experimentais (n=20) de acordo com os fatores avaliados: termociclagem prévia (5.000 ciclos térmicos 5–55 °C), contaminação salivar, concentração de HF (5% ou 10%), tempo de aplicação do HF (20 ou 60 s) e termociclagem pós-reparo (5.000 ciclos). Após tratamento da superfície da cerâmica com HF + silano + adesivo, foram confeccionados cilindros de resina composta e a interface adesiva foi avaliada pelo teste de microcislhamento; os padrões de falha foram classificados como adesiva, coesiva ou mista. Análises estatísticas incluíram ANOVA, regressão linear múltipla, Qui-quadrado e teste de Fisher ($p<0,05$).

Resultados: De acordo com a revisão de escopo que incluiu 27 estudos, o uso do ácido fluorídrico + silano + adesivo e resina composta como o protocolo mais empregado para realização do reparo. Observou-se diminuição da resistência de união a longo prazo, independentemente do protocolo utilizado. No estudo experimental, a contaminação salivar, a termociclagem pós-reparo e a aplicação do HF por 20 seg comprometeram significativamente a resistência de união, enquanto a termociclagem prévia e concentração do HF não apresentaram efeito isolado significativo. Predominaram falhas adesivas (65,6%), com associação significativa entre a contaminação por saliva e o tipo de falha adesiva (94%).

Conclusões: O reparo da cerâmica de dissilicato de lítio tem como protocolo mais empregado o uso do ácido fluorídrico + silano + adesivo e resina composta. A resistência de união dessa interface é diretamente influenciada por fatores como contaminação salivar e termociclagem pós-reparo, o que reforça a necessidade de protocolos padronizados e do controle rigoroso dessas condições para a durabilidade do reparo.

Palavras-chave: cimentos dentários; cerâmicas; porcelana dentária; falha de restauração dentária.

ABSTRACT

Objectives: This study aimed to integrate existing evidence on techniques and materials for repairing lithium disilicate ceramics and to experimentally investigate factors influencing the bond strength of the repair, including salivary contamination, thermocycling, hydrofluoric acid (HF) concentration, and HF application time.

Materials and Methods: In chapter two, a scoping review was conducted and registered on the Open Science Framework (DOI: 10.17605/OSF.IO/7KTG6), following PRISMA-ScR guidelines. Searches were performed in Cochrane, PubMed, EMBASE, LILACS, Scopus, Web of Science, Medline/BVS, and the gray literature up to January 2025, without restrictions on time or language, including in vitro studies comparing surface treatments and materials for repairing lithium disilicate ceramics. In chapter three, 80 IPS E-max CAD® ceramic blocks were sectioned into three specimens (10×10×4 mm), ground, crystallized, and embedded in acrylic resin. Samples were distributed into 32 experimental groups (n=20) according to the evaluated factors: prior thermocycling (5,000 cycles, 5–55 °C), salivary contamination, HF concentration (5% or 10%), HF application time (20 or 60 s), and post-repair thermocycling (5,000 cycles). After ceramic surface treatment with HF + silane + adhesive, composite resin cylinders were fabricated, and the adhesive interface was evaluated using a microshear bond test; failure modes were classified as adhesive, cohesive, or mixed. Statistical analyses included ANOVA, multiple linear regression, Chi-square, and Fisher's exact test ($p<0.05$).

Results: According to the scoping review, which included 27 studies, the most commonly used repair protocol was HF + silane + adhesive and composite resin. Long-term bond strength was reduced regardless of the protocol used. In the experimental study, salivary contamination (reduction of 11.9 MPa), post-repair thermocycling (reduction of 8.76 MPa), and HF application for 20 s (reduction of 1.57 MPa) significantly compromised bond strength, whereas prior thermocycling and HF concentration had no significant isolated effect. Adhesive failures predominated (65.6%), with a significant association between salivary contamination and adhesive failure type (94%).

Conclusions: The most commonly used protocol for repairing lithium disilicate ceramic is HF + silane + adhesive and composite resin. The bond strength of this interface is directly influenced by factors such as substrate aging, salivary contamination, and post-repair thermocycling, highlighting the need for standardized protocols and strict control of these conditions to ensure repair longevity.

Keywords: dental cements; ceramics; dental porcelain; dental restoration failure.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1.....	11
1.1 INTRODUÇÃO.....	11
1.2 REVISÃO DE LITERATURA.....	13
1.2.1 Características da cerâmica de dissilicato de lítio.....	13
1.2.2 Importância clínica do reparo em cerâmicas.....	14
1.2.3 Protocolos de tratamento de superfície.....	15
1.2.4 Longevidade do reparo.....	16
1.2.5 Materiais de reparo.....	18
1.3 OBJETIVOS.....	19
1.3.1 Capítulo 2.....	19
1.3.2 Capítulo 3.....	19
REFERÊNCIAS.....	20
CAPÍTULO 2 – REVISÃO DE ESCOPO.....	24
2.1 INTRODUÇÃO.....	25
2.2 MATERIAIS E MÉTODOS.....	26
2.2.1 Critério de elegibilidade.....	27
2.2.2 Base de dados.....	27
2.2.3 Estratégia de busca.....	27
2.2.4 Seleção da evidência.....	28
2.2.5 Extração de dados.....	28
2.2.6 Síntese dos resultados.....	28
2.3 RESULTADOS.....	28
2.3.1 Descrição dos estudos.....	28
2.3.2 Tratamento da peça cerâmica.....	30
2.3.3 Agente de união e adesivo.....	33
2.3.4 Materiais restauradores.....	33
2.3.5 Protocolos utilizados.....	34
2.3.6 Fator envelhecimento/termociclagem.....	34
2.4 DISCUSSÃO.....	34
2.5 CONCLUSÕES.....	41
REFERÊNCIAS.....	42

CAPÍTULO 3 – ESTUDO IN VITRO.....	47
3.1 INTRODUÇÃO.....	48
3.2 MATERIAL DE MÉTODOS.....	50
3.2.1 Materiais utilizados na pesquisa.....	50
3.2.2 Preparo dos espécimes.....	51
3.2.3 Termociclagem prévia (termo_pré)	54
3.2.4 Contaminação salivar.....	54
3.2.5 Tratamento de superfície.....	54
3.2.6 Reparo com resina composta.....	57
3.2.7 Termociclagem pós (termo_pós)	59
3.2.8 Teste de resistência de união ao microciselhamento.....	59
3.2.9 Análise dos tipos de falhas.....	60
3.2.10 Análise estatística.....	61
3.3 RESULTADOS.....	62
3.4 DISCUSSÃO.....	71
3.5 CONCLUSÕES.....	75
REFERÊNCIAS.....	76
CAPÍTULO 4.....	83
4.1 DISCUSSÃO GERAL.....	83
4.1.1 Contaminação salivar.....	83
4.1.2 Preparo da superfície cerâmica.....	84
4.1.3 Agente de união e sistema adesivo.....	85
4.1.4 Material restaurador.....	88
4.1.5 Efeito da termociclagem.....	88
4.2 CONCLUSÕES.....	89
REFERÊNCIAS.....	92
CAPÍTULO 5 - PRESS RELEASE.....	97
APÊNDICE 1 – ESTRATÉGIAS DE BUSCA PARA CADA BASE DE DADOS E LITERATURA CINZENTA.....	98
APÊNDICE 2 – QUADRO DA REVISÃO DE ESCOPO (DADOS EXTRAÍDOS DOS ESTUDOS).....	99

APÊNDICE 3 – TABELAS E GRÁFICOS DOS TESTES ESTATÍSTICOS.....110
CAPÍTULO 1 – ESTRATÉGIAS E PROTOCOLOS PARA O REPARO DA
CERÂMICA DE DISSILICATO DE LÍTIO: UMA REVISÃO DE ESCOPO E
AVALIAÇÃO IN VITRO.

1.1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, os avanços na odontologia restauradora têm ampliado significativamente o uso de materiais cerâmicos em reabilitações estéticas e funcionais. Entre esses materiais, as vitrocerâmicas de dissilicato de lítio ganharam destaque por sua versatilidade clínica, desempenho mecânico e excelente integração estética, tornando-se uma das principais escolhas para confecção de inlays, onlays, coroas e facetas em dentes anteriores e posteriores [1,2]. Suas características óticas, aliadas à capacidade de adesão por meio de protocolos de cimentação adesiva, oferecem resultados previsíveis e duradouros [3,4].

Apesar da sua elevada resistência à fratura e estabilidade química, o dissilicato de lítio, como todo material vítreo, é suscetível a falhas em função de múltiplos fatores clínicos. Cargas oclusais repetidas, desgaste funcional, defeitos estruturais, espessura inadequada da restauração ou até mesmo falhas durante o processo de cimentação podem comprometer a integridade da restauração [5,6].

A decisão clínica entre reparar ou substituir uma restauração de dissilicato de lítio deve considerar a extensão do defeito, a integridade estrutural da peça, o custo-benefício e a preservação da estrutura dental remanescente. Pequenas fraturas, lascamentos localizados e falhas marginais restritas podem ser manejados com protocolos de reparo direto, permitindo a manutenção da maior parte da restauração e evitando procedimentos mais invasivos, sendo uma alternativa conservadora, de baixo custo reduzir custos e tempo clínico [7,8].

Por outro lado, fraturas extensas, comprometimento estrutural significativo ou falhas adesivas generalizadas frequentemente indicam a substituição completa da restauração. Estudos indicam que o reparo, quando corretamente executado, apresenta desempenho satisfatório e pode estender a vida útil da restauração, sendo uma alternativa viável principalmente em casos em que a substituição implicaria em maior desgaste de tecido dental saudável [9,10,11].

Os protocolos de reparo da cerâmica de dissilicato de lítio envolvem etapas específicas para garantir adesão adequada entre a cerâmica e o material restaurador de reparo, incluindo limpeza da superfície, condicionamento ácido, aplicação de agente de união e utilização de sistemas adesivos compatíveis. A eficácia desses protocolos pode ser influenciada por variáveis como o tipo de concentração do ácido, contaminação salivar, presença de biofilme, tipo de silano e sistema adesivo utilizado, habilidade técnica do operador e o tempo clínico do reparo no meio intrabucal [12–18].

A literatura descreve uma ampla variedade de protocolos de reparo para cerâmicas de dissilicato de lítio, envolvendo diferentes métodos de preparo superficial, agentes condicionadores, tipos e concentrações de ácido fluorídrico, silanos de diferentes composições e sistemas adesivos variados [8, 9, 20]. Além disso, há divergências quanto à necessidade e à ordem de aplicação de tratamentos mecânicos e químicos, bem como sobre o impacto de cada etapa na resistência de união e na durabilidade clínica do reparo. Essa heterogeneidade reflete tanto a evolução dos métodos quanto a ausência de consenso definitivo sobre o protocolo ideal, reforçando a importância de compreender a influência de cada variável e de basear a escolha clínica em evidências científicas atualizadas [19–21].

O domínio dessas variáveis e a seleção criteriosa do protocolo mais adequado para cada situação clínica são fundamentais para assegurar resultados previsíveis e maximizar a longevidade das restaurações reparadas. Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo aprofundar a compreensão dos principais protocolos de reparo apresentados na literatura, avaliar os fatores que influenciam o reparo de cerâmicas de dissilicato de lítio, avaliando o efeito de diferentes tratamentos de superfície, protocolos de limpeza e condições de envelhecimento sobre a resistência de união entre a cerâmica e a resina composta. A sistematização dessas informações pode contribuir para a padronização de protocolos clínicos mais seguros, eficazes e embasados em evidência científica.

1.2 REVISÃO DE LITERATURA

1.2.1 Características da cerâmica de dissilicato de lítio

O dissilicato de lítio ($\text{Li}_2\text{Si}_2\text{O}_5$) é uma vitrocerâmica reforçada com cristais de lítio, reconhecida por sua alta resistência mecânica, translucidez estética e versatilidade clínica, sendo amplamente utilizada em coroas, facetas, inlays e onlays [1, 2, 22]. Sua microestrutura cristalina, composta por aproximadamente 70% de cristais de dissilicato de lítio embutidos em uma matriz vítreia, confere propriedades mecânicas superiores em comparação a outras cerâmicas vítreas, incluindo maior resistência à fratura e dureza compatível com a dentição natural [23, 24].

Estudos laboratoriais demonstram que o dissilicato de lítio apresenta resistência à flexão na faixa de 360 a 400 MPa, variando de acordo com o processamento industrial e o tipo de acabamento da superfície [25, 26]. Além disso, sua translucidez e capacidade de imitar a fluorescência natural do esmalte dental permitem resultados estéticos altamente satisfatórios, especialmente em dentes anteriores [27, 28].

Apesar das vantagens, a cerâmica de dissilicato de lítio apresenta desafios adesivos específicos, principalmente devido à sua superfície vítreia relativamente inerte, que dificulta a formação de uma união química consistente com resinas compostas [29, 30]. Para contornar essa limitação, protocolos de tratamento de superfície são essenciais, envolvendo condicionamento ácido, silanização e aplicação de adesivos específicos, a fim de promover microretentividade e interação química com a matriz de resina [31, 32].

Outro aspecto crítico é a sensibilidade do material a falhas de superfície durante ajustes clínicos. O polimento inadequado ou o desgaste excessivo podem induzir microfissuras, comprometendo a resistência à fratura e a durabilidade do reparo [33, 34]. Por essa razão, tanto o tratamento inicial quanto qualquer intervenção de reparo devem ser planejados de maneira a minimizar danos à estrutura cerâmica.

Além disso, o dissilicato de lítio apresenta comportamento estável em ambientes úmidos, o que o torna adequado para a função mastigatória a longo prazo. No entanto, estudos demonstram que a combinação de envelhecimento clínico simulado, termociclagem e contaminação salivar pode reduzir significativamente a resistência da união com resinas compostas, reforçando a necessidade de protocolos de reparo padronizados [35–37].

Portanto, embora o dissilicato de lítio seja um material restaurador de alta performance, seu sucesso clínico depende da adesão confiável e do manejo cuidadoso da superfície, sendo fundamental compreender suas propriedades químicas, físicas e estéticas para otimizar os resultados de reparos e reabilitações [38–40].

1.2.2 Importância clínica do reparo em cerâmicas

O avanço dos materiais cerâmicos consolidou o dissilicato de lítio como uma das principais alternativas restauradoras na odontologia contemporânea, devido à sua combinação de estética, propriedades mecânicas satisfatórias e ampla aplicabilidade clínica [1–3]. Entretanto, como qualquer material restaurador, restaurações cerâmicas estão sujeitas a falhas decorrentes de fraturas, desgaste, cárie secundária ou desadaptações marginais ao longo do tempo [4, 5]. Nesse contexto, o reparo com resina composta surge como uma estratégia conservadora e clinicamente relevante, evitando a substituição integral da restauração [6, 7].

A substituição completa de restaurações cerâmicas exige maior desgaste da estrutura dental remanescente, aumenta custos e tempo clínico e está associada a complicações iatrogênicas, como dano pulpar ou comprometimento periodontal [8–10]. O reparo, por sua vez, prolonga a longevidade da restauração original, preservando maior quantidade de tecido dentário hígido e reduzindo a necessidade de procedimentos invasivos [11,12].

Do ponto de vista econômico, estudos mostram que o reparo pode reduzir significativamente o custo do tratamento em comparação à substituição

total da restauração [13, 14]. Além disso, o reparo imediato de fraturas parciais ou falhas localizadas oferece solução rápida e efetiva, permitindo restauração da função e estética em única sessão [15].

Clinicamente, o reparo está alinhado com os princípios da odontologia minimamente invasiva, que prioriza a preservação de tecidos e a reabilitação funcional com menor desgaste possível [16–18]. Por isso, desenvolver protocolos confiáveis de reparo para cerâmica de dissilicato de lítio é crucial, pois a previsibilidade da adesão entre cerâmica e resina composta determina o sucesso clínico do procedimento [19, 20].

O reparo de restaurações cerâmicas deve ser considerado não apenas uma solução temporária, mas uma alternativa viável e de longo prazo, contribuindo para a durabilidade dos tratamentos restauradores e manutenção da saúde bucal global do paciente [21, 22].

1.2.3 Protocolos de tratamento de superfície

O sucesso do reparo de restaurações em cerâmica de dissilicato de lítio depende fortemente do tratamento adequado da superfície cerâmica antes da aplicação do material restaurador. O principal objetivo desses protocolos é aumentar a microrretenção e promover a união química entre a cerâmica e a resina composta, garantindo durabilidade e resistência clínica [23, 24].

O condicionamento com ácido fluorídrico (HF) é amplamente reconhecido como a técnica mais eficaz para preparar a superfície de dissilicato de lítio, pois dissolve parcialmente a matriz vítreia, expondo os cristais de dissilicato e criando microporosidades que facilitam a adesão [25, 26]. A concentração do ácido e o tempo de aplicação são fatores críticos. Estudos indicam que concentrações entre 5% e 10% e tempos de 20 a 60 segundos proporcionam aumento significativo da resistência de união sem comprometer a integridade da cerâmica [27–29].

A literatura tem apresentado métodos alternativos ao HF, como a abrasão com jatos de óxido de alumínio (Al_2O_3) utilizada principalmente quando o reparo envolve áreas extensas ou restaurações desgastadas. Esse procedimento gera microdescontinuidades superficiais, aumentando a área de contato para adesão mecânica [30]. A literatura mostra que a combinação de jato abrasivo e condicionamento ácido potencializa a resistência de união [31]. O uso de lasers, como Er:YAG e Nd:YAG, tem sido investigado como alternativa ou complemento ao condicionamento químico e mecânico. Esses dispositivos promovem microtexturização da superfície cerâmica sem causar fraturas superficiais significativas [32, 33]. Embora promissores, os resultados são heterogêneos, e a técnica ainda não é totalmente padronizada para uso clínico rotineiro [34].

Após o condicionamento ácido, a aplicação de um agente silano é essencial para promover a ligação química entre os grupos silanóis e a matriz orgânica da resina composta, reforçando a adesão [35, 36]. A silanização não apenas aumenta a resistência ao cisalhamento, mas também contribui para a estabilidade a longo prazo, reduzindo a susceptibilidade a falhas adesivas [37, 38].

Diversos estudos demonstram que a combinação de diferentes técnicas, como jato de óxido de alumínio seguido de ácido fluorídrico e silanização, apresenta resultados superiores em termos de resistência de união em comparação a métodos isolados [39, 45]. Assim, a escolha do protocolo deve considerar o tipo de falha, extensão do reparo, exposição a fatores ambientais (como saliva) e a necessidade de preservar a integridade da restauração original [41, 42].

1.2.4 Longevidade do reparo

O desempenho clínico do reparo em cerâmica de dissilicato de lítio não depende apenas dos protocolos de tratamento de superfície, mas também de fatores que podem interferir na adesão, como contaminação salivar e envelhecimento da restauração. Esses elementos impactam diretamente a

resistência de união entre a cerâmica e a resina composta, sendo fundamentais para a previsibilidade do reparo [43, 44].

A contaminação salivar é uma das principais causas de falha na adesão em restaurações cerâmicas. Proteínas e lipídios presentes na saliva podem se adsorver à superfície previamente condicionada, interferindo na interação química do silano e reduzindo significativamente a resistência ao cisalhamento [45,46]. Estudos laboratoriais demonstram que a limpeza inadequada da superfície após contaminação resulta em diminuição de até 50% na resistência de união [41]. Estratégias como lavagem abundante com jato de água, condicionamento com ácido fluorídrico ou uso de agentes específicos de limpeza têm sido sugeridas para reduzir a influência desses efeitos [41, 44].

O envelhecimento simulado de restaurações, incluindo termociclagem e armazenamento em água, reproduz condições clínicas ao submeter o material a variações térmicas e à umidade oral. A termociclagem, em particular, provoca expansão e contração repetitiva, podendo gerar microtrincas na interface cerâmica-resina e reduzir a resistência de união [44, 50]. Evidências de estudos in vitro indicam que a combinação de termociclagem e contaminação salivar tem efeito cumulativo, aumentando a ocorrência de falhas adesivas [45].

A termociclagem permite avaliar a estabilidade a longo prazo do reparo, sendo considerada essencial em protocolos experimentais que buscam reproduzir a longevidade clínica do procedimento [42]. Resultados demonstram que superfícies bem preparadas e silanizadas apresentam menor sensibilidade à degradação causada pelo envelhecimento, ressaltando a importância de protocolos rigorosos de tratamento de superfície mesmo em situações de contaminação ou desgaste prolongado [41].

Do ponto de vista clínico, o reconhecimento dessas interferências reforça a necessidade de técnicas rigorosas de isolamento, como o uso de campo operatório seco e barreiras de silicone, para minimizar a contaminação salivar [45]. Além disso, profissionais devem considerar o histórico da restauração e possíveis fatores de envelhecimento antes de optar pelo reparo, garantindo que a intervenção seja eficaz e duradoura [39].

1.2.5 Materiais de reparo

A escolha do material restaurador é um dos fatores determinantes para o sucesso do reparo de restaurações em cerâmica de dissilicato de lítio. Diversos estudos têm investigado os diferentes tipos de resinas compostas e cimentos resinosos disponíveis, avaliando suas propriedades físicas, químicas e adesivas [7, 9, 17, 37, 38].

As resinas compostas de viscosidade convencional apresentam maior conteúdo de carga inorgânica, resultando em propriedades mecânicas superiores, como maior módulo de elasticidade e resistência à compressão. Tais características favorecem a resistência de união em reparos submetidos a forças mastigatórias significativas [36, 35]. Contudo, seu maior grau de viscosidade pode dificultar a adaptação em fraturas ou cavidades irregulares, exigindo técnicas cuidadosas de manipulação e condensação [34]. Estudos laboratoriais indicam que, quando associadas a protocolos adequados de tratamento de superfície, essas resinas alcançam resistência de união comparável à cerâmica original [33, 32].

As resinas compostas fluidas (*flow*) possuem menor viscosidade e maior fluidez, facilitando o preenchimento de microtrincas, fraturas finas ou superfícies irregulares. Elas proporcionam excelente adaptação à superfície cerâmica, reduzindo a presença de bolhas ou espaços vazios [31]. No entanto, devido ao menor teor de carga, essas resinas apresentam menor resistência mecânica em comparação às resinas convencionais, podendo comprometer a durabilidade do reparo em áreas submetidas a forças oclusais elevadas [30, 29]. Em estudos *in vitro*, a combinação de resina *flow* para adaptação inicial e camada final de resina convencional tem sido recomendada para otimizar resistência e adaptação [28, 27].

Estudos laboratoriais demonstram que a resistência de união ao dissilicato de lítio é influenciada tanto pelo tipo de resina quanto pelo protocolo de aplicação. Ensaios de cisalhamento e microtração mostram que

combinações de superfície bem condicionada e silanização correta resultam em valores superiores de adesão, independentemente do material de reparo escolhido [26, 25]. Além disso, a polimerização adequada, controle de contaminação e técnica de aplicação em camadas são determinantes para reduzir falhas adesivas [24, 23].

Na prática clínica, a escolha do material deve ser baseada na extensão da fratura, localização da restauração e exigências funcionais. Resinas convencionais são recomendadas para reparos estruturais e áreas de alta carga mastigatória, enquanto resinas *flow* podem ser utilizadas para adaptação inicial em pequenas fraturas ou fraturas complexas [22, 21].

1.3 OBJETIVOS

Essa tese será dividida em dois capítulos que cujo objetivos estão descritos a seguir:

1.3.1 Capítulo 2

Mapear as evidências disponíveis, por meio de uma revisão de escopo, sobre os diversos tipos de tratamentos de superfície e materiais empregados no reparo de cerâmicas à base de dissilicato de lítio e a eficácia a curto e longo prazo.

1.3.2 Capítulo 3

Avaliar, por meio de um estudo *in vitro*, a influência da contaminação salivar, termociclagem (prévia e pós-reparo), concentração do ácido fluorídrico e tempo de aplicação na resistência de união do material de reparo à cerâmica de dissilicato de lítio.

REFERÊNCIAS

1. Zarone F, Russo S, Sorrentino R. From porcelain-fused-to-metal to zirconia: Clinical and experimental considerations. *Dent Mater*. 2011;27(1):83–96.
2. Kelly JR, Benetti P. Ceramic materials in dentistry: Historical evolution and current practice. *Aust Dent J*. 2011;56(Suppl 1):84–96.
3. Heffernan MJ, Aquilino SA, Diaz-Arnold AM, Haselton DR, Stanford CM, Vargas MA. Relative translucency of six all-ceramic systems. Part II: Clinical implications. *J Prosthet Dent*. 2002;88(1):10–15.
4. Denry I, Kelly JR. State of the art of zirconia for dental applications. *Dent Mater*. 2008;24(3):299–307.
5. Guess PC, Zavanelli RA, Silva NRFA, Bonfante EA, Coelho PG, Thompson VP. Monolithic CAD/CAM lithium disilicate versus veneered Y-TZP crowns: Comparison of failure modes and reliability after fatigue. *Int J Prosthodont*. 2010;23(5):434–42.
6. Fonzar RF, Carrabba M, Sedda M, Ferrari M, Goracci C, Vichi A. Flexural resistance of heat-pressed and CAD-CAM lithium disilicate with different translucencies. *Dent Mater*. 2017;33(1):63–70. doi:10.1016/j.dental.2016.10.005.
7. Özcan M, Vallittu PK. Effect of surface conditioning methods on the bond strength of luting cement to ceramics. *Dent Mater*. 2003;19(8):725–31.
8. Spitznagel FA, Boldt J, Gierthmuehlen PC. CAD/CAM ceramic restorative materials for natural teeth. *J Dent Res*. 2018;97(10):1082–91. doi:10.1177/0022034518779759.
9. Matinlinna JP, Lassila LVJ, Özcan M, Yli-Urpo A, Vallittu PK. An introduction to silanes and their clinical applications in dentistry. *Int J Prosthodont*. 2004;17(2):155–64.
10. Borges GA, Sophr AM, de Goes MF, Sobrinho LC, Chan DCN. Effect of etching and airborne particle abrasion on the microstructure of different dental ceramics. *J Prosthet Dent*. 2003;89(5):479–88.
11. Cavalcanti AN, Foxton RM, Watson TF, Oliveira MT, Giannini M, Marchi GM. Bond strength of resin cements to a zirconia ceramic with different surface treatments. *Oper Dent*. 2009;34(3):280–7. doi:10.2341/08-80.
12. Saracoglu A, Özcan M, Ünal M. Effect of surface treatments on the adhesion of resin composite to a feldspathic ceramic. *Oper Dent*. 2011;36(6):620–7.
13. Mokhtarpour F, Alaghehmand H, Khafri S, Mahdian M. Effect of hydrofluoric acid concentration and etching time on the surface roughness of CAD/CAM ceramics. *Caspian J Dent Res*. 2019;8(2):8–15.
14. Puppin-Rontani J, Sundfeld D, Costa AR, Correr AB, Puppin-Rontani RM, Borges GA, Sinhoreti M, Correr-Sobrinho L. Effect of hydrofluoric acid

- concentration and etching time on bond strength to lithium disilicate glass ceramic. *Oper Dent.* 2017;42(6):606–15. doi:10.2341/16-215-L.
15. Hatami M, Massoumi F, Safarian MS. Effect of combined application of hydrofluoric and phosphoric acids and active irrigation with a microbrush on shear bond strength of lithium disilicate ceramics to enamel. *Adv Biomed Res.* 2024;13:5. doi:10.4103/abr.abr_181_23. PMID:38525401; PMCID:PMC10958724.
16. Del Bianco F, Mazzitelli C, Maravic T, Josic U, Florenzano F, Baldissara P, Breschi L, Mazzoni A. Bond strength to lithium-disilicate ceramic after different surface cleaning approaches. *J Adhes Dent.* 2024;26:11–18. doi:10.3290/j.jad.b4874329. PMID:38240152; PMCID:PMC11740779.
17. Prochnow C, Venturini AB, Guilardi LF, Pereira GKR, Burgo TAL, Bottino MC, Kleverlaan CJ, Valandro LF. Hydrofluoric acid concentrations: effect on the cyclic load-to-failure of machined lithium disilicate restorations. *Dent Mater.* 2018;34(9):e255–63. doi:10.1016/j.dental.2018.06.028.
18. Matias RS, Bicalho AA, Valverde GB, Tantbirojn D, Versluis A, Soares CJ. Contamination of lithium disilicate ceramic with saliva: impact on resin bond strength and surface cleaning techniques. *J Prosthet Dent.* 2019;121(5):833.e1–6. doi:10.1016/j.prosdent.2018.07.019.
19. da Cunha PFJS, Tavares JG, Spohr AM, Bellan MC, Bueno CH, Cardoso LI. Examining the effects of acid etching duration on the bond strength between two CAD/CAM materials and one composite resin. *Odontology.* 2022;110(1):113–9. doi:10.1007/s10266-021-00644-x.
20. RK R, Hegde D, MC J, Ummer H, Nazer N, MK J. Um estudo para avaliar o efeito de soluções de limpeza na resistência ao cisalhamento do cimento resinoso à cerâmica de dissilicato de lítio (LDS) contaminada com saliva. *Cureus.* 2023;e44389. doi:10.7759/cureus.44389.
21. Araújo-Neto VG, Nobre CFA, Freitas MIM, Lima RBW, Sinhoreti MAC, Del Bel Cury AA, Giannini M. Effect of hydrofluoric acid concentration on bond strength to glass-ceramics: a systematic review and meta-analysis of in-vitro studies. *J Adhes Dent.* 2023;25:231–40. doi:10.3290/j.jad.b4646943.
22. Guess PC, Selz CF, Voulgarakis A, Stampf S, Stappert CF. Prospective clinical study of press-ceramic overlap and full veneer restorations: 7-year results. *Int J Prosthodont.* 2014;27(4):355–8. doi:10.11607/ijp.3679.
23. Loomans BA, Özcan M. Intraoral repair of direct and indirect restorations: procedures and guidelines. *Oper Dent.* 2016;41(S7):S68–78.
24. Denry I, Kelly JR. Emerging ceramic-based materials for dentistry. *J Dent Res.* 2014;93(12):1235–42.
25. Kelly JR, Denry I. Stabilized zirconia as a structural ceramic: An overview. *Dent Mater.* 2008;24(3):289–98.
26. Guess PC, Schultheis S, Bonfante EA, Coelho PG, Ferencz JL, Silva NRFA. All-ceramic systems: laboratory and clinical performance. *Dent Clin North Am.* 2011;55(2):333–52. doi:10.1016/j.cden.2011.01.005.

27. Coldea A, Swain MV, Thiel N. Mechanical properties of polymer-infiltrated-ceramic-network materials. *Dent Mater*. 2013;29(4):419–26. doi:10.1016/j.dental.2013.01.002.
28. Rekow ED, Silva NR, Coelho PG, Zhang Y, Guess P, Thompson VP. Performance of dental ceramics: challenges for improvements. *J Dent Res*. 2011;90(8):937–52. doi:10.1177/0022034510391795.
29. Conrad HJ, Seong WJ, Pesun IJ. Current ceramic materials and systems with clinical recommendations: a systematic review. *J Prosthet Dent*. 2007;98(5):389–404. doi:10.1016/S0022-3913(07)60124-3.
30. Zhang Y, Lawn BR, Rekow ED, Thompson VP. Effect of sandblasting on the long-term performance of dental ceramics. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater*. 2004;71(2):381–6. doi:10.1002/jbm.b.30097.
31. Lu Y, Bierman TE, Dal Piva AMO, Tribst JPM, Feilzer AJ, Kleverlaan CJ. Effect of surface treatment and resin cement on the bond strength of an advanced lithium disilicate. *Eur J Dent*. 2024;18(3):869–76. doi:10.1055/s-0043-1776358.
32. Pereira RP, Carvalho RD, Taguchi CMC, Monteiro SJ, Gondo R. Hydrofluoric acid concentration and etching time on bond strength to lithium disilicate glass-ceramic. *Res Soc Dev*. 2021;10(17). doi:10.33448/rsd-v10i17.24776.
33. Guggenbühl S, Alshihri A, Al-Haj Husain N, Özcan M. Adhesion of resin-resin and resin-lithium disilicate ceramic: a methodological assessment. *Materials (Basel)*. 2021;14(14):3870. doi:10.3390/ma14143870.
34. Turunç-Oğuzman R, Şişmanoğlu S. Influence of surface treatments and adhesive protocols on repair bond strength of glass-matrix and resin-matrix CAD/CAM ceramics. *J Esthet Restor Dent*. 2023;35(8):1322–31. doi:10.1111/jerd.13131.
35. Tavares MJ, Amaral FL, Basting RT, Turssi CP, França FM. Effect of different design and surface treatment on the load-to-failure of ceramic repaired with composite. *Acta Odontol Latinoam*. 2024;37(1):88–95. doi:10.54589/aol.37/1/88.
36. Yi YJ, Kelly JR. Failure responses of a dental porcelain having three surface treatments under three stressing conditions. *Dent Mater*. 2011;27(12):1252–8. doi:10.1016/j.dental.2011.09.002.
37. Anusavice KJ. Standardizing failure, success, and survival decisions in clinical studies of ceramic and metal-ceramic fixed dental prostheses. *Dent Mater*. 2012;28(1):102–11. doi:10.1016/j.dental.2011.09.012.
38. Boscato N, Della Bona A, Del Bel Cury AA. Influence of ceramic pre-treatments on tensile bond strength and mode of failure of resin bonded to ceramics. *Am J Dent*. 2007;20(2):103–8.
39. Yoo HM, Oh TS, Pereira PN. Effect of saliva contamination on the microshear bond strength of one-step self-etching adhesive systems to dentin. *Oper Dent*. 2006;31(1):127–34. doi:10.2341/04-206.

40. Levartovsky S, Bohbot H, Shem-Tov K, Brosh T, Pilo R. Effect of different surface treatments of lithium disilicate on the adhesive properties of resin cements. *Materials (Basel)*. 2021;14(12):3302. doi:10.3390/ma14123302.
41. Li J, Li D, Wang Q, Wang F, Zhang Z. Impact of repeated heat-pressing on the microstructure and flexural strength of lithium disilicate glass-ceramics. *BMC Oral Health*. 2024;24(1):1148. doi:10.1186/s12903-024-04933-z.
42. Guarda GB, Correr AB, Gonçalves LS, Costa AR, Borges GA, Sinhoreti MA, Correr-Sobrinho L. Effects of surface treatments, thermocycling, and cyclic loading on the bond strength of a resin cement bonded to a lithium disilicate glass ceramic. *Oper Dent*. 2013;38(2):208–17. doi:10.2341/11-076-L.
43. Clerot BD, Correr-Sobrinho L, Bandini M, Pinheiro Beserra-Neto E, Tsuzuki FM, Pacheco RR, Costa AR. Effect of hydrofluoric acid concentration and aging on the bond strength ceramics to a resin cement. *Braz Dent J*. 2024;35:5669. doi:10.1590/0103-6440202405669.
44. Sailer I, Makarov NA, Thoma DS, Zwahlen M, Pjetursson BE. All-ceramic or metal-ceramic fixed dental prostheses (FDPs): a systematic review of the survival and complication rates. Part II: Multiple-unit FDPs. *Dent Mater*. 2015;31(6):624–39.
45. Dos Santos D, Pacheco RR, Komegae GH, da Silva JA, Lima D, Pini N, Sundfeld D. Effects of hydrofluoric acid concentrations, commercial brands, and adhesive application on the bond strength of a resin luting agent to lithium disilicate glass ceramic. *Oper Dent*. 2023;48(6):700–10. doi:10.2341/23-034-L.
46. Harouny R, Hardan L, Harouny E, Kassis C, Bourgi R, Lukomska-Szymanska M, et al. Adhesion of resin to lithium disilicate with different surface treatments before and after salivary contamination—an in-vitro study. *Bioengineering (Basel)*. 2022;9(7):286. doi:10.3390/bioengineering9070286.

CAPÍTULO 2 - ESTRATÉGIAS DE REPARO PARA CERÂMICAS DE DISSILICATO DE LÍTIO: UMA REVISÃO DE ESCOPO.

RESUMO

Objetivos: Buscar e avaliar sistematicamente as evidências existentes sobre as técnicas e materiais empregados no reparo da cerâmica à base de dissilicato de lítio e seu efeito na resistência de adesão do reparo a curto e longo prazo.

Dados e fonte: Este estudo foi relatado de acordo com as diretrizes PRISMA-ScR para revisões de escopo e registrada na plataforma Open Science Framework (DOI: 10.17605/OSF.IO/7KTG6).

Seleção do estudo: As buscas foram efetuadas nas bases de dados: Cochrane, PubMed, EMBASE, Latin American and Caribbean Health Sciences (LILACS), Scopus, Web of Science, Medline/BVS e literatura cinzenta nas bases Google acadêmico e Proquest até 29 de janeiro de 2025 sem restrição de tempo e idioma. Estudos *in vitro* comparando tratamentos de superfície e materiais no reparo de cerâmicas de dissilicato foram incluídos. Estudos avaliando outro tipo de cerâmica, relato ou série de casos e revisão narrativa da literatura foram excluídos. Seleção de estudos e extração de dados foram realizadas. Dados de estudos selecionados foram analisados qualitativamente.

Resultados: Um total de 27 artigos *in vitro* foram incluídos na análise qualitativa, seguindo os critérios de elegibilidade. Dentre os protocolos avaliados de tratamento da cerâmica, o preparo mecânico mais empregado foi o ácido fluorídrico (17 estudos), jateamento com óxido de alumínio (11 estudos), ácido fosfórico (8 estudos) e laser Er-YSGG (8 estudos), e silano + adesivo universal no preparo químico, seguido da restauração com resina composta convencional.

Conclusões: Os protocolos utilizados para o tratamento da superfície da cerâmica de dissilicato para reparos são variados. A longo prazo, foi observada uma diminuição na resistência de união em decorrência do envelhecimento, independente do material/protocolo utilizados.

Palavras-chave: reparo de restauração dentária; porcelana dentária; cerâmicas; falha em restauração dentária; cimentos dentários; adesão dentária.

2.1 INTRODUÇÃO

Atualmente, as restaurações cerâmicas são amplamente utilizadas para confecção de restaurações indiretas em dentes anteriores e posteriores [1]. As cerâmicas podem ser classificadas de acordo com a sua composição em cerâmicas de matriz vítreia (feldspática, sintética e infiltrada de vidro), cerâmica policristalina (alumina, zircônia estabilizada, alumina reforçada com zircônia e zircônia reforçada com alumina) e materiais híbridos (resina nanocerâmica, vitrocerâmica em matriz de resina interpenetrante e cerâmica de zircônia-sílica em resina interpenetrante) [2].

Um dos sistemas mais utilizados é a vitrocerâmica do tipo dissilicato de lítio devido às suas ótimas propriedades físicas e mecânicas: boa resistência à fratura, propriedades óticas superiores, boa translucidez, estabilidade química, biocompatibilidade e possibilidade de união ao dente por meio de um tratamento interno da peça e utilização de um agente intermediário de ligação [3-5].

Apesar dessa cerâmica apresentar alta resistência mecânica [8-10], a mesma é friável e possui baixa resiliência, tornando a restauração sujeita à fratura, podendo, este desfecho, estar associado a cargas oclusais, fadiga estática e dinâmica, traumas oclusais, defeitos intracerâmicos, hábitos parafuncionais, espessura inadequada da peça e microporosidades [11-15].

Em situações clínicas nas quais ocorre fratura de parte da restauração cerâmica, pode-se realizar a substituição da restauração ou o reparo da mesma. Reparos cerâmicos são procedimentos conservadores nos quais apenas a parte defeituosa da cerâmica é removida, seguida de tratamento da superfície e colocação de pequenos incrementos de resina composta. Para isso, é necessário que o profissional avalie a melhor conduta a ser tomada visto que a extensão, localização, tipo de fratura, substrato cerâmico envolvido, material restaurador a ser utilizado e comprometimento estético funcional influenciam nessa decisão [16-23]. O reparo direto de restaurações cerâmicas, é essa uma técnica conservadora, rápida, de baixo custo e que propicia bons resultados estéticos [6, 7, 8, 12, 15-21]. Já a substituição da peça cerâmica

pode ser desconfortável, traumática e causar danos irreversíveis à estrutura dentária [20, 24-29].

Para a realização de um reparo eficaz, o tratamento adequado da superfície é fundamental para garantir uma adesão confiável entre a cerâmica de dissilicato de lítio fraturada e os novos incrementos de resina composta [7, 8, 16-18]. Dentre os métodos mais utilizados para promover a retenção micromecânica, destacam-se métodos mecânicos e químicos, tais como: a abrasão da superfície do substrato utilizando pontas de diamante, a aplicação de ácidos em concentrações variadas e o jateamento com óxido de alumínio (Al_2O_3) [12, 13, 21, 25, 28, 30]. Além disso, é essencial estabelecer uma ligação química para aprimorar a resistência da união nos reparos. Uma abordagem eficaz inclui a utilização de silano, que potencializa a interação entre fases inorgânica da cerâmica e a fase orgânica do material de reparo. Ademais, a aplicação associada de sistema adesivo pode otimizar as propriedades de umedecimento da superfície, contribuindo para a durabilidade e eficácia do reparo [8, 9, 29, 20, 25].

Diversas investigações laboratoriais têm sido conduzidas para identificar o protocolo de união mais confiável e durável para reparos em cerâmica de dissilicato de lítio [4-6, 8, 9, 12-14, 16, 17-21, 23-35]. No entanto, a literatura ainda não apresenta um consenso sobre o tema. Assim, o objetivo desta revisão de escopo é mapear as evidências disponíveis sobre os diversos tipos de tratamentos de superfície e materiais empregados no reparo de cerâmicas à base de dissilicato de lítio e seus efeitos na resistência de adesão a curto e longo prazo.

2.2 MATERIAIS E MÉTODOS

Esta revisão de escopo foi conduzida e relatada de acordo o Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses Extension for Scoping Reviews (PRISMA-ScR) e Joanna Briggs Institute (JBI) Evidence Synthesis methodologies. O protocolo foi registado no The Open Science Framework (<https://osf.io>) sob o DOI: 10.17605/OSF.IO/7KTG6.

O estudo foi direcionado pela seguinte questão de pesquisa: “Quais protocolos são utilizados para o reparo da cerâmica de dissilicato de lítio?” e pelo mnemônico PCC (População, Conceito e Contexto): população (P): cerâmicas de dissilicato de lítio, conceito (C): protocolo de reparo, e contexto (C): odontologia restauradora.

2.2.1 Critério de elegibilidade

Não houve restrições quanto ao idioma e data de publicação. Foram incluídos estudos *in vitro* que abordaram os temas: reparos da cerâmica de dissilicato de lítio, métodos de tratamento de superfície mecânicos e químicos e materiais restauradores utilizados no reparo cerâmico. Os critérios de exclusão foram estudos que não especificaram o tipo de cerâmica utilizada ou citaram apenas um termo genérico (porcelana), relatos e série de casos, e revisão de literatura narrativa, resumos de conferência e carta do editor, abstracts e teses.

2.2.2 Base de dados

Foi realizada busca nas bases de dados Cochrane, PubMed, Embase, Latin American and Caribbean Health Sciences (LILACS), Scopus, Web of Science, Medline/BVS. A Grey Literature foi pesquisada no Google Scholar e Proquest Dissertações e Teses, por meio da triagem dos títulos e resumos. Os primeiros 100 resultados foram selecionados (filtrados por relevância) no Google Acadêmico sem restrição de idioma ou ano de publicação.

2.2.3 Estratégia de busca

Foi aplicada uma estratégia de busca baseada em palavras-chave, MeSh termos ou sinônimos (Apêndice 1). As buscas foram realizadas no dia 29 de janeiro de 2025 e de forma manual nas listas de referências para identificar estudos adicionais, e consultada a opinião de um especialista.

(Ceramic[all] OR ceramics[MeSh] OR “dental ceramics”[all] OR “dental porcelain”[MeSh] OR emax[all] OR “lithium disilicate”[all] OR “disilicate lithium[all]” OR “glass ceramics”[all]) AND (“dental prosthesis repair”[MeSh] OR

“dental restoration repair”[MeSh] OR “dental restoration failure”[MeSh] OR “porcelain repair”[all] OR “ceramic repair”[all] OR “ceramic fracture”[all]).

2.2.4 Seleção da evidência

O software online Rayyan® (Qatar Computing Research Institute, Qatar) foi empregado para a organização sistemática dos títulos e resumos, bem como para a remoção de duplicatas nos estudos importados das bibliotecas virtuais. Os títulos e resumos foram avaliados por dois revisores (UPCS e ESRC), de acordo com critérios de elegibilidade previamente estabelecidos. Nos casos de discordância entre as avaliações, um terceiro revisor (LFT) foi designado para solucionar o conflito. Após essa triagem inicial, procedeu-se à leitura completa dos textos dos registros selecionados. Para os estudos que não estavam disponíveis na íntegra, foi feita uma tentativa de contato por e-mail e ResearchGate, mas não houve resposta do autor correspondente.

2.2.5 Extração de dados

A extração de dados foi realizada pelos dois revisores, de forma independente, e seguiu as características do estudo: autor(es), ano de publicação, país, tipo de estudo e teste laboratorial, número de espécimes, cerâmica e marca comercial, protocolo de reparo (condicionamento de superfície, sistema adesivo e silano, material restaurador), envelhecimento e principais conclusões.

2.2.6 Síntese dos resultados

Foi realizada uma síntese qualitativa abrangente dos dados coletados dos estudos que preencheram os critérios de inclusão.

2.3 RESULTADOS

2.3.1 Descrição dos estudos

Com base na estratégia de busca, foram identificados 14.044 estudos e, após a remoção de duplicatas, 5.579 estudos foram analisados por título e resumo (Fase 1), resultando em 113 estudos que foram lidos na íntegra. Na Fase 2, seguindo os critérios de elegibilidade, foram incluídos 27 estudos *in vitro*. O fluxograma foi adaptado do PRISMA e ilustrado na Figura 1.

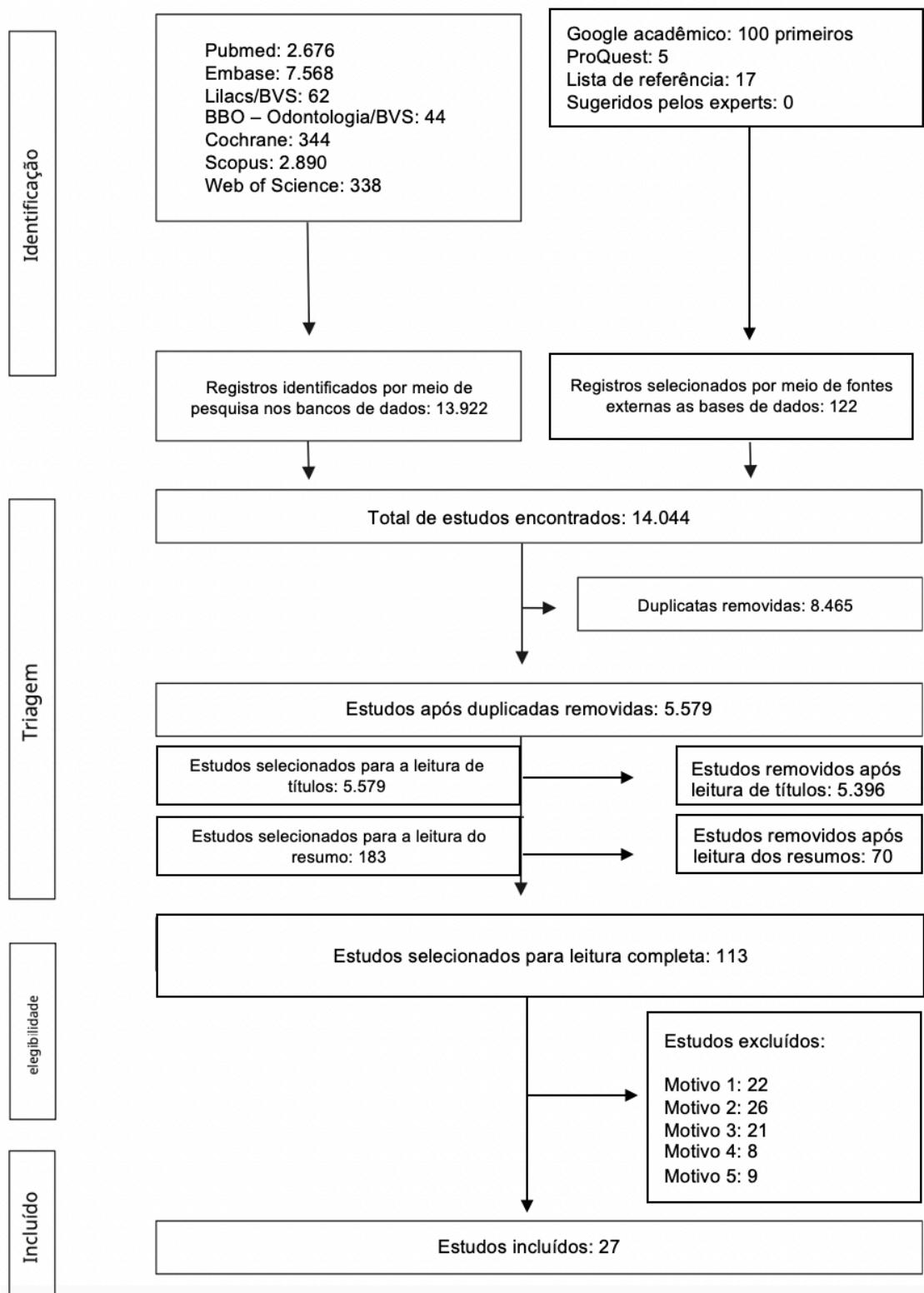


Figura 1: Diagrama de fluxo de pesquisa de literatura e critérios de seleção de acordo com PRISMA SCR. Motivos de exclusão: motivo 1: não aborda o assunto de interesse, motivo 2: utilizaram outra cerâmica, motivo 3: não citaram o nome da cerâmica utilizada, motivo 4: texto não disponível para leitura, motivo 5: revisões narrativas e casos clínicos.

As pesquisas foram conduzidas em 11 países diferentes: Turquia [9, 12, 24, 28, 32, 33, 34, 35], Brasil [4, 23, 26, 29], Arábia Saudita [8, 20, 27], Iraque [14, 17, 31], Alemanha [13, 25, 30], Japão [19], Irã [16], Nigéria [5], China [18], Coreia [6] e Estados Unidos [21]. Os artigos incluídos foram publicados entre 2003 e 2025.

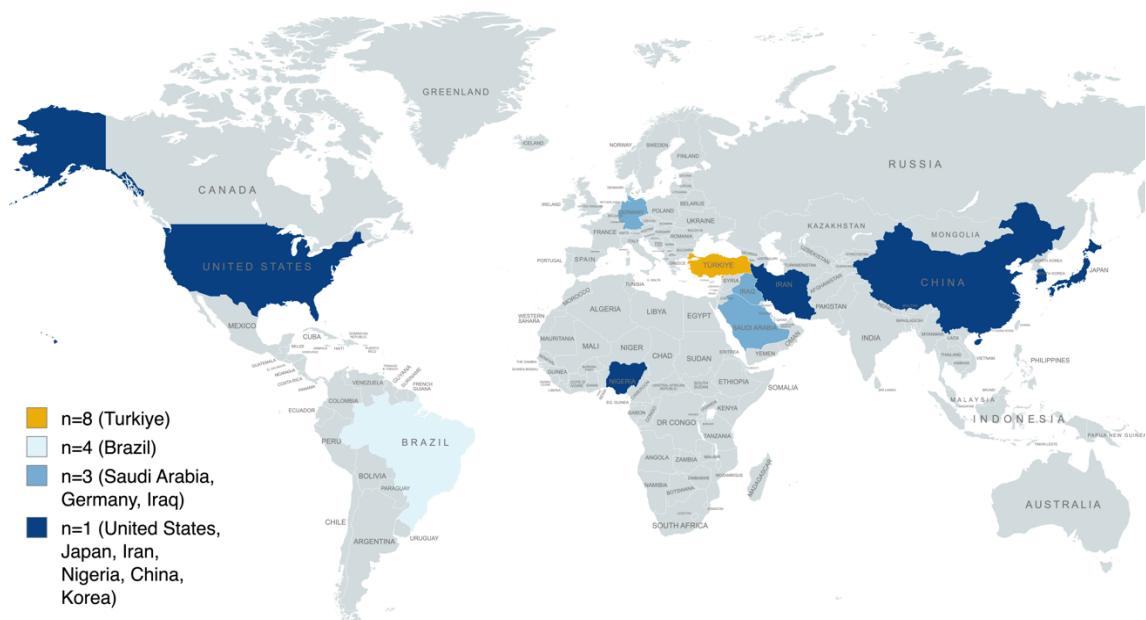


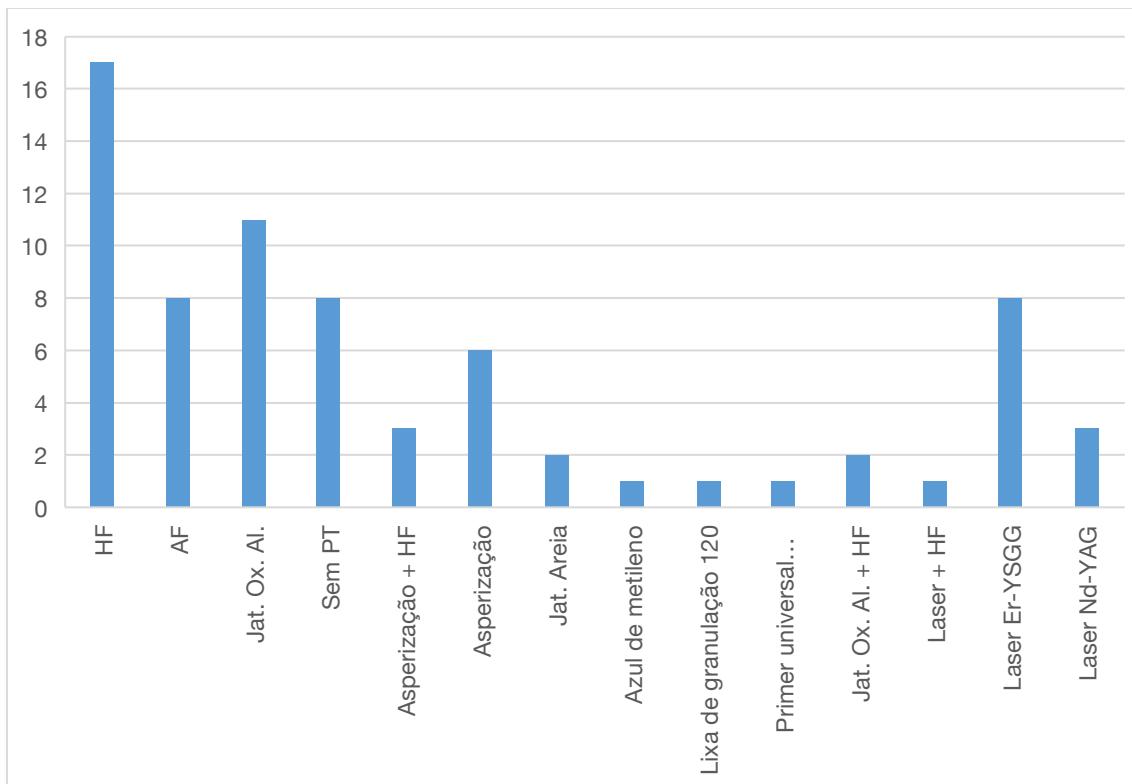
Figura 2: Distribuição mundial de estudos selecionados sobre reparo na cerâmica de dissilicato de lítio: Turquia (n=8), Brasil (n=4), Arábia Saudita (n=3), Alemanha (n=3), Iraque (n=3), Japão (n=1), Irã (n=1), Nigéria (n=1), China (n=1), Coreia (n=1), Estados Unidos (n=1). Figura gerada com MapChart.net.

2.3.2 Tratamento da peça cerâmica

Quanto ao preparo da peça, os estudos utilizaram ácido fluorídrico [5, 8, 9, 12, 13, 14, 16, 17, 18, 20, 21, 23, 24, 25, 27, 29] com concentração entre 4% e 10% sob um tempo de aplicação entre 20 seg e 90 seg, jateamento com óxido de alumínio [9, 13, 14, 20, 23, 27, 28, 29, 30, 32, 34], ácido fosfórico [5, 18, 19, 21, 32, 33, 34, 35] com concentração entre 10% e 37% sob um tempo de aplicação entre 5 seg e 90 seg, sem pré tratamento [5, 8, 10, 13, 19, 21, 29, 30], laser ER-YSGG [5, 9, 14, 16, 17, 20, 27, 34], asperização com ponta diamantada [14, 18, 20, 29, 33, 34], Monobond Etch & Prime sem outro tipo de preparo mecânico prévio [4, 13, 19, 25, 30], laser Nd-YAG [10, 17, 20],

jateamento com areia [8, 18], azul de metileno + laser diodo [27], lixa de grão com granulação 120 [31], asperização + ácido fosfórico [26], asperização + HF [14], primer universal Tokuyama [25], laser + HF [14] e jateamento com óxido de alumínio + HF [4] (gráfico 1).

Gráfico 1 – Quantidades de estudos e os materiais utilizados no preparo cerâmico.



Legenda: HF: ácido fluorídrico, AF: ácido fosfórico, Jat. Óx Al: jateamento com óxido de alumínio, Sem PT: sem pré-tratamento, Jat. areia: jateamento com areia, Jat. Óx Al+HF: Asperização, jateamento com óxido de alumínio e ácido fluorídrico.

Nesses estudos, os grupos com ácido fluorídrico apresentaram melhores resultados quando comparados com os outros métodos [5, 9, 16, 17, 18, 20, 23, 27, 29] (sem condicionamento, ácido fosfórico, asperização com ponta diamantada, laser Er,Cr:YSGG, fotossensibilizador de azul de metileno, jateamento com óxido de alumínio), exceto no estudo de Al-Thagafi R, Al-Zordk W, Saker S (2016)[8], em que o jateamento com areia apresentou melhores resultados quando comparado com o condicionamento de ácido fluorídrico. Nos estudos incluídos, o tempo de aplicação de cada protocolo e a porcentagem dos ácidos foram diferentes e estão detalhados no quadro 3.

2.3.3 Agente de união e adesivo

Muitos estudos utilizaram o silano e apontaram sua importância na adesão química [4, 6, 8, 9, 12, 13, 16, 17, 18, 20, 23, 24, 25, 26, 27, 29, 30, 32, 33, 34] (tabela 1). Alguns estudos utilizaram um kit de reparo específico com silano ou primer específico [14, 21, 26, 28, 31, 33].

Os estudos apresentaram diferentes sistemas adesivos, o que dificulta uma análise comparativa padronizada frente às diferentes composições. 12 estudos utilizaram adesivo do tipo convencional de 2 passos [8, 13, 16, 17, 18, 20, 23, 26, 29, 30, 32, 33], 10 usaram adesivo universal de 1 passo [4, 5, 9, 13, 14, 19, 27, 31, 34, 35], 1 com autocondicionante de 1 passo [6] e 5 utilizaram autocondicionantes de 2 passos [12, 21, 26, 32, 35] e os únicos grupos que não utilizaram algum sistema adesivo foram aqueles que utilizaram resinas autoadesivas [24, 28].

2.3.4 Materiais restauradores

Como material restaurador, a maioria dos trabalhos utilizou resina composta de consistência convencional [4, 5, 6, 8, 9, 12, 14, 16-19, 21, 23, 24, 27, 29-35], seguido de resina composta do tipo flúida [13, 20, 24, 28] e cimento resinoso dual [20, 25, 26], sendo que nos estudos de Sanal FA, Kilinc H (2020) [28] e Karci M et al. (2018) [24] as resinas foram do tipo autoadesivas (Quadro 1).

Quadro 1 – Material restaurador, modelo, marca e estudos.

MATERIAL	MODELO (MARCA)	ESTUDOS
Resina composta de consistência convencional	Z350XT (3M ESPE)	4, 29
	Z250XT (3M ESPE)	14, 12, 23
	Tetric N-Ceram, (Ivoclar Vivadent)	12, 17, 24
	Tetric Evo Ceram, (Ivoclar Vivadent)	30, 31, 8, 32, 33
	Clearfil AP-X (Kuraray)	19, 27, 35, 9
	G-aenial Anterior (GC)	34
	iGOS Universal (Yakamakin)	35

	Grandio DC (VOCO)	5, 21
	P90 (3M ESPE)	16
	Ceram-X Mono (Dentsply)	18
	Z100 (3M ESPE)	6
	Arabesk Top (VOCO)	33
	Charisma (Kulzer)	33
Resina composta de consistência flúida	Filtek Ultimate Flowable (3 M ESPE)	13
	Multicore <i>flow</i> (ivoclar Vivadent)	20
	Vertise <i>Flow</i> (Kerr)	28
	Fusio Dentina Líquida (Pentron)	28
	Constic <i>flow</i> (DMG)	28
	Nova Compo SF (Imicryl)	24
Cimento resinoso	Cimento resinoso dual Estecem II (Tokuyama)	25
	Cimento resinoso dual Variolink N (Ivoclar Vivadent)	25, 26
	Cimento resinoso dual Variolink DC (Ivoclar Vivadent)	25
	Cimento resinoso dual G-CEM LinkForce (GC)	25
	Cimento resinoso dual RelyX Ultimate (3M)	25
	Variolink Esthetic (Ivoclar Vivadent)	25
	Multicore <i>flow</i> dual (Ivoclar Vivadent)	20

2.3.5 Protocolos utilizados

Em uma análise global, dentre os diferentes protocolos de reparo cerâmico, os mais utilizados estão dispostos no Quadro 2, sem considerar porcentagem, tempo de aplicação e marca.

Quadro 2 – Relação dos protocolos de reparo mais utilizados nos estudos.

PROTOCOLOS MAIS UTILIZADOS	ESTUDOS
Ácido fluorídrico + silano + adesivo + resina composta convencional	4, 8, 9, 14, 16, 17, 20, 23, 24, 27, 29, 30
Jateamento com óxido de alumínimo +	6, 9, 14, 20, 23, 27, 29, 30, 32, 34

silano + adesivo + resina composta convencional	
Ácido fosfórico + silano + adesivo + resina composta convencional	12, 18, 21, 32, 33, 34, 35
Asperização, silano + adesivo + resina composta convencional	14, 20, 29, 32, 33, 34
Laser + silano + adesivo + resina composta convencional	9, 14, 16, 17, 27, 34

2.3.6 Fator envelhecimento/termociclagem

Alguns estudos realizaram a termociclagem dos espécimes previamente a qualquer preparo da peça cerâmica a fim de tentar simular o meio bucal [5, 12, 13, 28, 29, 30, 31, 34, 35]. Os demais estudos não realizaram o envelhecimento prévio.

Após o reparo da peça cerâmica, o envelhecimento por termociclagem foi realizado na maioria dos estudos [4, 5, 8, 9, 12, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 35]. Dentre eles, muitos sob uma temperatura de 5/55°C [4, 5, 8, 9, 12, 17, 18, 24, 25, 28, 29, 31, 32, 33, 35] e 5.000 ciclos [8, 9, 12, 18, 19, 24, 28, 30, 35]. Nos grupos termociclados, foi percebida uma redução na resistência de união entre cerâmica e composto resinoso.

2.4 DISCUSSÃO

O reparo da cerâmica de dissilicato de lítio é apontado como uma técnica conservadora e minimamente invasiva que oferece resultados estéticos e funcionais satisfatórios, prolonga a durabilidade da restauração e apresenta menor custo quando comparada à troca da peça. No entanto, a substituição da peça deve ser considerada quando a função é comprometida [6, 7, 8, 9, 11, 12, 15, 18, 27].

Ao examinar os protocolos de tratamento da cerâmica de dissilicato de lítio é possível identificar que os materiais e protocolos empregados em cada etapa do reparo são baseados em métodos previamente estabelecidos para o tratamento interno da restauração cerâmica durante a cimentação adesiva. O uso de tratamentos de superfície mecânicos e químicos foi comum entre os estudos, com a maioria deles indicando que a combinação desses tratamentos resulta na maior força de união entre a cerâmica e a resina composta [8, 9, 12, 14, 17, 20, 21, 25, 29].

No tratamento de superfície, os métodos mais utilizados foi o uso do ácido fluorídrico [5, 8, 9, 12, 13, 14, 16, 17, 18, 20, 21, 23, 24, 25, 27, 29], jateamento com óxido de alumínio [9, 13, 14, 20, 23, 27, 28, 29, 30, 32, 34], e ácido fosfórico [5, 18, 19, 21, 32, 33, 34, 35]. Dentre os 17 estudos que utilizaram o HF, 9 deles [5, 9, 16, 17, 18, 20, 23, 27, 29] apresentaram uma resistência de união superior entre cerâmica de dissilicato de lítio e resina composta quando comparado aos outros materiais (jateamento com óxido de alumínio, ácido fosfórico, asperização com ponta diamantada, laser (Nd:YAG e Er Cr:YSGG), azul de metileno), outros estudos apresentaram melhores resultados quando o preparo foi realizado com jateamento de areia [8], HF + jateamento com óxido de alumínio [14] e MEP [13], e 1 estudo [21] apresenta o uso do HF e ácido fosfórico com efeitos e resultados semelhantes e 4 estudos [12, 24, 25, 28] apesar de utilizarem o HF, não o comparou com outros materiais no tratamento de superfície.

Os trabalhos que apresentaram melhores resultados ao utilizar o HF, explicam que o mesmo atua dissolvendo seletivamente a matriz vítreia da cerâmica, formando uma camada altamente rugosa, o que aumenta a área de contato da superfície, facilitando a penetração da resina nas microrretenções e melhorando a adesão [4, 17]. No entanto, esse ácido pode enfraquecer a cerâmica de dissilicato de lítio ao diminuir a resistência à flexão. Em um estudo, os autores utilizaram o HF 4,5% por 20 segundos, conforme recomendado por estudos anteriores. Ao aumentar o tempo de corrosão, os valores de rugosidade são frequentemente aumentados e a resistência à flexão é significativamente reduzida [17].

Embora o HF tenha sido considerado o padrão ouro para o tratamento da cerâmica de dissilicato de lítio [5, 9, 16, 17, 18, 20, 23, 27, 29], a diversidade de protocolos, incluindo diferentes concentrações e tempos de aplicação, contribui para uma variabilidade nos resultados [5, 8, 9, 12, 13, 14, 16, 17, 18, 20, 21, 23, 24, 25, 27, 29]. Os estudos utilizaram diferentes tempos de aplicação (entre 10 e 90 segundos) e concentrações (entre 4% e 10%) do HF, porém, não tiveram como objetivo comparar os efeitos desses fatores no desempenho do reparo. Essa diversidade sugere que uma padronização dos protocolos de tratamento pode ser necessária para facilitar comparações mais claras entre os estudos. Além disso, uma análise mais detalhada sobre como essas variações influenciam a eficácia do reparo pode ser importante para futuras pesquisas.

Dentre os 9 estudos que avaliaram o uso do jateamento com óxido de alumínio para o preparo prévio da cerâmica, todos apresentaram menor força de união quando comparado ao HF [9, 14, 20, 23, 27, 29], MEP [13, 30] e ácido fosfórico [34]. Além de exigir um microjateador e uma barreira de borracha para evitar potenciais efeitos colaterais no sistema respiratório, os resultados apontam que o jateamento com óxido de alumínio deve ser considerado um método de limpeza e não de preparo da peça [4].

O impacto das partículas de Al_2O_3 pode comprometer a integridade da superfície cerâmica, prejudicando sua resistência mecânica. Assim, fatores como o tamanho e a forma das partículas, bem como a pressão e a distância utilizadas durante o jateamento abrasivo, devem ser cuidadosamente considerados na escolha desse método de limpeza [4]. Nos estudos analisados, foi observada uma variabilidade significativa em relação a esses parâmetros. As partículas utilizadas apresentaram diferentes tamanhos, entre 45 e 50 μm , tempos de aplicação entre 1 e 5 minutos, pressões de 2 bar a 18 libras e uma distância padrão de 10 mm. Nos nove estudos revisados, não foi realizada uma comparação entre os diferentes protocolos de jateamento, o que impossibilita a definição de um parâmetro ideal a ser adotado para otimizar os resultados.

O jateamento de óxido de alumínio apresentou bons resultados quando associado ao HF. Acredita-se que a gravidade desse impacto leva à criação de

fissuras microscópicas na superfície, ao longo das quais o HF pode ser passado profundamente e interagir seletivamente com a superfície do material e fornece uma superfície mais porosa e irregular, de modo que a retenção micromecânica é aumentada por um lado e gera mais grupos hidroxila na superfície que permitem a ligação química com a resina por outro lado [14].

Como alternativa ao uso do HF, foi apresentado o Monobond Etch & Prime (MEP), que reúne em um único frasco o polifluoreto de amônio e o silano (trimetoxisililpropilmacrilato), com o objetivo de simplificar o tratamento superficial de vitrocerâmicas e reduzir a toxicidade associada ao HF. Estudos indicam que a utilização do MEP proporciona resistência de união comparável à obtida com o protocolo convencional envolvendo HF seguido da aplicação de silano. Dessa forma, ambos os métodos são considerados eficazes para o condicionamento da cerâmica de dissilicato de lítio [4].

Em relação ao uso de outros métodos, os estudos mostraram que os lasers Nd:YAG [10, 17, 20] e Er,Cr:YSGG [5, 9, 14, 16, 17, 20, 27, 34], a asperização com ponta diamantada [14, 18, 20, 29, 33, 34] e utilização do ácido fosfórico [5, 18, 19, 32], embora de fácil aplicação intraoral, não se mostraram eficazes como tratamento de superfície para cerâmicas de dissilicato de lítio. As imagens em microscópio eletrônico por varredura do dissilicato de lítio tratado com lasers Nd:YAG mostraram irregularidades moderadas com uma superfície predominantemente lisa; enquanto as imagens do laser Er,Cr:YSGG mostraram uma superfície lisa e não retentiva com formação mínima de poros que pode ser atribuída à menor resistência de ligação desses materiais [17], o que justifica os baixos valores apresentados nos estudos.

Estudos mostraram que apenas a criação de micro-rugosidades pelo condicionamento do HF não é suficiente para garantir bons níveis de adesão [6, 11, 18, 20]. Entre os estudos avaliados, 20 utilizaram silano de um frasco [4, 6, 9, 8, 12, 13, 16, 17, 18, 20, 23, 26, 27, 29-35] e apontam sua aplicação como fator essencial para uma boa adesão, e um estudo [25] utilizou o silano de dois frascos e mostrou a menor resistência de união (mesmo sem o envelhecimento). Dos 9 grupos que apresentaram o HF como padrão ouro, somente um [5] não utilizou silano, entretanto, nesse estudo foi aplicado o HF

9,6% durante 60 segundos, causando maior alteração estrutural e maior embricamento mecânico.

Evidências indicam que a ligação química promovida pelo silano pode não apresentar alta força e estabilidade quando o silanol é incorporado em primers universais. A associação do silanol com monômeros metacrílicos tende a favorecer sua desativação, fenômeno que parece estar relacionado aos tipos de adesivos utilizados. Adicionalmente, os níveis de pH das formulações influenciam diretamente os processos de hidrólise e condensação do silanol. Observa-se que os três primers analisados neste estudo apresentam pH altamente ácido (entre 2,2 e 2,7), o que pode intensificar a hidrólise do silanol [25].

Dentro os diferentes tipos de silanos, os mais utilizados foi o Monobond Plus (Ivoclar Vivadent) [20, 25, 26, 27, 30] e Monobond S (Ivoclar Vivadent) [8, 12, 24, 32, 33].

Como sistema de união, 23 estudos utilizaram adesivo [4, 5, 6, 8, 9, 12, 13, 14, 16, 18, 19, 20, 21, 23, 26, 27, 29, 30-35] e 3 não utilizaram [24, 25, 28]. 12 estudos utilizaram adesivo do tipo convencional de 2 passos [8, 13, 16, 17, 18, 20, 23, 26, 29, 30, 32, 33], 10 usaram adesivo universal de 1 passo [4, 5, 9, 13, 14, 19, 27, 31, 34, 35], 1 com autocondicionante de 1 passo [6] e 5 utilizaram autocondicionantes de 2 passos [12, 21, 26, 32, 35].

17 estudos utilizaram adesivos que contém MDP em sua composição [4, 5, 6, 9, 12, 13, 14, 19, 21, 26, 27, 28, 31, 32, 33, 34, 35]. Embora o monômero funcional 10-MDP (10-metacriiloiloxidecil dihidrogeno fosfato) apresente maior afinidade química por substratos metálicos e cerâmicas à base de óxidos, como a zircônia, sua incorporação em sistemas adesivos multifuncionais ou primers associados ao silano também contribui de forma significativa para a adesão ao dissilicato de lítio. Nesses casos, o MDP atua sinergicamente, promovendo um reforço da interface adesiva por meio da formação de uma camada química estável e resistente à degradação hidrolítica. Essa estabilidade interfacial resulta em maior durabilidade da união adesiva, mesmo sob condições adversas de umidade, como as encontradas na cavidade oral [9, 13, 14].

Single Bond Universal (3M ESPE) [4, 5, 13, 16, 23, 29], Heliobond (Ivoclar Vivadent) [8, 12, 13, 20, 30, 33] e Clearfil SE Bond (Kuraray) [12, 21, 26, 32, 35] foram os mais utilizados, no entanto, a diversidade de protocolos impossibilita uma análise comparativa entre os resultados dos adesivos, sendo necessário um padrão mais definido nos estudos futuros.

Como material restaurador, 22 estudos utilizaram resina compostas de consistência convencional [4, 5, 6, 8, 9, 12, 14, 16-19, 21, 23, 24, 27, 29-35], 4 estudos utilizaram resina composta do tipo flúida [13, 20, 24, 28], cimento resinoso dual [20, 25, 26] e cimento resinoso fotopolimerizável [25]. As resinas de consistência convencional foram as mais utilizadas por apresentar boas propriedades ópticas e mecânicas, bem como pela facilidade de aplicação [4, 5, 6, 8, 9, 12, 14, 16-19, 21, 23, 24, 27, 29-35]. No entanto, essas resinas mostram instabilidade de cor e resistência limitada a longo prazo [9, 25, 30-34], o que pode levar à necessidade de substituição do reparo após alguns anos.

11 estudos [6, 8, 12, 14, 19, 21, 23, 24, 28, 33, 35] utilizaram resinas micro-particuladas, 11 estudos [17, 18, 24, 26, 27, 28, 30, 31, 32, 34, 35] nano-híbridas, 5 utilizaram nanoparticuladas [4, 9, 13, 28, 29], 1 nano-híbrida [5] e 1 silorano-based (tecnologia alternativa). Ao comparar resinas compostas microparticuladas com as nano-híbridas, evidências da literatura indicam que ambas apresentam desempenho semelhante em termos de resistência mecânica. No entanto, os materiais nano-híbridos demonstram superioridade em propriedades relacionadas à longevidade clínica, como maior estabilidade do polimento, menor rugosidade superficial, melhor manutenção da estabilidade cromática, integridade estética ao longo do tempo e, consequentemente, maior durabilidade em ambiente bucal [24, 28].

No que tange à longevidade do reparo, a maioria dos estudos realizou termociclagem sob temperatura de 5/55°C [4, 5, 8, 9, 12, 17, 18, 24, 25, 28, 29, 31-33, 35] com variações no número de ciclos, simulando o envelhecimento clínico e identificaram uma redução na força de união em comparação com o grupo não envelhecido [4, 8, 9, 24, 25, 27-33, 35], porém, a maioria não investigou de maneira aprofundada os efeitos desse envelhecimento nas propriedades mecânicas e estéticas do reparo (cor e brilho).

Autores apontam que a descoloração está associada principalmente à sorção de água e à hidrofilicidade da matriz orgânica da resina composta, fatores que influenciam negativamente sua estabilidade cromática. Em sua análise comparativa entre quatro tipos distintos de resinas compostas, todos os grupos apresentaram valores de diferença de cor (ΔE) superiores aos limites considerados clinicamente aceitáveis [28].

Esta revisão de escopo apresenta como limitações a análise exclusiva de estudos *in vitro*, a heterogeneidade metodológica e dos protocolos e a impossibilidade de realizar uma análise quantitativa. Além disso, oito estudos permaneceram inacessíveis, o que impede a avaliação completa de seus impactos. Assim, futuros ensaios clínicos são necessários para validar as conclusões e estabelecer um protocolo clínico sólido para o reparo de restaurações cerâmicas de dissilicato de lítio, baseado em evidências consistentes.

Diante dos dados apresentados, há uma necessidade de novos estudos primários que definam a melhor concentração e tempo de condicionamento do HF para descontaminação e tratamento da superfície da cerâmica de dissilicato de lítio. Também são necessários estudos que comparem novos materiais resinosos e protocolos reparadores com as resinas compostas convencionais, visando orientar o clínico sobre a melhor técnica e longevidade dos reparos.

2.5 CONCLUSÕES

Os materiais mais utilizados no reparo de restaurações cerâmicas foram: ácido fluorídrico, silano e adesivo convencional para tratamento da superfície cerâmica e resina composta convencional como material restaurador.

Os protocolos mais empregados foram o protocolo ácido fluorídrico + silano + adesivo + resina composta convencional; jateamento com óxido de alumínio + silano + adesivo + resina composta convencional; e ácido fosfórico + silano + adesivo + resina composta convencional.

REFERÊNCIAS

1. Kimyai, S., Oskoee, S. S., Mohammadi, N., Rikhtegaran, S., Bahari, M., Oskoee, P. A., & Vahedpour, H. (2015). Effect of different mechanical and chemical surface treatments on the repaired bond strength of an indirect composite resin. *Lasers in medical science*, 30(2), 653–659. <https://doi.org/10.1007/s10103-013-1391-5>.
2. Gracis, S., Thompson, V. P., Ferencz, J. L., Silva, N. R., & Bonfante, E. A. (2015). A new classification system for all-ceramic and ceramic-like restorative materials. *The International journal of prosthodontics*, 28(3), 227–235. <https://doi.org/10.11607/ijp.4244>.
3. Fradeani, M., Redemagni, M., & Corrado, M. (2005). Porcelain laminate veneers: 6- to 12-year clinical evaluation--a retrospective study. *The International journal of periodontics & restorative dentistry*, 25(1), 9–17.
4. Bessa, M. S., Marinho, L. C. N., Miranda, L. M., Carvalho, I. H. G., Campos, B. O., Borges, B. C. D., Calderon, P. D. S., & Souza, R. O. A. E. (2025). Repair bond strength of resin composite to CAD/CAM glass-ceramic: Influence of cleaning methods, surface treatments, and aging. *Journal of Dentistry*, 154, 105568. Advance online publication. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2025.105568>.
5. Barutçigil, K., & Kirmali, O. (2020). The effect of different surface treatments on repair with composite resin of ceramic. *Nigerian journal of clinical practice*, 23(3), 355–361. https://doi.org/10.4103/njcp.njcp_409_19.
6. Kim, B. K., Bae, H. E., Shim, J. S., & Lee, K. W. (2005). The influence of ceramic surface treatments on the tensile bond strength of composite resin to all-ceramic coping materials. *The Journal of prosthetic dentistry*, 94(4), 357–362. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2005.08.012>.
7. Arami, S., Hasani Tabatabaei, M., Namdar, F., Safavi, N., & Chiniforush, N. (2014). Shear bond strength of the repair composite resin to zirconia ceramic by different surface treatment. *Journal of lasers in medical sciences*, 5(4), 171–175.
8. Al-Thagafi, R., Al-Zordk, W., & Saker, S. (2016). Influence of Surface Conditioning Protocols on Reparability of CAD/CAM Zirconia-reinforced Lithium Silicate Ceramic. *The journal of adhesive dentistry*, 18(2), 135–141. <https://doi.org/10.3290/j.jad.a35909>.

9. Ataol, A. S., & Ergun, G. (2018). Effects of surface treatments on repair bond strength of a new CAD/CAM ZLS glass ceramic and two different types of CAD/CAM ceramics. *Journal of oral science*, 60(2), 201–211. <https://doi.org/10.2334/josnusd.17-0109>.
10. Ghavam, M., Soleimanpour, M., Hashemikamangar, S. S., Ebrahimi, H., & Kharazifard, M. J. (2017). Microshear bond strength of self-adhesive composite to ceramic after mechanical, chemical and laser surface treatments. *Laser therapy*, 26(4), 297–304. <https://doi.org/10.5978/isism.17-OR-19>.
11. Kimmich, M., & Stappert, C. F. (2013). Intraoral treatment of veneering porcelain chipping of fixed dental restorations: a review and clinical application. *Journal of the American Dental Association (1939)*, 144(1), 31–44. <https://doi.org/10.14219/jada.archive.2013.0011>.
12. Üstün, Ö., Büyükhatiipoğlu, I. K., & Seçilmiş, A. (2018). Shear Bond Strength of Repair Systems to New CAD/CAM Restorative Materials. *Journal of prosthodontics: Official journal of the American College of Prosthodontists*, 27(8), 748–754. <https://doi.org/10.1111/jopr.12564>.
13. Turunç-Oğuzman, R., & Şişmanoğlu, S. (2023). Influence of surface treatments and adhesive protocols on repair bond strength of glass-matrix and resin-matrix CAD/CAM ceramics. *Journal of esthetic and restorative dentistry: official publication of the American Academy of Esthetic Dentistry ... [et al.]*, 35(8), 1322–1331. <https://doi.org/10.1111/jerd.13131>.
14. Al-Askary, R. A., Al-Ashou, W. M. O., & Hassoon, S. N. (2024). Repair Bond Strength of Composite Resin to Dental Ceramic Using Various Surface Treatments: An *In Vitro* Study. *Journal of International Society of Preventive & Community Dentistry*, 14(5), 388–395. https://doi.org/10.4103/jispcd.jispcd_71_24.
15. Carrabba, M., Vichi, A., Louca, C., & Ferrari, M. (2017). Comparison of traditional and simplified methods for repairing CAD/CAM feldspathic ceramics. *The journal of advanced prosthodontics*, 9(4), 257–264. <https://doi.org/10.4047/jap.2017.9.4.257>.
16. Ebrahimi Chaharom, M. E., Pournaghi Azar, F., Mohammadi, N., & Nasiri, R. (2018). Effect of surface preparation with Nd: YAG and Er, Cr: YSGG lasers on the repair bond strength of lithium disilicate glass ceramic to a silorane-based composite resin. *Journal of dental research, dental clinics, dental prospects*, 12(1), 12–17. <https://doi.org/10.15171/joddd.2018.003>.

17. Kadhim, O. M. A., & Aljuboury, M. R. (2023). Shear bond strengths of composite resin used to repair lithium disilicate and feldspathic CAD/CAM ceramics treated by different lasers (a comparative *in vitro* study). *Journal of Research in Medical and Dental Sciences*, 11(6), 15-24.
18. Huang, B. R., Wang, X. Y., & Gao, X. J. (2013). Effects of different surface treatments on ceramic repairs with composite. *The Chinese journal of dental research*, 16(2), 111–117.
19. Ueda, N., Takagaki, T., Nikaido, T., Takahashi, R., Ikeda, M., & Tagami, J. (2021). The effect of different ceramic surface treatments on the repair bond strength of resin composite to lithium disilicate ceramic. *Dental Materials Journal*, 40(5), 1073–1079. <https://doi.org/10.4012/dmj.2020-362>.
20. Al-Deeb, L. (2020). Application of low-level laser therapy in veneer repair of lithium disilicate and Y-TZP restorations: A bond strength assessment. *Bioscience Biotechnology Research Communications*, 13(1). Disponível em <https://bit.ly/38u7fbn>.
21. Kocaağaoğlu, H., Manav, T., & Albayrak, H. (2017). In Vitro Comparison of the Bond Strength between Ceramic Repair Systems and Ceramic Materials and Evaluation of the Wettability. *Journal of prosthodontics: Official journal of the American College of Prosthodontists*, 26(3), 238–243. <https://doi.org/10.1111/jopr.12381>.
22. Garbelotto, L. G. D., Fukushima, K. A., Özcan, M., Cesar, P. F., & Volpato, C. A. M. (2019). Chipping of veneering ceramic on a lithium disilicate anterior single crown: Description of repair method and a fractographic failure analysis. *Journal of esthetic and restorative dentistry: official publication of the American Academy of Esthetic Dentistry ... [et al.]*, 31(4), 299–303. <https://doi.org/10.1111/jerd.12468>.
23. Colares, R. C., Neri, J. R., Souza, A. M., Pontes, K. M., Mendonça, J. S., & Santiago, S. L. (2013). Effect of surface pretreatments on the microtensile bond strength of lithium-disilicate ceramic repaired with composite resin. *Brazilian Dental Journal*, 24(4), 349–352. <https://doi.org/10.1590/0103-6440201301960>.
24. Karcı, M., Demir, N., Subaşı, M. G., & Gökkaya, M. (2018). Shear bond strength of a novel porcelain repair system for different computer-aided design/computer-assisted manufacturing ceramic materials. *Nigerian journal of clinical practice*, 21(4), 507–513. https://doi.org/10.4103/njcp.njcp_127_17.
25. Wille, S., Lehmann, F., & Kern, M. (2022). Durability of resin bonding to lithium disilicate using different self-etching and conventional ceramic primers

after long-term aging. *Dental materials: official publication of the Academy of Dental Materials*, 38(2), 444–450. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2021.12.027>.

26. Freitas, M. S. (2020). *Diferentes protocolos para o reparo de restaurações de dissilicato de lítio do tipo overlay* (Tese de doutorado). Programa de Pós-Graduação em Odontologia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
27. Maawadh, A. M., Almohareb, T., Al-Hamdan, R. S., Al Deeb, M., Naseem, M., Alhenaki, A. M., Vohra, F., & Abduljabbar, T. (2020). Repair strength and surface topography of lithium disilicate and hybrid resin ceramics with LLLT and photodynamic therapy in comparison to hydrofluoric acid. *Journal of applied biomaterials & functional materials*, 18, 2280800020966938. <https://doi.org/10.1177/2280800020966938>.
28. Sanal, F. A., & Kilinc, H. (2020). Evaluating Ceramic Repair Materials in Terms of Bond Strength and Color Stability. *The International journal of prosthodontics*, 33(5), 536–545. <https://doi.org/10.11607/ijp.6760>.
29. Neis, C. A., Albuquerque, N. L., Albuquerque, I.deS., Gomes, E. A., Souza-Filho, C. B., Feitosa, V. P., Spazzin, A. O., & Bacchi, A. (2015). Surface treatments for repair of feldspathic, leucite - and lithium disilicate-reinforced glass ceramics using composite resin. *Brazilian Dental Journal*, 26(2), 152–155. <https://doi.org/10.1590/0103-6440201302447>.
30. Höller, B., Belli, R., Petschelt, A., Lohbauer, U., & Zorzin, J. I. (2022). Influence of Simulated Oral Conditions on Different Pretreatment Methods for the Repair of Glass-Ceramic Restorations. *The journal of adhesive dentistry*, 24, 57–66. <https://doi.org/10.3290/j.jad.b2701717>.
31. Falah, R. M., & Ameer, Z. M. A. (2020). Shear bond strength of aged CAD/CAM ceramic materials repaired by resin composite *in vitro* using different repair adhesives. *Journal of Research in Medical and Dental Sciences*, 8(1), 61–67.
32. Külünk, T., & Şinasi Saruç, Y. (2011). Surface roughness, wettability and bond strength of three different dental repair systems. *Materials Research Innovations*, 15(1), 17-23. <https://doi.org/10.1179/143307511X12922272563626>.
33. Kumbuloglu, O., User, A., Toksavul, S., & Vallittu, P. K. (2003). Intra-oral adhesive systems for ceramic repairs: a comparison. *Acta odontologica Scandinavica*, 61(5), 268–272. <https://doi.org/10.1080/00016350310005556>.

34. Değirmenci, B. U., & Değirmenci, A. (2021). Effects of Er, Cr: YSGG laser on repair bond strength of 5-year water-aged and non-aged CAD/CAM ceramics. *International Journal of Applied Ceramic Technology*, 19(3), 1594-1604. <https://doi.org/10.1111/ijac.13975>.
35. Atay, A., Najafova, L., Kurtulmus, H. M., & Usumez, A. (2020). The micro-shear bond strength of two different repair systems to indirect restorative materials. *Stoma Edu Journal*, 7(4), 233-241.
36. Baroudi, K., & Mahmoud, S. (2015). Improving Composite Resin Performance Through Decreasing its Viscosity by Different Methods. *The open dentistry journal*, 9, 235–242. <https://doi.org/10.2174/1874210601509010235>.
37. Mokhtarpour, F., Alaghehmand, H., & Khafri, S. (2017). Effect of hydrofluoric acid surface treatments on micro-shear bond strength of CAD/CAM ceramics. *Electronic physician*, 9(10), 5487–5493. <https://doi.org/10.19082/5487>.

CAPÍTULO 3 - EFEITOS DE PROTOCOLOS DE DESCONTAMINAÇÃO E PREPARO DE SUPERFÍCIE NO REPARO DE CERÂMICA DE DISSILICATO DE LÍTIO: ESTUDO IN VITRO.

RESUMO

Introdução: A cerâmica de dissilicato de lítio é amplamente utilizada na odontologia restauradora devido às suas propriedades mecânicas e estéticas. Entretanto, pequenas fraturas podem ocorrer, demandando protocolos adequados para o reparo da restauração cerâmica.

Objetivo: Avaliar a influência da contaminação salivar, da termociclagem (prévia e pós-reparo), da concentração do ácido fluorídrico e do tempo de aplicação na resistência de união entre a cerâmica de dissilicato de lítio e a resina composta.

Materiais e Métodos: Foram preparados 80 blocos de cerâmica IPS E-max CAD®, seccionados em 3 pastilhas (10 × 10 × 4 mm), lixados, cristalizados e incluídos em resina acrílica. As amostras foram distribuídas em 32 grupos experimentais (n=20) conforme fatores: termociclagem prévia (5.000 ciclos térmicos 5–55 °C), contaminação salivar (saliva artificial por 2 minutos), concentração do HF (5% ou 10%), tempo de aplicação do HF (20 ou 60 segundos) e termociclagem pós-reparo (5.000 ciclos). Após tratamento de superfície com HF, silano e sistema adesivo, foram confeccionados 4 cilindros com resina composta fluida sobre a pastilha cerâmica, com ajuda de um molde de silicone por adição. A resistência de união foi avaliada pelo teste de microcralhamento e os padrões de falha foram classificados como adesiva, coesiva ou mista. Dados foram analisados por testes t, ANOVA, regressão linear múltipla e o padrão de falha avaliados pelos testes Qui-quadrado e Fisher ($p<0,05$).

Resultados: A contaminação salivar ($p<0,001$), o tempo de aplicação do HF ($p<0,001$) e a termociclagem pós-reparo ($p<0,001$) tiveram efeito significativo na resistência de união, enquanto a termociclagem prévia ($p=0,543$) e a concentração do HF ($p=0,717$) não apresentaram efeito isolado significativo. A regressão linear múltipla indicou que a saliva reduziu a resistência em 11,9 MPa, a termociclagem pós-reparo em 8,76 MPa e a aplicação do HF por 20 segundos em 1,57 MPa. Observou-se predominância de falhas do tipo adesivas (65,6%) havendo associação significativa com a contaminação salivar (94%). A termociclagem pós-reparo também aumentou a ocorrência de falhas adesivas.

Conclusões: A contaminação por saliva e a termociclagem pós-reparo comprometem significativamente a resistência de união do material de reparo à cerâmica de dissilicato de lítio, enquanto a concentração do HF e a termociclagem prévia não apresentam efeito significativo.

Palavras-chave: reparo de restauração dentária; porcelana dentária; cerâmicas; falha em restauração dentária; cimentos dentários; adesão dentária.

3.1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, a crescente demanda por materiais estéticos e biocompatíveis tem impulsionado o interesse pelas restaurações cerâmicas na odontologia restauradora e protética. Como resultado, diversos sistemas cerâmicos com composições variadas foram introduzidos na prática clínica. Entre eles, destacam-se as cerâmicas vítreas reforçadas com dissilicato de lítio, amplamente valorizadas por sua elevada qualidade estética e propriedades mecânicas favoráveis. Entretanto, devido à fragilidade intrínseca das cerâmicas, fraturas e lascamentos constituem complicações clínicas recorrentes. Ocorrem frequentemente em decorrência de fadiga do material, defeitos de confecção, ausência de união adesiva adequada, desenho inadequado da restauração ou fatores de estresse oclusal, como contatos parafuncionais e interferências. Tais fraturas comprometem a função e a estética, muitas vezes tornando necessária a substituição da restauração, procedimento que envolve múltiplas sessões clínicas e custos adicionais significativos. Nesse contexto, o reparo intraoral de fraturas cerâmicas representa, na maioria dos casos, uma abordagem minimamente invasiva, sendo realizado preferencialmente com resinas compostas. Para garantir adesão duradoura e sucesso clínico, o pré-tratamento adequado da superfície cerâmica é imprescindível [1-10].

As técnicas mais utilizadas para o tratamento da superfície da cerâmica consistem no uso do ácido fluorídrico (HF), o silano, o sistema adesivo e a resina composta [8, 9, 10, 11]. Esse tipo de reparo envolve tanto mecanismos químicos, como a reação entre a superfície do material cerâmico e o silano, quanto ações mecânicas, como o entrelaçamento micromecânico promovido pelo agente de união e pela resina composta [13, 14]. Apesar do entendimento atual sobre como esses componentes atuam, ainda não há consenso na

literatura quanto ao protocolo ideal de aplicação do ácido fluorídrico [13, 14]. As divergências observadas referem-se principalmente à concentração do ácido e ao tempo de sua aplicação, fatores que podem impactar diretamente na resistência de união (RU) do material de reparo à cerâmica [12, 15].

A ação do ácido fluorídrico (HF) no condicionamento do dissilicato de lítio, durante o reparo, está diretamente relacionado ao tempo de aplicação e à sua concentração. Estudos demonstram que o uso de concentrações elevadas ou tempos prolongados pode comprometer a integridade da cerâmica, reduzindo sua resistência mecânica e afetando negativamente a adesão [12-16]. Além disso, o HF apresenta toxicidade significativa, sendo potencialmente agressivo aos tecidos moles, especialmente em concentrações mais altas, o que representa uma desvantagem clínica considerável [15, 16]. O HF na concentração de 10% pode promover uma dissolução excessiva da fase vítreia, o que contribui para a redução da integridade estrutural da cerâmica [14, 16-18]. Em contrapartida, concentrações mais baixas, como a de 5%, podem não induzir uma topografia superficial suficientemente retentiva, dificultando a penetração uniforme dos agentes cimentantes nas irregularidades formadas [8, 16]. Ainda assim, alguns estudos não encontraram diferenças estatisticamente significativas nos resultados de resistência mecânica da interface cerâmica-material de reparo ao se comparar o uso de diferentes concentrações do HF [16, 17].

Diversas abordagens têm sido investigadas como alternativas ao condicionamento com ácido fluorídrico (HF) seguido de silano, considerado o protocolo padrão-ouro para a adesão ao dissilicato de lítio [18, 19, 20, 21, 22]. Entre essas alternativas, destacam-se o uso de jateamento com óxido de alumínio, a aplicação de ácido fosfórico, lasers do tipo Nd:YAG e Er-Cr:YSGG e asperização com uso de ponta diamantada. No entanto, os valores de RU (resistência de união) da interface cerâmica/reparo obtidos com essas estratégias têm se mostrado inferiores quando comparados ao protocolo convencional utilizando HF e silano [14, 23, 24, 25]. Embora algumas dessas técnicas sejam sugeridas como métodos de preparo da superfície, elas não são consideradas ideais para promover uma adesão efetiva entre a cerâmica

de dissilicato de lítio e a resina composta. Tais abordagens têm sido recomendadas principalmente com o objetivo de promover a descontaminação da superfície cerâmica, demonstrando eficácia na remoção de substâncias interferentes, como saliva e sangue, previamente à realização dos procedimentos adesivos durante o reparo da cerâmica [22, 14, 23, 24, 25,].

Diante da ausência de consenso na literatura quanto à combinação mais eficaz de protocolos para reparo em cerâmicas de dissilicato de lítio, este estudo tem como objetivo testar a hipótese nula de que a contaminação salivar, a termociclagem (prévia e pós-reparo), a concentração do ácido fluorídrico e o tempo de aplicação não exercem efeito significativo na resistência de união da cerâmica de dissilicato de lítio ao material de reparo.

3.2 MATERIAL DE MÉTODOS

3.2.1 Materiais utilizados na pesquisa

A descrição dos materiais usados no estudo, nome comercial (lote), tipo do material, composição, marca/fabricante estão listados na Tabela 1.

Tabela 1 – Nome comercial (lote), tipo do material, composição, marca/fabricante.

Nome Comercial (lote)	Tipo do Material	Composição	Marca e Fabricante
Cerâmica e.max® IPS CAD (X31473)	Cerâmica a base de Dissilicato de Lítio	Componentes: SiO ₂ Conteúdo adicional: Li ₂ O, K ₂ O, MgO, Al ₂ O ₃ , P ₂ O ₅ e outros óxidos. 70% de cristais de dissilicato de lítio	E-max Press Ivoclar Vivadent CAD, AG, Schann, Liechtenstein
Condicionador Ácido Condac Porcelana 10% (270624)	Ácido fluorídrico	Ácido fluorídrico a 10%, água, espessante, tensoativo e corante.	FGM, Joinville, Santa Catarina, Brasil
Condicionador Ácido Condac Porcelana 5% (280224)	Ácido fluorídrico	Ácido fluorídrico a 5%, água, espessante, tensoativo e corante.	FGM, Joinville, Santa Catarina, Brasil
Silano Prosil	Agente de união	Silano funcionalizado (γ-	FGM, Joinville,

(210923A)		metacriloxipropiltrimetoxisilano), veículo solvente (etanol) e água destilada.	Santa Catarina, Brasil
Adesivo Ambar APS (2102908)	Agente adesivo	Monômeros metacrilatos hidrofílicos e hidrofóbicos, solventes (etanol e água), sistema iniciador de polimerização APS , livre de canforoquinona tradicional.	FGM, Joinville, Santa Catarina, Brasil
Applic Flow (086524)	Resina composta flúida	Monômeros orgânicos (Bis-GMA, TEGDMA, UDMA), cargas inorgânicas (dióxido de silício), iniciadores de fotopolimerização (canforoquinona e aminas terciárias), pigmentos e estabilizantes	Maquira, Maringá, Paraná, Brasil
Vipi Flash (009/24)	Resina Acrílica Autopolimerizável Transparente	Pó: Polimetilmetacrilato Líquido: Metilmetacrilato, inibidor (hidroquinona), agente de ligação cruzada (dimetacrilato de etilenoglicol).	VIPI Indústria, Pirassununga, São Paulo, Brasil
Scan Putty (12942)	Silicone de Adição	Polidimetilsiloxano vinílico, Catalisador de platina, Sílica coloidal, Óleos e plastificantes e corantes.	Yller, Yller Biomateriais, Araçuaí, Minas Gerais, Brasil

Legenda: SiO₂: óxido de silício; K₂O: óxido de potássio; Li₂O: óxido de lítio; MgO: óxido de magnésio; Al₂O₃: óxido de alumínio; P₂O₅: óxido de fósforo; APS: Advanced Polymerization System; Bis-GMA: Bisfenol A-glicidil metacrilato; TEGDMA: Trietenoglicol dimetacrilato; UDMA: Uretano dimetacrilato.

Fonte: Perfil técnico dos produtos no site das empresas fabricantes.

3.2.2 Preparo dos espécimes

Foram utilizados 80 blocos de cerâmica IPS E-max CAD[®] Ivoclar Vivadent CAD (Shcaan, Liechtenstein), para processamento CAD/CAM (Figura 1) e, cada bloco, seccionado em 3 pastilhas numa dimensão padrão de 10X10X4m. Para isso, foi utilizado um disco de corte diamantado (Figura 2) em cortadeira metalográfica de precisão Isomet[®] 1000 (Buehler, Lake Bluff, IL,

EUA) (Figura 3). Posteriormente, os blocos foram lixados, utilizando uma politriz metalográfica (PVV, Teclago, Brasil), com lixas d'água de carbeto de silício (Norton® S/A) de granulação #300, #600 e 1200# por 30 segundos, sucessivamente, sob refrigeração por água corrente, com o objetivo de regularizar a superfície exposta do fragmento cerâmico. As pastilhas foram cristalizadas em forno Programat P510® (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein, Germany) (Figura 4-6) seguindo as instruções do fabricante.



Fig. 1 - blocos cerâmicos IPS E-max Press® Ivoclar Vivadent CAD.



Fig. 2 - cortadeira metalográfica de precisão IsoMet® 1000

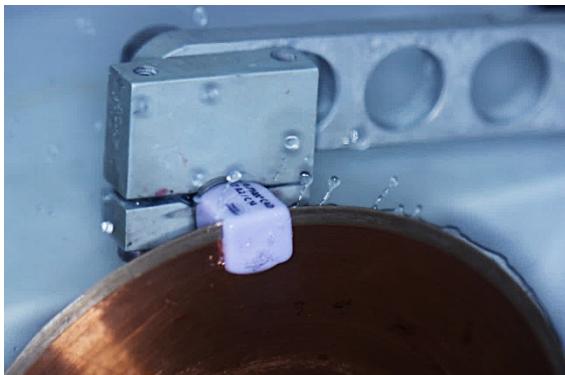


Fig. 3 - Bloco cerâmico sendo cortado pelo disco IsoMet Diamond Wafering Blades



Fig. 4 - Forno Programat P510® (Ivoclar Vivadent). Fonte: Site Ivoclar Vivadent

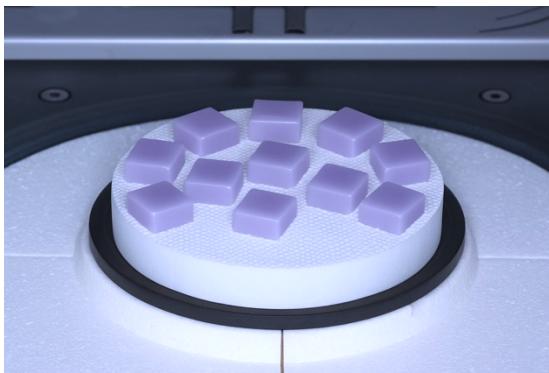


Fig. 5 – Pastilhas cerâmicas antes da cristalização.

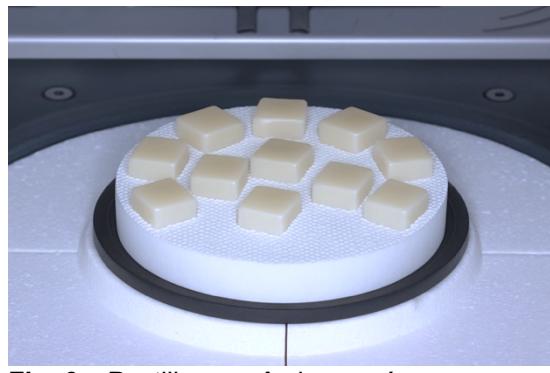


Fig. 6 – Pastilhas cerâmicas após a cristalização.

Sobre uma placa de vidro, as pastilhas cerâmicas foram incluídas, separadamente, no centro de uma bucha de redução curta PVC (Tigre, Joinville, Santa Catarina, Brasil) (Figura 7) com a superfície a ser testada em contato com a placa. A resina acrílica transparente VIPI FLASH (Pirassununga, São Paulo, Brasil) foi vertida no interior do cilindro após misturar pó e líquido e aguardado o tempo de cura.



Fig. 7 – Bucha de redução curta PVC.

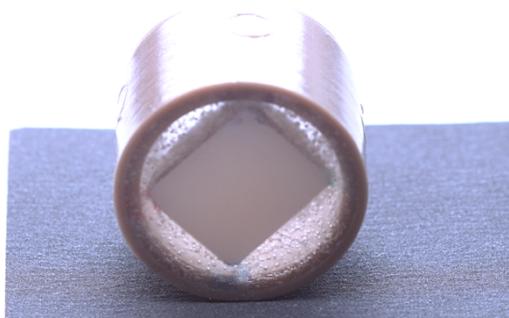


Fig. 8 – PVC/resina acrílica/cerâmica.

Todo o conjunto (PVC/resina acrílica/pastilha cerâmica) (Figura 8) foi imerso em banho ultrassônico com água destilada durante 3 minutos (Cristófoli, Campos Mourão, Paraná, Brasil). Os blocos foram então divididos em 32 grupos experimentais de acordo com os fatores de “termociclagem prévia”, “contaminação salivar”, “concentração do HF”, “tempo de aplicação do HF” e “termociclagem final” ($n=20$ / $N=640$). Os grupos experimentais são representados pelos códigos mostrados no Diagrama 1.

Os grupos foram divididos de acordo com os fatores: termociclagem prévia (com ou sem), saliva (com ou sem), concentração do HF (5% ou 10%), tempo (20 seg ou 60 seg) e termociclagem pós (com ou sem), com n=20 em cada grupo.

3.2.3 Termociclagem prévia (termo_pré)

Nos grupos submetidos à termociclagem prévia (termo_pré), as amostras foram expostas a 5.000 ciclos térmicos entre 5 °C e 55 °C (**tempo de permanência** em cada banho de **30 segundos**, **tempo de transferência** entre os banhos de **10 segundos**) em uma máquina de ciclagem térmica (OMC 300 TS, Odeme Dental Research, Brasil), com o objetivo de simular o envelhecimento artificial. Após o ciclo térmico, as amostras foram lavadas com jato de ar/água (Seringa Tríplice Odontológica, Gnatus, São Paulo, Brasil) por 30 segundos e, em seguida, secos com jato de ar por 30 segundos, a uma distância padronizada de 5 cm.

3.2.4 Contaminação salivar

Para os grupos contaminados com saliva, foi aplicada saliva artificial (Kin Hidrat, PharmaKIN, São Paulo, Brasil) com o aplicador do próprio frasco sobre a superfície cerâmica (3 aspersões até que a saliva cobrisse toda a superfície cerâmica), permanecendo em contato por 2 minutos. Na sequência, as amostras foram lavadas com jato de ar/água (Seringa Tríplice Odontológica, Gnatus, São Paulo, Brasil) por 30 segundos e secos com jato de ar por 30 segundos, mantendo uma distância de 5 cm.

3.2.5 Tratamento de superfície

Os fragmentos cerâmicos foram submetidos, de forma aleatória pelo operador, aos protocolos de tratamento de superfície específicos para cada grupo experimental (n = 20), conforme ilustrado no Diagrama 1. Cada pastilha de dissilicato de lítio foi condicionada com ácido fluorídrico (HF) a 5% ou 10% (FGM, Joinville, SC, Brasil) (Figura 9). Para cada concentração de HF, a superfície da cerâmica foi dividida em duas metades: uma metade foi

condicionada por 20 segundos e a outra por 60 segundos. Essa divisão era delimitada com um pincel marcador (Sharpie, Newell Brands, Tennessee, EUA), para controle de cada metade. Em seguida, as amostras foram lavadas com jato de ar/água por 60 segundos (Figura 10) e secas com jato de ar por 30 segundos (Figura 11), mantendo-se uma distância constante de 5 cm entre o bico do equipamento e a superfície cerâmica.

Após o condicionamento ácido, aplicou-se uma camada de silano com microbrush (FGM, Joinville, SC, Brasil) (Figura 12), seguida por jato de ar por 60 segundos a uma distância de 10 cm (Figura 13). Posteriormente, foi aplicada uma camada do sistema adesivo (Ambar APS, FGM, Joinville, SC, Brasil) com microbrush de forma ativa por 20 segundos (Figura 14). Após a aplicação, realizou-se leve jato de ar por 20 segundos (Figura 15), a uma distância de 10 cm, seguida de fotoativação por 20 segundos utilizando um fotopolímerizador de luz LED com irradiância de 1400 mW/cm² (Valo, Ultradent Products Inc., South Jordan, UT, EUA) (Figura 16).



Fig. 9 – Aplicação do HF 10%. 60 seg na metade da pastilha e 20 seg na outra metade.



Fig. 10 – Lavagem do HF com jato de ar/água por 60 seg.



Fig. 11 – Secagem com jato de ar por 30 seg



Fig. 12 – Aplicação do silano.



Fig. 13 – Secagem com jato de ar por 60 seg



Fig. 14 – Aplicação ativa do adesivo por 20 seg



Fig. 15 – Leve jato de ar sobre o adesivo por 20 seg

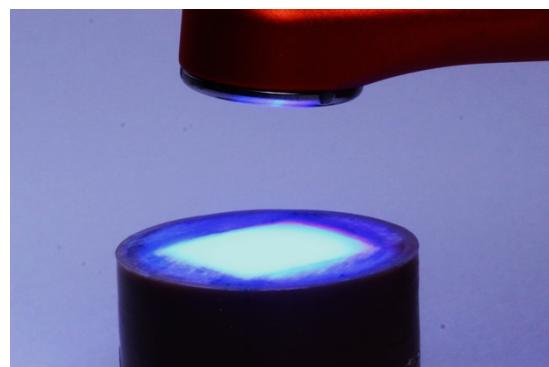
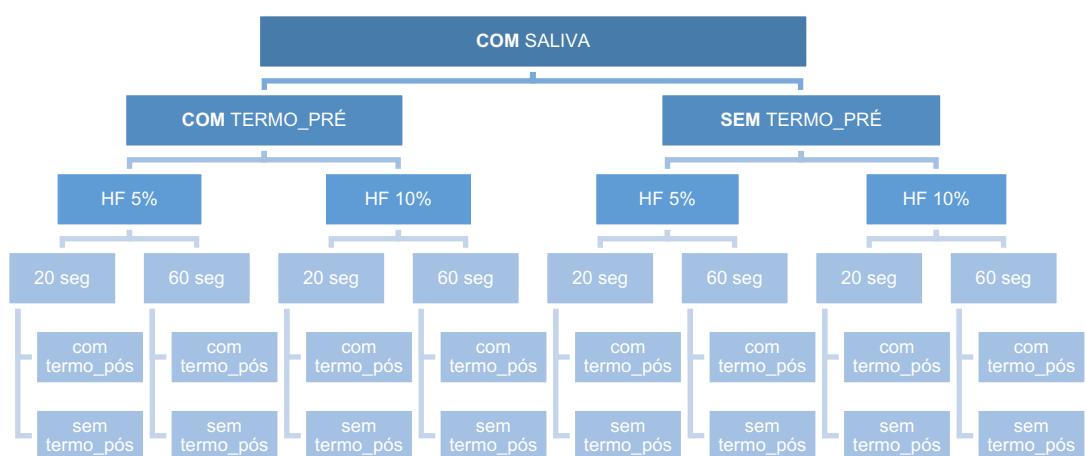
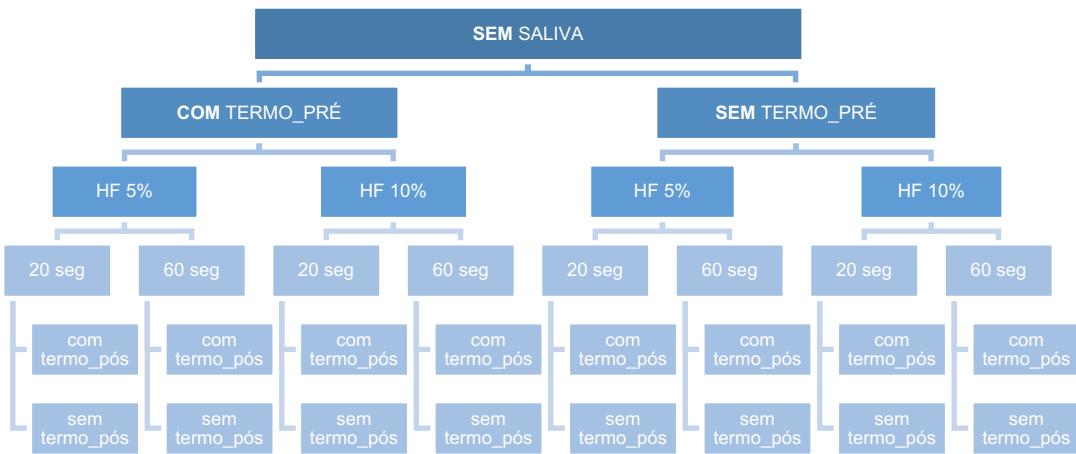


Fig. 16 – Fotopolimerização do adesivo por 20 seg

Diagrama 1: Divisão dos grupos (n=20) de acordo com os fatores avaliados.





Legenda: termo_pré: termociclagem antes do condicionamento, termo_pós: termociclagem após o reparo, HF5%: ácido fluorídrico 5%, HF10%: ácido fluorídrico 10%, 20s: 20 segundos de aplicação do HF, 60s: 60 segundos de aplicação do HF.

3.2.6 Reparo com resina composta

Foi confeccionado um guia utilizando o polivinilsiloxano com 2 mm de espessura (Scan Putty, Yller Biomateriais, Pelotas, RS, Brasil) (Figura 17, 18), contendo quatro orifícios obtidos com o auxílio de uma broca de 0,9 mm de diâmetro, acoplada a uma furadeira de bancada (Arrowmax Mini Electric Drill, Freemax Technology Company Limited, China). Esse guia foi posicionado sobre a superfície do fragmento cerâmico, recoberto por uma fita adesiva (Scotch, 3M, Cynthiana, KY, EUA) (Figura 20), previamente perfurada com um perfurador de borracha, resultando em aberturas de diâmetro ligeiramente superior a 0,9 mm (Figura 19), com o objetivo de padronizar a área para ser realizado o protocolo adesivo de reparo com a resina composta fluída.

Com o conjunto posicionado, a resina composta fluida (Aplic Flow, Maquira, Maringá, PR, Brasil) foi inserida nos orifícios do guia (Figura 21) e fotopolimerizada individualmente por 20 segundos utilizando um fotopolimerizador LED (Valo, Ultradent Products Inc., South Jordan, UT, EUA) (Figura 23). Para evitar a exposição indevida à luz nos demais orifícios durante o processo, utilizou-se uma barreira de papel alumínio (Sabensul, São Bento do Sul, SC, Brasil) (Figura 22). Após a polimerização, o guia de silicone foi cuidadosamente removido com o auxílio de um bisturi descartável nº 12 (Descarpack, Jiangsu, China), e os cilindros de resina (0,9 de diâmetro e 1,8 de

altura) (Figura 24) foram inspecionados quanto à presença de bolhas. Os excessos de material na base dos cilindros foram removidos com lâmina de bisturi nº 15 (Descarpack, Jiangsu, China).

Todos as amostras foram armazenadas em estufa (Rhomos, São Caetano do Sul, São Paulo, Brasil) a 37 °C por 24 horas antes da realização do teste mecânico.



Fig. 17 – Proporção do silicone de adição.



Fig. 18 – Guia de silicone finalizado.



Fig. 19 – Confecção de perfurações na fita adesiva Scotch com perfurador.



Fig. 20 – Guia e fita posicionados sobre a pastilha cerâmica.



Fig. 21 – Aplicação da resina flúida no interior dos orifícios do guia.



Fig. 22 – Colocação do papel alumínio sobre o guia.

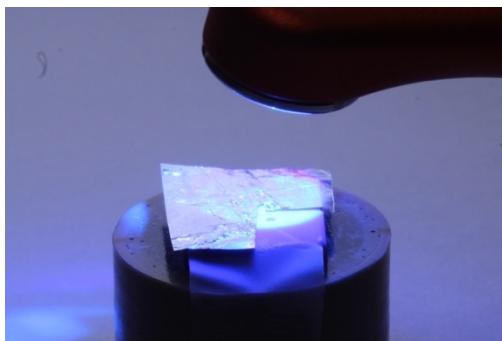


Fig. 23 – Fotopolimerização individual de cada perfuração.



Fig. 24 – Aspecto dos postes de resina após a remoção do guia de silicone.

3.2.7 Termociclagem pós (termo_pós)

Ao final, as amostras ($n=10$) de cada grupo foram submetidas (CT) ou não (ST) a termociclagem final. Os grupos submetidos à termociclagem foram expostos a 5.000 ciclos térmicos de 5°-55°C (OMC 300 TS, Odeme Dental Research, Brasil) para envelhecimento artificial, jato de ar/água (Seringa Tríplice Odontológica, Gnatus, São Paulo, Brasil) por 30 segundos e secas com jato de ar por 30 segundos a uma distância de 5 cm, antes da realização do teste de resistência de união.

3.2.8 Teste de resistência de união ao microcislhamento

O diâmetro de cada cilindro de resina composta foi medido previamente com auxílio de um paquímetro digital (MTX, Brasil) (Figura 26).

Para o teste de microcislhamento, foi utilizada a máquina de ensaios universal (EMIC EZ-LX, Shimadzu, São Paulo, Brasil). A ponta do tipo cinzel foi posicionada perpendicularmente à base do cilindro de resina composta, deixando o mais próximo possível da interface cimento resinoso e cerâmica (Figura 27). A velocidade do teste foi de 1,0 mm/min até a falha. Após o rompimento, cada cilindro foi armazenado em um microtubo plástico (Eppendorf, Hamburg, Alemanha) (Figura 28) e a superfície cerâmica foi analisada quanto ao tipo de falha.



Fig. 25 – Amostra após a marcação colorida para identificação.

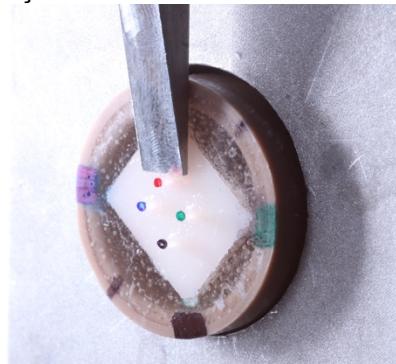


Fig. 27 – Cinzel adaptado na base da amostra durante o teste de resistência.

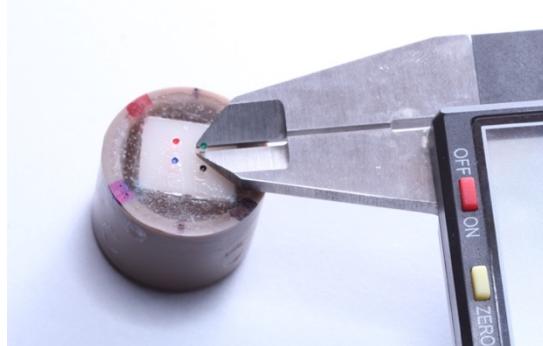


Fig. 26 – Medição do diâmetro de cada poste de resina com paquímetro.

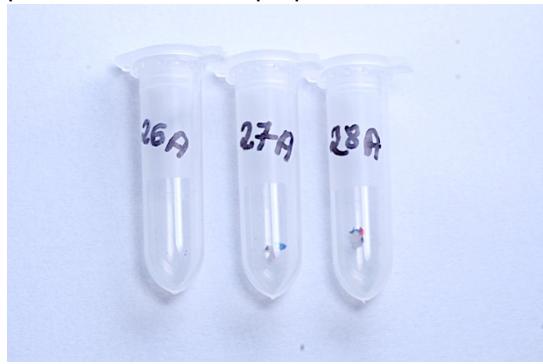


Fig. 28 – Armazenamento dos cilindros de resina em microtubos plásticos.

A força máxima obtida no ensaio de microcislhamento foi inicialmente registrada em Newtons (N) e posteriormente convertida para tensão em Megapascal (MPa). Para tal, procedeu-se à medição precisa do diâmetro de cada cilindro, cujos valores foram registrados em tabela específica. A área da seção transversal da interface adesiva foi calculada com base na geometria circular da amostra, utilizando a fórmula da área do círculo $A=\pi\times(d/2)$, em que d corresponde ao diâmetro medido em milímetros (mm), resultando em área expressa em milímetros quadrados (mm²). A resistência a tensão de microcislhamento (MPa) foi obtida pela divisão da força máxima (N) pela respectiva área da interface (mm²), conforme a equação: Tensão (MPa) = Força (N) / Área (mm²).

3.2.9 Análise dos tipos de falhas

Após o teste de microcislhamento, com o auxílio de um microscópio ótico do tipo DSX1000 (Olympus, Massachusetts, EUA), todas as pastilhas foram analisadas e registradas, através de imagens 2D e 3D (Figura 29-42). Os tipos de falha foram classificados de acordo com os seguintes critérios: A) falha

adesiva: quando ocorreu ao longo da interface cerâmica/resina (Figura 29); B) falha coesiva na cerâmica ou fratura do cilindro resinoso e C) falha mista: falha adesiva ao longo da interface cerâmica/resina + falha cerâmica coesa (Figura 30).

3.2.10 Análise estatística

Não foi realizado cálculo amostral prévio, sendo adotado ($n = 20$ por grupo) de acordo com trabalhos na literatura [Capítulo 2].

Os dados foram inicialmente avaliados quanto aos pressupostos de normalidade e homogeneidade de variâncias. O teste de Shapiro-Wilk indicou que os dados não seguiram uma distribuição normal para todos os fatores analisados ($p < 0,001$). O teste de Levene apontou violação da homogeneidade de variâncias para os fatores saliva ($p < 0,001$), ácido ($p = 0,022$) e termociclagem pós-reparo ($p < 0,001$), enquanto para termociclagem prévia ($p = 0,059$) e tempo de aplicação do adesivo ($p = 0,069$) não houve violação significativa.

Foi utilizado o teste t para amostras independentes (com correção de Welch quando necessário) para comparar os grupos em cada fator experimental.

Posteriormente, uma análise de regressão linear múltipla foi conduzida para estimar o impacto individual de cada fator na resistência ao microcislhamento. O nível de significância adotado foi de 5% ($p < 0,05$).

A análise do padrão de falha (adesiva, mista ou coesiva) foi conduzida por meio dos testes estatísticos do Qui-quadrado e do teste exato de Fisher, conforme a adequação das frequências esperadas. O teste do Qui-quadrado foi aplicado quando os pressupostos de frequência foram atendidos, enquanto o teste exato de Fisher foi utilizado em casos de amostras com frequências baixas. As análises foram realizadas no software Jamovi (The Jamovi Project, Sydney, NSW, Austrália), adotando-se nível de significância de 5% ($p < 0,05$), assegurando rigor estatístico e confiabilidade na interpretação dos resultados.

3.3 RESULTADOS

O teste t indicou que os fatores contaminação salivar ($p < 0,001$), tempo de aplicação do ácido ($p < 0,001$) e termociclagem pós-reparo ($p < 0,001$) apresentaram efeito estatisticamente significativo sobre a resistência de união. Em contrapartida, a termociclagem prévia ($p = 0,543$) e a concentração do ácido fluorídrico ($p = 0,717$) não apresentaram efeitos isolados significativos (Tabela 2).

Tabela 2 – Estatística descritiva dos valores de resistência de união (média, desvio-padrão e IC 95%).

Fator		N	Média (MPa)	IC 95% (MPa)	Desvio padrão	p (Sig.)
SALIVA	COM	320	6,94	6,94 \pm 0,55 → 6,39 – 7,49	4,96	<.001 (***)
	SEM	320	18,84	18,84 \pm 1,05 → 17,79 – 19,89	9,58	
TERMO_PRÉ	COM	320	13,1	13,1 \pm 1,15 → 11,95 – 14,25	10,49	0,543 (ns)
	SEM	320	12,7	12,7 \pm 0,98 → 11,72 – 13,68	8,79	
ÁCIDO	5%	320	12,8	12,8 \pm 1,09 → 11,71 – 13,89	10,26	0,717 (ns)
	10%	320	13	13 \pm 1,01 → 11,99 – 14,01	9,06	
TEMPO	20s	320	12,1	12,1 \pm 1,07 → 11,03 – 13,17	9,22	0,04 (*)
	60s	320	13,7	13,7 \pm 1,12 → 12,58 – 14,82	10,06	
TERMO_PÓS	COM	320	8,51	8,51 \pm 0,82 → 7,69 – 9,33	7,45	<.001 (***)
	SEM	320	17,27	17,27 \pm 1,08 → 7,43 – 9,59	9,66	

Legenda: IC 95% calculado como Média \pm $1,97 \times (SD/\sqrt{N})$; ns = não significativo; * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$.

Esses achados foram confirmados pela análise de variância (ANOVA) (Tabela 3), que demonstrou diferenças significativas para os fatores saliva ($p < 0,001$), tempo de aplicação do ácido ($p < 0,001$) e termociclagem pós-reparo ($p < 0,001$), enquanto termociclagem prévia ($p = 0,304$) e concentração do HF ($p = 0,540$) não apresentaram diferenças estatísticas significativas.

A análise de variância também permitiu identificar interações significativas entre diferentes combinações de fatores experimentais (Apêndice 3). As interações observadas envolveram: saliva * ácido (concentração), saliva * termo_pós, termo_pré * termo_pós, ácido (concentração) * termo_pós, saliva * ácido (concentração) * termo_pós, termo_pré * ácido (concentração) * termo_pós, saliva * tempo de aplicação do ácido * termo_pós, e a interação quádrupla entre saliva * termo_pré * ácido (concentração) * tempo de aplicação * termo_pós (Tabela 3).

Tabela 3 – Teste de análise de variância (ANOVA) comparando os fatores estudados e a interação entre eles.

Fator / Interação	Quadrado Médio	F	P	Significância
SALIVA	22675,93	689,45	<.001	***
TERMO_PRÉ	34,75	1,06	0,304	ns
ACIDO	12,35	0,38	0,54	ns
TEMPO	395,05	12,01	<.001	***
TERMO_PÓS	12285,62	373,54	<.001	***
SALIVA * TERMO_PRÉ	170,86	5,20	0,023	*
SALIVA * ACIDO	362,62	11,03	<.001	***
TERMO_PRÉ * ACIDO	4,59	0,14	0,709	ns
SALIVA * TEMPO	57,14	1,74	0,188	ns
SALIVA * TERMO_PÓS	1111,36	33,79	<.001	***
TERMO_PRÉ * TERMO_PÓS	1370,99	41,68	<.001	***
ACIDO * TERMO_PÓS	178,45	5,43	0,02	*
SALIVA * ACIDO * TERMO_PÓS	469,63	14,28	<.001	***
TERMO_PRÉ * ACIDO * TERMO_PÓS	232,50	7,07	0,008	**
SALIVA * TEMPO * TERMO_PÓS	141,26	4,30	0,039	*

Legenda: Significância estatística: ns = não significativa; * p < 0,05; ** p < 0,01; *** p < 0,001.

A análise de regressão linear múltipla demonstrou que o modelo ajustado explicou 59,2% da variabilidade da resistência ($R^2 = 0,592$, p < 0,001). Entre os preditores avaliados, a contaminação por saliva reduziu a resistência em aproximadamente 11,9 MPa (IC 95%: 10,9–12,9; p < 0,001), enquanto a termociclagem pós-reparo resultou em uma redução de 8,76 MPa (p < 0,001). A aplicação do ácido por apenas 20 segundos, em comparação a 60 segundos, diminuiu a resistência em 1,57 MPa (p = 0,001). O tratamento térmico prévio e a concentração do ácido não apresentaram efeito significativo (p > 0,05) (Tabela 4).

Tabela 4 – Análise de regressão linear múltipla dos fatores avaliados sobre a resistência de união.

Preditor	Coeficiente (β)	Erro- padrão	IC 95%	p-valor	Sig.
SALIVA (com vs. sem)	-11.905	0.49	-12,85 – 10,96	< 0,001	***
TERMO_PRÉ (com vs. sem)	0.466	0.49	-0,50 – 1,43	0,342	ns
ÁCIDO (5% vs 10%)	-0.278	0.49	-1,25 – 0,70	0,571	ns
TEMPO (20s vs 60s)	-1.571	0.49	-2,54 – -0,60	0,001	**
TERMO_PÓS (com vs. sem)	-8.763	0.49	-9,71 – -7,81	< 0,001	***

Legenda: IC 95%: intervalo de confiança de 95% para o coeficiente; ns: não significativo; * p < 0,05; ** p < 0,01; *** p < 0,001.

A análise do padrão de falha evidenciou uma expressiva predominância de fraturas do tipo adesiva entre os grupos experimentais (Tabela 5). Em 21 dos 32 grupos avaliados (65,6%), todos as amostras apresentaram falhas exclusivamente adesivas. A influência dos diferentes fatores experimentais sobre o tipo de falha, foi analisada individualmente por meio de testes de associação estatística (teste do Qui-quadrado e teste exato de Fisher) (Tabela 6-10). Houve uma associação estatisticamente significativa entre a presença de

saliva e o tipo de falha observada (Teste do Qui-quadrado, $\chi^2 = 37,36$; $p < 0,001$; Teste exato de Fisher, $p < 0,001$). Os grupos contaminados com saliva apresentaram predominância marcante de falhas adesivas (94%), enquanto os grupos sem contaminação demonstraram proporção significativamente maior de falhas mistas (22,8%) (Tabela 6).

Além disso, a presença de termociclagem_pós também exerceu impacto significativo sobre o tipo de falha ($p < 0,001$) (Tabela 10), com predomínio de falhas adesivas nos grupos submetidos a esse processo. Em contraste, os grupos que não passaram pela termociclagem_pós apresentaram maior ocorrência de falhas mistas. Por outro lado, os fatores termociclagem_pré, concentração do ácido fluorídrico (5% ou 10%) (Tabela 8) e tempo de aplicação (20s ou 60s) (Tabela 9) não demonstraram associação estatisticamente significativa com o padrão de falha ($p > 0,05$).

Tabela 5 - Quantidade e porcentagem (%) dos tipos de falhas (N=640).

Tipo de Falha	Quantidade	Porcentagem (%)
Adesiva	563	88,03%
Mista	77	12,03%
Coesiva	0	0,00%
Total	640	100%

Tabela 6 - Tabela de contingência para o fator **presença de saliva** versus **tipo de falha** e resultado do teste Qui-quadrado e teste de Fisher para avaliar significância.

Presença de Saliva	Falha Adesiva	Falha Mista
Com	302	18
Sem	247	73
Qui-quadrado ($p = < 0,001$)		
Teste de Fisher ($p = < 0,001$)		

Tabela 7 - Tabela de contingência para o fator **termociclagem pré** versus **tipo de falha** e resultado do teste Qui-quadrado e teste de Fisher para avaliar significância.

Termociclagem Pré	Falha Adesiva	Falha Mista
Com	271	49
Sem	278	42
Qui-quadrado ($p = 0,497$)		
Teste de Fisher ($p = 0,497$)		

Tabela 8 - Tabela de contingência para o fator porcentagem do ácido versus tipo de falha e resultado do teste Qui-quadrado e teste de Fisher para avaliar significância.

Ácido	Falha Adesiva	Falha Mista
5%	281	39
10%	268	52
Qui-quadrado ($p = 0,174$)		
Teste de Fisher ($p = 0,174$)		

Tabela 9 - Tabela de contingência para o fator tempo de condicionamento do HF versus tipo de falha e resultado do teste Qui-quadrado e teste de Fisher para avaliar significância.

Tempo	Falha Adesiva	Falha Mista
20s	268	52
60s	281	39
Qui-quadrado ($p = 0,174$)		
Teste de Fisher ($p = 0,174$)		

Tabela 10 - Tabela de contingência para o fator termociclagem pós versus tipo de falha e resultado do teste Qui-quadrado e teste de Fisher para avaliar significância.

Termociclagem Pós	Falha Adesiva	Falha Mista
Com	304	16
Sem	245	75
Qui-quadrado ($p < 0,001$)		
Teste de Fisher ($p < 0,001$)		



Fig. 29 – Imagem de superfície da pastilha cerâmica indicando falha do tipo adesiva – imagem 2D do grupo com saliva, sem termo_pré, HF5%, 60 seg, com termo_pós.



Fig. 30 – Imagem de superfície da pastilha cerâmica indicando falha do tipo mista – imagem 2D do grupo sem saliva, sem termo_pré, HF5%, 60 seg, sem termo_pós.

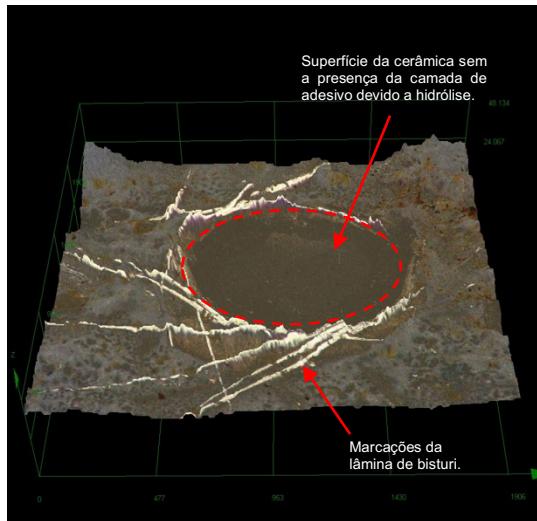


Fig. 29A – Imagem de superfície da pastilha cerâmica indicando falha do tipo adesiva – imagem 3D da figura 29 do grupo com saliva, sem termo_pré, HF5%, 60 seg, com termo_pós.

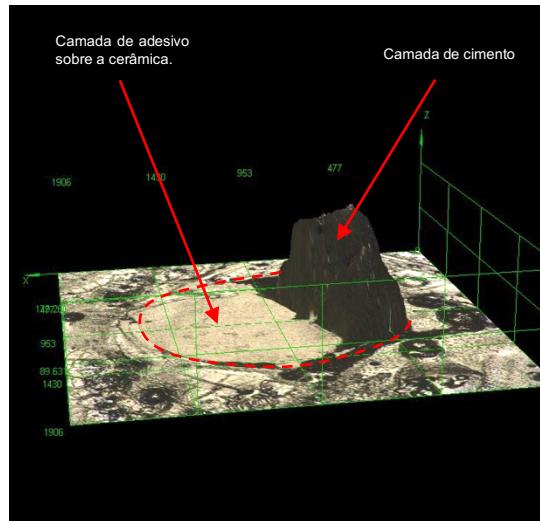


Fig. 30A – Imagem de superfície da pastilha cerâmica indicando falha do tipo mista – imagem 3D da figura 30 do grupo sem saliva, sem termo_pré, HF5%, 60 seg, sem termo_pós.

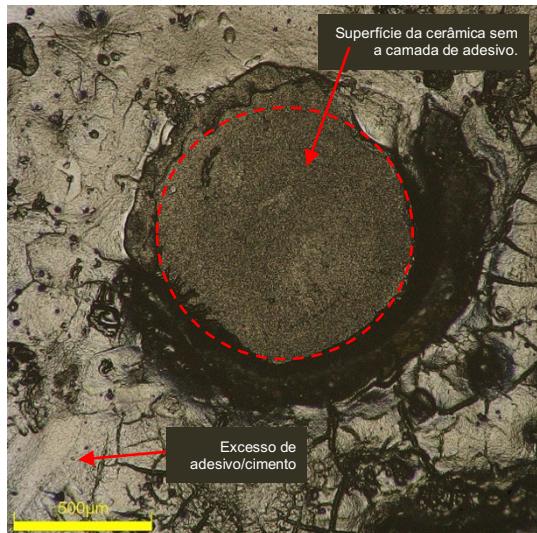


Fig. 31 – Imagem de superfície da pastilha cerâmica indicando falha do tipo adesiva – imagem 2D do grupo sem saliva, sem termo_pré, HF 10%, 60 seg, sem termo_pós.

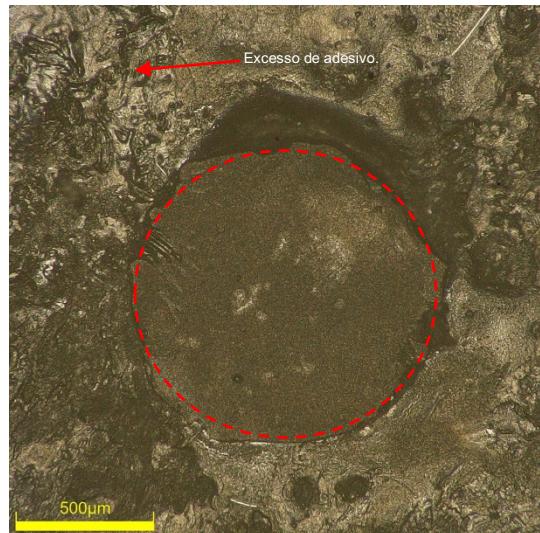


Fig. 32 – Imagem de superfície da pastilha cerâmica indicando falha do tipo adesiva – imagem 2D do grupo sem saliva, sem termo_pré, HF 5%, 60 seg sem termo_pós.

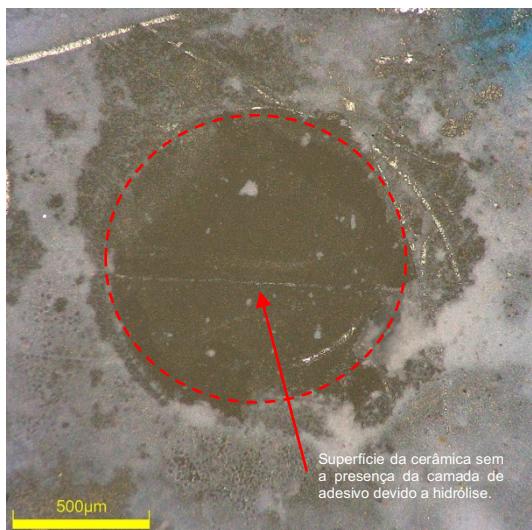


Fig. 33 – Imagem de superfície da pastilha cerâmica indicando falha do tipo adesiva – imagem 2D do grupo sem saliva, com termo_pré, HF 10%, 60 seg, com termo_pós.

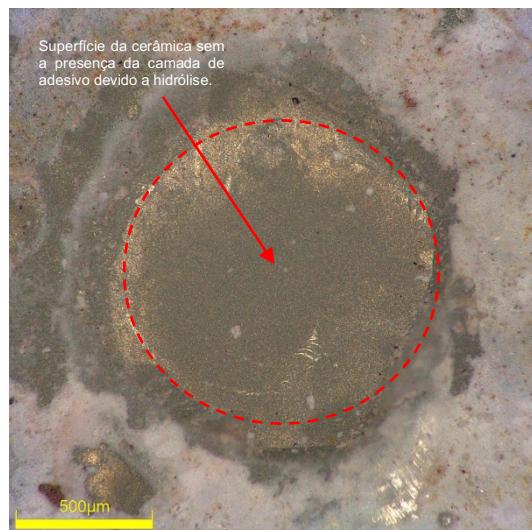


Fig. 34 – Imagem de superfície da pastilha cerâmica indicando falha do tipo adesiva – imagem 2D do grupo sem saliva, com termo_pré, HF 5%, 60 seg, com termo_pós.

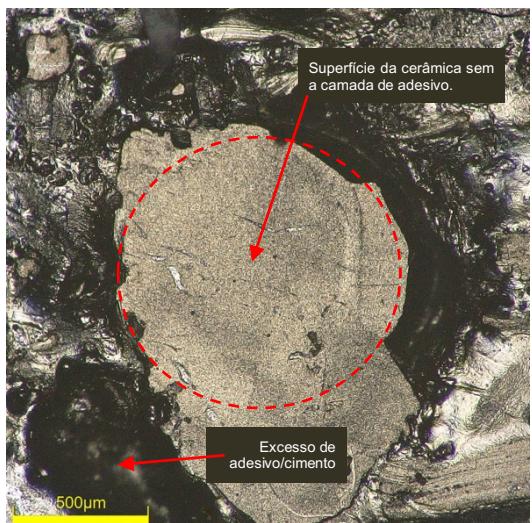


Fig. 35 – Imagem de superfície da pastilha cerâmica indicando falha do tipo adesiva – imagem 2D do grupo sem saliva, com termo_pré, HF10%, 20 seg, sem termo_pós.

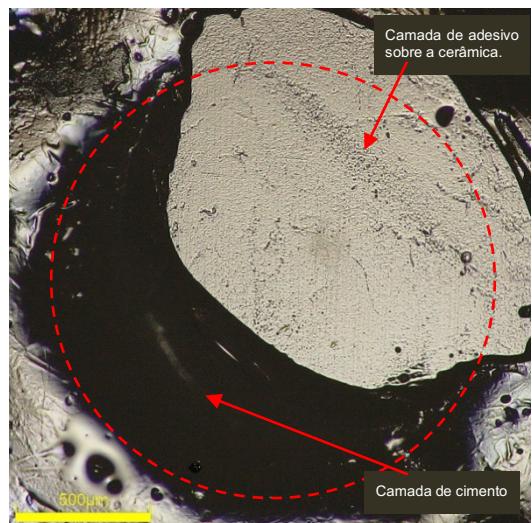


Fig. 36 – Imagem de superfície da pastilha cerâmica indicando falha do tipo mista – imagem 2D do grupo sem saliva, com termo_pré, HF5%, 60 seg sem termo_pós.

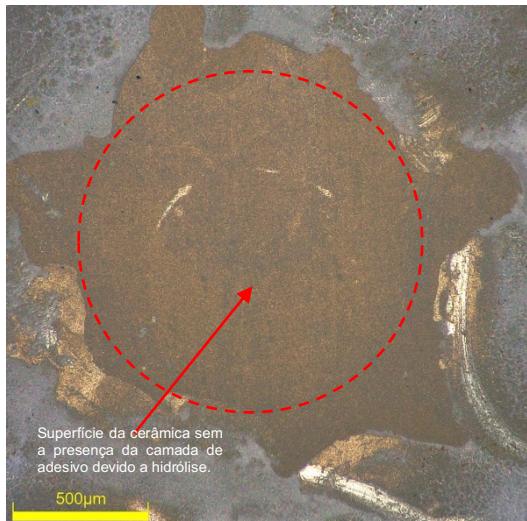


Fig. 37 – Imagem de superfície da pastilha cerâmica indicando falha do tipo adesiva – imagem 2D do grupo sem saliva, sem termo_pré, HF5%, 20 seg, com termo_pós.

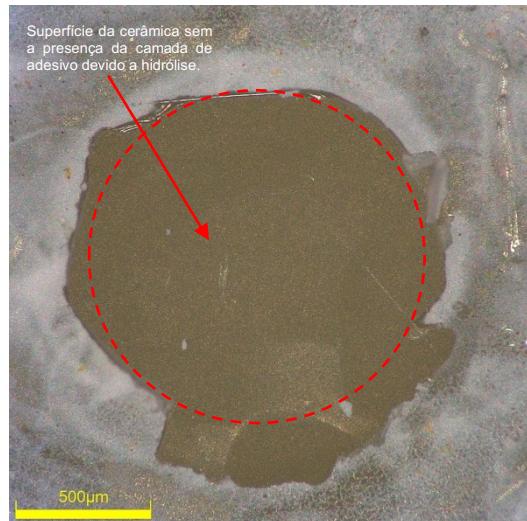


Fig. 38 – Imagem de superfície da pastilha cerâmica indicando falha do tipo adesiva – imagem 2D do grupo sem saliva, sem termo_pré, HF10%, 20 seg, com termo_pós.

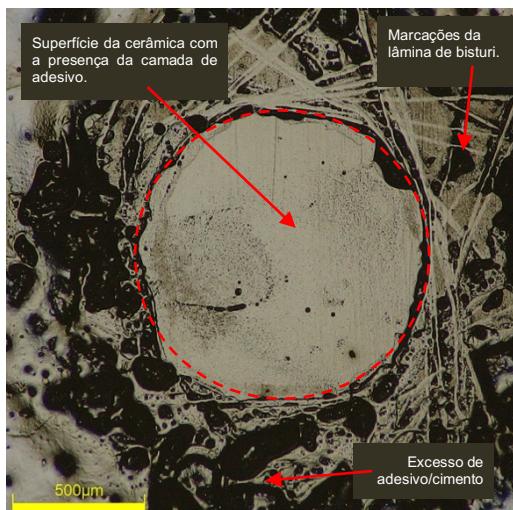


Fig. 39 – Imagem de superfície da pastilha cerâmica indicando falha do tipo adesiva – imagem 2D do grupo com saliva, com termo_pré, HF10%, 20 seg, sem termo_pós.



Fig. 40 – Imagem de superfície da pastilha cerâmica indicando falha do tipo adesiva – imagem 2D do grupo com saliva, com termo_pré, HF5%, 60 seg, com termo_pós.

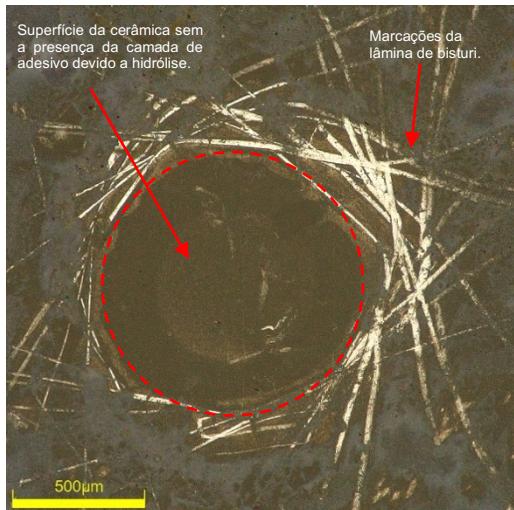


Fig. 41 – Imagem de superfície da pastilha cerâmica indicando falha do tipo adesiva – imagem 2D do grupo com saliva, com termo_pré , HF10%, 20 seg, com termo_pós.

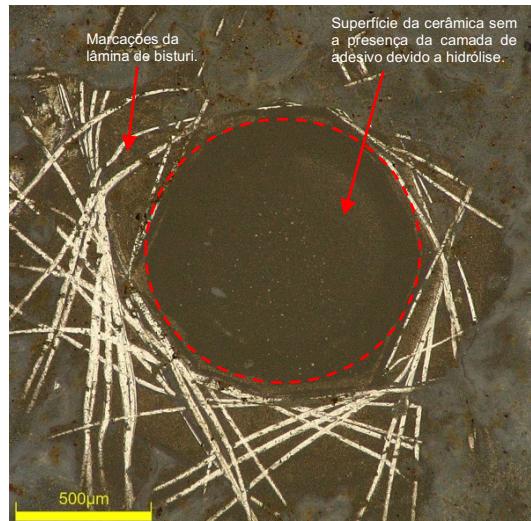


Fig. 42 – Imagem de superfície da pastilha cerâmica indicando falha do tipo adesiva – imagem 2D do grupo com saliva, sem termo_pré , HF5%, 60 seg, com termo_pós.



Fig. 43 – Imagem de superfície da pastilha cerâmica indicando falha do tipo adesiva – imagem 2D do grupo com saliva, sem termo_pré, HF10%, 20 seg, com termo_pós.

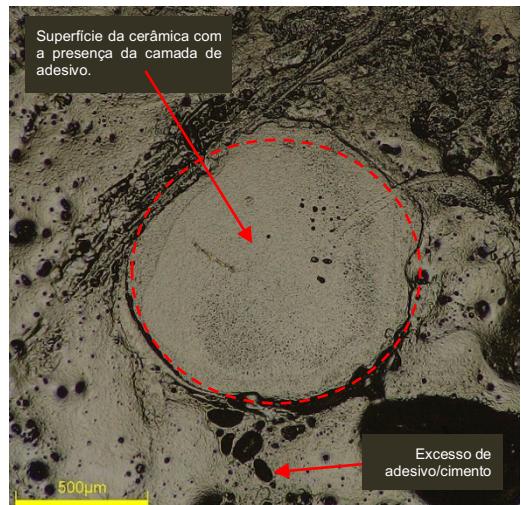


Fig. 44 – Imagem de superfície da pastilha cerâmica indicando falha do tipo adesiva – imagem 2D do grupo com saliva, sem termo_pré, HF5%, 60 seg, sem termo_pós.

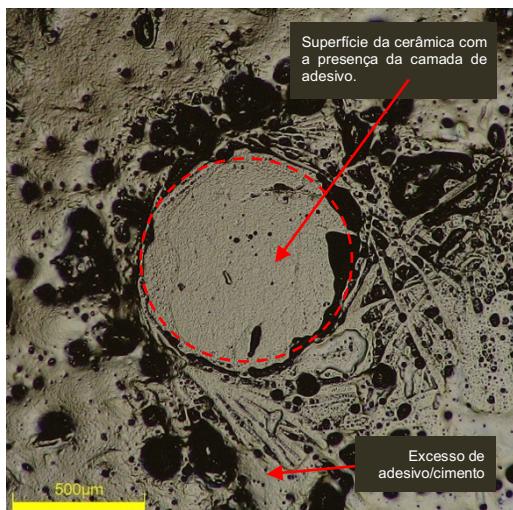


Fig. 45– Imagem de superfície da pastilha cerâmica indicando falha do tipo adesiva – imagem 2D do grupo com saliva, sem termo_pré, HF 10%, 60 seg, sem termo_pós.

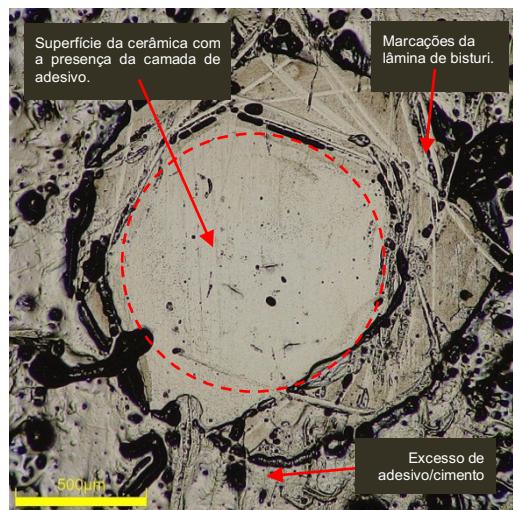


Fig. 46 – Imagem de superfície da pastilha cerâmica indicando falha do tipo adesiva – imagem 2D do grupo com saliva, com termo_pré, HF5%, 20 seg, sem termo_pós.

3.4 DISCUSSÃO

Os resultados deste estudo demonstraram que a resistência de união (RU) entre a cerâmica de dissilicato de lítio e o reparo com resina composta foi significativamente afetada por três fatores principais: contaminação salivar, tempo de aplicação do ácido fluorídrico (HF) e termociclagem pós-reparo ($p < 0,001$ para todos), enquanto a termociclagem prévia ($p = 0,543$) e a concentração do HF ($p = 0,717$) não apresentaram efeitos significativos isolados, assim, a hipótese nula foi parcialmente rejeitada.

A análise de regressão múltipla evidenciou que a contaminação salivar reduziu a RU em aproximadamente 11,9 MPa (IC 95%: 10,9–12,9; $p < 0,001$), representando o fator de maior impacto negativo. Esse efeito clínico relevante corrobora a literatura e pode ser atribuído à deposição imediata de uma película orgânica salivar, composta por proteínas, glicoproteínas, enzimas e lipídios, que reduz a energia superficial e a molhabilidade da cerâmica, dificultando tanto a interação micromecânica promovida pelo ácido fluorídrico (HF) quanto a interação química mediada pelo silano [26-30]. Esse biofilme, com espessura entre 10 e 20 nm, não é removido de forma eficaz apenas com lavagem em água [26, 27, 30]. Estudos in vitro demonstram que a aplicação de HF a 5% ou ácido fosfórico (PA) a 37%, seguidos de aplicação do silano, é

capaz de restaurar a RU a níveis próximos aos observados em amostras não contaminadas [30-33]. Portanto, a contaminação por saliva deve ser considerada um fator crítico que pode levar ao insucesso clínico do reparo de restaurações de dissilicato de lítio, sendo indispensável a adoção de protocolos de limpeza química eficazes para manter o desempenho mecânico e a previsibilidade clínica da união adesiva [26, 27, 28, 30, 31, 34, 35, 36].

A termociclagem pós-reparo demonstrou impacto significativo na resistência ao microcislhamento reduzindo a RU em média 8,76 MPa ($p < 0,001$), o que representa uma perda considerável de desempenho adesivo após envelhecimento térmico equivalente a aproximadamente seis meses de função clínica (5.000 ciclos entre 5 °C e 55 °C). Estudos indicam que as variações térmicas aceleram a fadiga da interface adesiva, possivelmente devido às diferenças nos coeficientes de expansão térmica entre a resina composta e a cerâmica, bem como à degradação hidrolítica da camada de silano [20, 21, 37-44]. Clinicamente, estes achados ressaltam a importância da adoção de protocolos que maximizem a estabilidade inicial da união adesiva, visto que a fadiga térmica é um fenômeno inevitável no ambiente bucal e pode comprometer a longevidade dos reparos [37-41, 43, 44, 37].

Em relação ao tempo de condicionamento ácido, a aplicação por 60 segundos resultou em incremento médio de 1,57 MPa em relação a 20 segundos ($p = 0,001$), embora essa diferença, apesar de estatisticamente significativa, não seja clinicamente relevante. Apesar de a literatura convencionalmente recomendar um condicionamento interno com ácido fluorídrico (HF) por aproximadamente 20 segundos para cerâmica de dissilicato de lítio, especialmente em casos de cimentação adesiva, o presente estudo demonstrou que, em casos de contaminação salivar, o tempo estendido de 60 segundos do HF proporcionou resistência ao microcislhamento significativamente superior. A contaminação por saliva forma um revestimento orgânico fino sobre a superfície cerâmica, composto por íons como $C_3H_3O^+$ e $C_4H_8N^+$, o qual reduz a reatividade e molhabilidade do material, dificultando a adesão química inicial [26-30, 33]. Em segundo lugar, estudos anteriores indicam que o aumento do tempo de condicionamento, além de 20 segundos, pode levar a maiores valores de RU em cerâmicas vítreas [14, 16, 34, 45] e ao ser condicionada por 60 segundos com HF a 9,5 %, ao compará-los com 20

segundos a 5 %, geraram maior resistência ao cisalhamento, atribuída ao padrão de dissolução mais profundo do vidro de dissilicato e aumento da retenção micromecânica [46]. Esse resultado está alinhado com estudos que indicam que a dissolução seletiva da matriz vítreia ocorre rapidamente, e tempos prolongados apenas aumentam o risco de desgaste excessivo sem ganhos expressivos de adesão [47-49, 51]. Apesar dos achados significativos, quanto ao tempo de aplicação, observados neste estudo in vitro, não é possível afirmar com certeza a aplicabilidade clínica imediata desses resultados, sobretudo devido às limitações inerentes ao ambiente laboratorial e à complexidade das condições orais reais. Portanto, recomenda-se que novos estudos, especialmente ensaios clínicos e investigações com diferentes condições de contaminação sejam realizados para avaliar de forma mais abrangente o efeito do tempo de condicionamento com ácido fluorídrico em cerâmicas de dissilicato de lítio contaminadas por saliva. Esses estudos poderão esclarecer melhor a influência do prolongamento do tempo de aplicação do HF, bem como sua relação com a durabilidade e RU a longo prazo, contribuindo para a definição de protocolos clínicos mais seguros e eficazes.

À concentração do ácido fluorídrico utilizada para o condicionamento da cerâmica de dissilicato de lítio (5% ou 10%) não resultou em diferenças estatisticamente significantes na RU, corroborando achados de investigações que também observaram desempenho adesivo semelhante entre essas concentrações quando empregados tempos de condicionamento equivalentes e protocolos adesivos adequados [47, 48]. Embora a literatura descreva diferenças na cinética de ataque ácido e nas características morfológicas produzidas, tais variações nem sempre se traduzem em diferenças mecânicas significativas [47, 48, 49, 51]. O HF a 5% apresenta dissolução da fase vítreia mais lenta, favorecendo maior controle clínico e reduzindo o risco de dano estrutural, resultando em microporosidade mais homogênea e menor incidência de condicionamento excessivo [52, 53]. Por sua vez, o HF a 10% promove reação mais intensa e rápida, gerando poros maiores e superfície mais irregular, o que pode aumentar a retenção micromecânica inicial, mas, se utilizado por tempos prolongados, pode levar à desestruturação da rede cristalina e fragilização da restauração [49, 50]. Estudos indicam que, embora o

HF 10% possa atingir maiores valores iniciais de RU em períodos curtos de aplicação [47, 50, 51], a manutenção dessa resistência após envelhecimento não é garantida, sendo que o HF 5% tende a preservar melhor a estabilidade a longo prazo [48, 51]. Esses achados reforçam que a escolha da concentração do ácido em protocolos de reparo, deve considerar o equilíbrio entre efetividade adesiva e preservação estrutural da cerâmica, evitando condicionamentos excessivamente agressivos que possam comprometer seu desempenho clínico.

A termo_pré realizada antes do condicionamento ácido não causou redução significativa na RU entre dissilicato de lítio e resina composta, o que sugere que os procedimentos subsequentes de preparo de superfície são capazes de anular eventuais efeitos adversos do envelhecimento térmico [54, 55]. Estudos demonstram que, independentemente do pré-envelhecimento por termociclagem, protocolos eficazes como o condicionamento com ácido fluorídrico seguido de silano ou o uso de primers, restauram de forma confiável a RU [53-56]. Assim, a termociclagem prévia, por si só, não compromete a eficácia dos protocolos de reparo adequadamente executados; ao contrário, tais protocolos parecem levar a uma superfície cerâmica mais reativa e propensa a ter uma interação com o silano posteriormente utilizado [53, 56].

A análise das interações entre os fatores experimentais evidenciou que combinações específicas, como a presença simultânea de contaminação por saliva, termociclagem pós-reparo e variação na concentração do ácido fluorídrico, levaram a redução da RU. Embora tenham sido observadas diferenças estatisticamente significantes entre múltiplas associações, incluindo interações duplas, triplas e até quíntuplas, não foi possível quantificar de maneira precisa a contribuição individual de cada fator dentro dessas combinações. Isso ocorre porque, quando associados, os efeitos podem ocorrer em intensidades distintas e não lineares, dificultando a atribuição isolada de impacto. Esse comportamento multifatorial já foi descrito como um dos maiores desafio clínico no reparo de cerâmicas, pois a falha no controle de apenas um parâmetro pode anular benefícios de outros procedimentos bem conduzidos. Diante disso, recomenda-se que estudos futuros explorem metodologias específicas para dissociar e mensurar a contribuição relativa de

cada variável, o que poderia oferecer subsídios mais precisos para a padronização de protocolos clínicos e laboratoriais [57].

Os resultados demonstraram uma predominância significativa de falhas adesivas, especialmente nos grupos contaminados por saliva ($p < 0,001$), confirmando que a interface resina-cerâmica constitui o elo mais fraco no reparo da cerâmica de dissilicato de lítio. A falha adesiva evidencia limitações na adesão química e micromecânica entre os materiais, refletindo a vulnerabilidade dessa junção, enquanto a ausência de falhas coesivas indica que a integridade estrutural dos componentes (cerâmica e resina composta) permanece preservada [26, 31]. Embora fatores como termociclagem prévia, concentração e tempo de aplicação do ácido fluorídrico não tenham apresentado associação estatisticamente significativa com o padrão de falha ($p > 0,05$), a termociclagem pós-reparo mostrou impacto relevante, aumentando a frequência de falhas adesivas ($p < 0,001$) [45, 58]. Esses dados reforçam que, para assegurar a durabilidade da união, o controle rigoroso da contaminação por saliva e a mitigação dos efeitos do envelhecimento térmico pós-reparo são cruciais, pois a RU depende diretamente da manutenção da qualidade da interface, considerado o ponto mais vulnerável do sistema restaurador [45, 58].

Apesar da relevância clínica dos achados, este estudo apresenta algumas limitações inerentes ao seu desenho in vitro. A ausência de carga cíclica e de biofilme na simulação pode ter subestimado o efeito deletério da termociclagem pós-reparo, já que o estresse mecânico repetitivo e a presença de microrganismos orais influenciam significativamente a degradação da interface adesiva. Além disso, a utilização de apenas um tipo de adesivo, silano e resina composta, restringindo a generalização dos resultados para outros sistemas comerciais com diferentes formulações e propriedades. A análise por regressão linear indicou que as variáveis testadas explicam 59,2% da variabilidade da RU, ressaltando a importância desses fatores, mas também sugerindo que outras variáveis relevantes, como pressão do jato de aplicação, controle da descontaminação, tipo de silano, espessura do reparo e variações na viscosidade dos adesivos durante o procedimento, ainda precisam ser investigadas. Apesar das condições orais simuladas melhorarem a

transposição dos achados para a prática clínica, é fundamental que esses resultados sejam confirmados por estudos clínicos de longo prazo, que possam avaliar o desempenho real dos protocolos de reparo em situações clínicas variadas.

3.5 CONCLUSÃO

A contaminação com saliva e a termociclagem pós-reparo influenciaram negativamente a resistência de união do material de reparo à cerâmica de dissilicato de lítio, enquanto a concentração do ácido fluorídrico e a termociclagem pré-reparo não apresentaram efeito significativo.

REFERÊNCIAS

1. Guazzato M, Albakry M, Ringer SP, Swain MV. Strength, fracture toughness and microstructure of a selection of all-ceramic materials. Part I. Pressable and alumina glass-infiltrated ceramics. *Dent Mater*. 2004;20(5):441-8. doi:10.1016/j.dental.2003.05.003.
2. Forster A, Ungvári K, Györgyey Á, Kukovecz Á, Turzó K, Nagy K. Human epithelial tissue culture study on restorative materials. *J Dent*. 2014;42(1):7-14. doi:10.1016/j.jdent.2013.11.008.
3. Zarone F, Ferrari M, Mangano FG, Leone R, Sorrentino R. Digitally oriented materials: focus on lithium disilicate ceramics. *Int J Dent*. 2016;2016:9840594. doi:10.1155.2016.9840594.
4. Willard A, Chu TM. The science and application of IPS e.Max dental ceramic. *Kaohsiung J Med Sci*. 2018;34(4):238-42. doi:10.1016/j.kjms.2018.01.012.
5. Gracis S, Thompson V, Ferencz J, Silva NRFA, Bonfante EA. A new classification system for all-ceramic and ceramic-like restorative materials. *Int J Prosthodont*. 2015;28(3):227-35. doi:10.11607/ijp.4244.
6. Moura DMD, Araújo GM, Araújo LNM, Gurgel BCV, Dal Piva AMO, Ozcan M, et al. Clinical performance of monolithic polymer-infiltrated ceramic and lithium disilicate posterior crowns: A controlled, randomized, and double-blind clinical trial. *J Prosthet Dent*. 2023. doi:10.1016/j.prosdent.2023.07.016.
7. Gehrt M, Wolfart S, Rafai N, Reich S, Edelhoff D. Clinical results of lithium-disilicate crowns after up to 9 years of service. *Clin Oral Investig*. 2013;17(1):275-84. doi:10.1007/s00784-012-0700-x.
8. Malament KA, Natto ZS, Thompson V, Rekow D, Eckert S, Weber HP. Ten-year survival of pressed, acid-etched e.max lithium disilicate monolithic and bilayered complete-coverage restorations: Performance and outcomes as a function of tooth position and age. *J Prosthet Dent*. 2019;121(5):782-90. doi:10.1016/j.prosdent.2018.11.024.
9. Al-Thagafi R, Al-Zordk W, Saker S. Influence of surface conditioning protocols on reparability of CAD/CAM zirconia-reinforced lithium silicate ceramic. *J Adhes Dent*. 2016;18(2):135-41.
10. Al-Turki L, Merdad Y, Abuhamed TA, Sabbahi D, Almarshadi M, Aldabbagh R. Repair bond strength of dental computer-aided design/computer-aided manufactured ceramics after different surface treatments. *J Esthet Restor Dent*. 2020;32(7):726-33.

11. Valian A, Salehi EM, Mahmoudzadeh M, Dabagh SFNK. Effect of different surface treatment on the repair bond strength of feldspathic porcelain. *Dent Med Probl.* 2021;58(1):107-13. doi:10.17219/dmp/130101.
12. Höller B, Belli R, Petschelt A, Lohbauer U, Zorzin JI. Influence of simulated oral conditions on different pretreatment methods for the repair of glass-ceramic restorations. *J Adhes Dent.* 2022;24(1):57-66. doi:10.3290/j.ad.b2701717.
13. Saracoglu A, Özcan M, Kumbuloglu O, Turkun M. Adhesion of resin composite to hydrofluoric acid-exposed enamel and dentin in repair protocols. *Oper Dent.* 2011;36(5):545-53. doi:10.2341/10-312-L.
14. Veríssimo AH, Moura DMD, Tribst JPM, Araújo AMMD, Leite FPP. Effect of hydrofluoric acid concentration and etching time on resin-bond strength to different glass ceramics. *Braz Oral Res.* 2019;33:e041. doi:10.1590/1807-3107bor-2019.vol33.0041.
15. Vila-Nova T, Silva NR, Moura DMDM, Araújo GM, Miranda LM, Carvalho IHG, et al. Cimentação adesiva em cerâmicas vítrias: condicionamento e limpeza pós-condicionamento. Parte I. *Prótese News.* 2019;6(5):578-90.
16. Venturini AB, Prochnow C, Pereira GK, Werner A, Kleverlaan CJ, Valandro LF. The effect of hydrofluoric acid concentration on the fatigue failure load of adhesively cemented feldspathic ceramic discs. *Dent Mater.* 2018;34(4):667-75. doi:10.1016/j.dental.2018.01.010.
17. Colombo L, Gómez F, Goes M. Bond strength of CAD/CAM restorative materials treated with different surface etching protocols. *J Adhes Dent.* 2019;21(4):307-17. doi:10.3290/j.jad.a42931.
18. Barutcigil K, Kirmali O. The effect of different surface treatments on repair with composite resin of ceramic. *Niger J Clin Pract.* 2020;23(3):355-61. doi:10.4103/njcp.njcp_409_19.
19. Ataol AS, Ergun G. Effects of surface treatments on repair bond strength of a new CAD/CAM ZLS glass ceramic and two different types of CAD/CAM ceramics. *J Oral Sci.* 2018;60(2):201-11. doi:10.2334/josnusd.17-0109.
20. Ebrahimi Chaharom ME, Pournaghi Azar F, Mohammadi N, Nasiri R. Effect of surface preparation with Nd:YAG and Er,Cr:YSGG lasers on the repair bond strength of lithium disilicate glass ceramic to a silorane-based composite resin. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects.* 2018;12(1):12-7. doi:10.15171/joddd.2018.003.
21. Kadhim OMA, Aljuboury MR. Shear bond strengths of composite resin used to repair lithium disilicate and feldspathic CAD/CAM ceramics treated by different lasers: a comparative in vitro study. *J Res Med Dent Sci.* 2023;11(6):15-24.

22. Huang BR, Wang XY, Gao XJ. Effects of different surface treatments on ceramic repairs with composite. *Chin J Dent Res.* 2013;16(2):111-7.
23. Łapińska B, Sokołowski J, Klimek L, Łukomska-Szymańska M. Surface structure and chemical composition of hydrofluoric acid-etched lithium disilicate ceramic after application of different cleaning methods of saliva contamination removal. *Dent Med Probl.* 2015;52(1):71-7.
24. Miranda LM, Caldas ATL, Moura DMD, Souza KB, Assunção IV, Özcan M, et al. Recycling CAD/CAM lithium disilicate ceramic: Effect of surface treatment and aging on the bond strength to resin cement. *Int J Prosthodont.* 2024;37(1). doi:10.11607/ijp.8677.
25. Vila-Nova TEL, Moura DMD, Araújo GM, Pinto RAS, Leite FPP, Melo RM, et al. Effect of adhesive resin application on the durability of adhesion to CAD/CAM glass-ceramics after either hydrofluoric acid etching or self-etch primer application. *J Adhes Dent.* 2022;24(3):279-89. doi:10.3290/j.jad.b3240691.
26. Matinlinna JP, Lassila LVJ, Özcan M, Yli-Urpo A, Vallittu PK. An introduction to silanes and their clinical applications in dentistry. *Int J Prosthodont.* 2004;17(2):155-64.
27. de Carvalho RF, Manso AP, Guiraldo RD, Berger SB, Moura SK, Bottino MA, et al. Effect of saliva contamination on ceramic repair bond strength using universal adhesive. *Oper Dent.* 2019;44(5):E231-40.
28. Hannig M. The pellicle and erosion. *Monogr Oral Sci.* 2014;25:206-14.
29. Del Bianco F, Mazzitelli C, Maravic T, Josic U, Florenzano F, Baldissara P, et al. Bond strength to lithium-disilicate ceramic after different surface cleaning approaches. *J Adhes Dent.* 2024;26. doi:10.3290/j.jad.b4874329.
30. Yoshida K. Influence of cleaning methods on the bond strength of resin cement to saliva-contaminated lithium disilicate ceramic. *Clin Oral Investig.* 2020;24(6):2091-7. doi:10.1007/s00784-019-03074-w.
31. Meşe A, Tekçe N, Mutluay MM, Pala K, Özcan M. Surface conditioning strategies and universal adhesives on the repair bond strength of lithium disilicate ceramics: An in vitro study. *J Prosthet Dent.* 2022;128(1):99-106.
32. Yoshida K, Tsuo Y, Atsuta M. Bonding of dual-cured resin cement to zirconia ceramic using phosphate monomer and silane coupling agent. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater.* 2006;77(1):28-33.
33. Lyann SK, Takagaki T, Nikaido T, Wada T, Uo M, Ikeda M, et al. Efficacy of various surface treatments on the bonding performance of saliva-contaminated lithium-disilicate ceramics. *J Adhes Dent.* 2019;21(1):51-8. doi:10.3290/j.jad.a41918.

34. Yang L, Zheng C, Zhang L, He W, Xie H. Effects of different hydrofluoric acid etching times on surface characteristics of lithium disilicate glass ceramics and the bonding strength of resin cements. *J Prosthodont Res.* 2021;65(3):305-12.
35. Matinlinna JP, Vallittu PK. Bonding of resin composites to etchable ceramic surfaces: An insight review of the chemical aspects on surface conditioning. *J Oral Rehabil.* 2007;34(8):622-30.
36. de Carvalho RF, Cotes C, Kimpara ET, Bottino MA, Valandro LF. Effect of saliva contamination and cleaning methods on the bond strength to lithium disilicate ceramic. *Oper Dent.* 2015;40(5):E225-33.
37. Malysa A, Wezgowiec J, Orzeszek S, Florjanski W, Zietek M, Wieckiewicz M. Effect of different surface treatment methods on bond strength of dental ceramics to dental hard tissues: A systematic review. *Molecules.* 2021;26(5):1223. doi:10.3390/molecules26051223.
38. Bessa MS, Marinho LCN, Miranda LM, Carvalho IHG, Campos BO, Borges BCD, et al. Repair bond strength of resin composite to CAD/CAM glass-ceramic: Influence of cleaning methods, surface treatments, and aging. *J Dent.* 2025;154:105568. doi:10.1016/j.jdent.2025.105568.
39. Fagan J, Vessellovcz J, Puppin-Rontani J, Correr-Sobrinho L, Freitas K, Robertson TC, et al. Evaluation of cleaning methods on lithium disilicate glass ceramic surfaces after organic contamination. *Oper Dent.* 2022;47(2):E81-90. doi:10.2341/20-176-L.
40. Üstün Ö, Büyükhatoğlu IK, Seçilmiş A. Shear bond strength of repair systems to new CAD/CAM restorative materials. *J Prosthodont.* 2018;27(8):748-54. doi:10.1111/jopr.12564.
41. Wille S, Lehmann F, Kern M. Durability of resin bonding to lithium disilicate using different self-etching and conventional ceramic primers after long-term aging. *Dent Mater.* 2022;38(2):444-50. doi:10.1016/j.dental.2021.12.027.
42. Freitas MS. Diferentes protocolos para o reparo de restaurações de dissilicato de lítio do tipo overlay [tese de doutorado]. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina; 2020.
43. Maawadh AM, Almohareb T, Al-Hamdan RS, Al Deeb M, Naseem M, Alhenaki AM, et al. Repair strength and surface topography of lithium disilicate and hybrid resin ceramics with LLLT and photodynamic therapy in comparison to hydrofluoric acid. *J Appl Biomater Funct Mater.* 2020;18:2280800020966938. doi:10.1177/2280800020966938.
44. Sanal FA, Kilinc H. Evaluating ceramic repair materials in terms of bond strength and color stability. *Int J Prosthodont.* 2020;33(5):536-45. doi:10.11607/ijp.6760.

45. Özcan M, Vallittu PK. Effect of surface conditioning methods on the bond strength of luting cement to ceramics. *Dent Mater*. 2003;19(8):725-31.
46. Kalavacharla V, Lawson NC, Guo J, et al. Effect of hydrofluoric acid concentration and etching time on lithium disilicate bond strength. *Oper Dent*. 2016;41(5):E120-8.
47. Sudré JP, Salvio LA, Baroudi K, Sotto-Maior BS, Melo-Silva CL, Souza Picorelli Assis NM. Influence of surface treatment of lithium disilicate on roughness and bond strength. *Int J Prosthodont*. 2020 Mar-Apr;33(2):212-6. doi: 10.11607/ijp.6453.
48. Fabianelli A, Pollington S, Papacchini F, Goracci C, Cantoro A, Ferrari M, van Noort R. The effect of different surface treatments on bond strength between leucite reinforced feldspathic ceramic and composite resin. *J Dent*. 2010 Jan;38(1):39-43. doi: 10.1016/j.jdent.2009.08.010.
49. Albakry M, Guazzato M, Swain MV. Influence of hot pressing on the microstructure and fracture toughness of two pressable dental glass-ceramics. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater*. 2004;71(1):99-107.
50. Aboushelib MN, Sleem D. Microtensile bond strength of lithium disilicate ceramic to resin adhesives. *J Adhes Dent*. 2014;16(6):547-52.
51. Sundfeld D, Correr-Sobrinho L, Pini NI, et al. Influence of hydrofluoric acid concentration and etching time on resin bond strength to lithium disilicate glass ceramic. *Oper Dent*. 2017;42(6):606-15.
52. Fabianelli A, Pollington S, Papacchini F, Goracci C, Cantoro A, Ferrari M, van Noort R. The effect of different surface treatments on bond strength between leucite reinforced feldspathic ceramic and composite resin. *J Dent*. 2010 Jan;38(1):39-43. doi: 10.1016/j.jdent.2009.08.010.
53. Guarda GB, Correr AB, Gonçalves LS, et al. Effects of surface treatments, thermocycling, and cyclic loading on the bond strength of a resin cement to CAD/CAM lithium disilicate glass ceramic. *Oper Dent*. 2013;38(2):208-17.
54. Guess PC, Zavanelli RA, Silva NRFA, Bonfante EA, Coelho PG, Thompson VP. Monolithic CAD/CAM lithium disilicate versus veneered Y-TZP crowns: 3-year clinical results. *J Dent*. 2013;41(6):514-20.
55. Fabian Fonzar R, Goracci C, Carrabba M, Louca C, Ferrari M, Vichi A. Influence of acid concentration and etching time on composite cement adhesion to lithium-silicate glass ceramics. *J Adhes Dent*. 2020;22(2):175–82. doi: 10.3290/j.jad.a44282.
56. Ueda N, Takahagaki T, Nikaido T, Takahashi R, Ikeda M, Tagami J. The effect of different ceramic surface treatments on the repair bond strength of

resin composite to lithium disilicate ceramic. *Dent Mater J.* 2021;40(5):1073-9. doi:10.4012/dmj.2020-362.

57. Kern M. Bonding to oxide ceramics—Laboratory testing versus clinical outcome. *Dent Mater.* 2015;31(1):8-14.

58. Thompson JY, Stoner BR, Piascik JR, Smith R. Adhesion/cementation to ceramic substrates: A review of current literature. *Compend Contin Educ Dent.* 2011;32(9):e73-8.

Capítulo 4 - DISCUSSÃO GERAL E CONCLUSÕES DA TESE

4.1 DISCUSSÃO GERAL

4.1.1 Contaminação salivar

A adesão duradoura entre a cerâmica de dissilicato de lítio e a resina composta é essencial para a longevidade clínica das restaurações. No presente estudo, a contaminação salivar demonstrou reduzir significativamente a resistência de união (RU), com diminuição média de aproximadamente 11,9 MPa (IC 95%: 10,9–12,9; $p < 0,001$), além de sua interação significativa com concentração e tempo de aplicação do HF e termociclagem pós-reparo.

A análise dos padrões de falha revelou predominância de falhas adesivas nos grupos contaminados (94%), enquanto nos não contaminados observou-se maior proporção de falhas mistas (22,8%). Esses resultados reforçam que a interface resina-cerâmica constitui o elo mais frágil do sistema restaurador.

Mecanicamente, essa redução da RU pode ser explicada pela formação imediata de uma película salivar, composta por proteínas, glicoproteínas, lipídios e enzimas, com espessura entre 10 e 20 nm, a qual reduz a energia superficial e a molhabilidade da cerâmica [1, 2]. Essa película não é removida de forma eficaz apenas com lavagem em água [1], comprometendo tanto a interação micromecânica promovida pelo ácido fluorídrico (HF) quanto a adesão química mediada pelo silano [5-9].

Estudos atuais apontam resultados de protocolos para descontaminação inicial da cerâmica de dissilicato de lítio. Kim et al. (2020) [1] demonstraram que a silanização prévia ao contato com saliva atenua significativamente a perda de adesão. Charasseangpaisarn et al. (2021) [2] compararam diferentes agentes de limpeza, mostrando que a simples lavagem com água é insuficiente, enquanto protocolos com ácido fosfórico a 37% ou agentes específicos (Ivoclean, AD Gel) restauram a RU a níveis próximos ao controle. De forma

semelhante, evidenciaram que a reaplicação de HF a 5% seguida de silanização é altamente eficaz na recuperação da adesão, mesmo após envelhecimento térmico [3]. Mais recentemente, alternativas simplificadas, como o uso do Monobond Etch & Prime (MEP), mostraram desempenho comparável ao protocolo convencional de HF + silano, com vantagem clínica pela praticidade [4].

Diante dos resultados obtidos, observou-se que, apesar dos bons resultados na RU, o condicionamento com HF nas diferentes concentrações (5% e 10%), foi negativamente impactado pela presença da película salivar. Esse achado reforça a complexidade da contaminação biológica na adesão cerâmica-resina. Nesse sentido, torna-se pertinente a realização de novos estudos que investiguem o uso de agentes de limpeza ou substâncias aplicadas previamente ao condicionamento com HF, a fim de verificar sua eficácia na remoção ou neutralização dos componentes orgânicos da saliva e, consequentemente, seu impacto na resistência de união.

Do ponto de vista clínico, a contaminação salivar é um desafio comum, sobretudo em áreas posteriores e durante o reparo intraoral. Dessa forma, o isolamento absoluto por meio do dique de borracha continua sendo a medida preventiva mais segura.

4.1.2 Preparo da superfície cerâmica

Os resultados deste estudo *in vitro* indicam que o tempo de aplicação do ácido fluorídrico (HF) exerceu influência estatisticamente significativa na resistência de união (RU) ao dissilicato de lítio ($p < 0,001$), enquanto a concentração (5% vs. 10%) não apresentou efeito isolado significativo ($p = 0,717$). Em termos absolutos, a extensão do condicionamento para 60 s aumentou a RU em 1,57 MPa em relação a 20 s ($p = 0,001$); embora detectável estatisticamente, esse incremento é pequeno do ponto de vista clínico. Adicionalmente, nem o tempo nem a concentração alteraram o padrão de falha

($p > 0,05$), sugerindo que as variações testadas modulam a ancoragem micromecânica sem modificar o modo predominante de ruptura na interface.

Mecanicamente, o efeito do tempo de condicionamento decorre do grau de dissolução seletiva da matriz vítreia e da consequente topografia de microporos que favorece a retenção da resina [10-14]. Em cenários de contaminação salivar, a literatura e os presentes achados apontam que tempos um pouco mais longos podem compensar parcialmente a redução de reatividade superficial imposta pela película orgânica, aumentando a rugosidade efetiva e a energia superficial disponíveis para a silanização subsequente [5-9]. Contudo, há um limiar de benefício: tempos excessivos e/ou concentrações elevadas ampliam o risco de sobre-ataque, com alargamento de poros, coalescência, remoção exagerada da fase vítreia e exposição/undercutting de cristais, o que pode levar a fragilização superficial sem ganhos duráveis de RU [14-18].

Quanto à concentração, a ausência de efeito isolado significativo entre 5% e 10% (em tempos equivalentes) converge com estudos que mostram que, para uma mesma “dose de ataque” (concentração \times tempo), a morfologia funcionalmente adequada pode ser obtida em diferentes combinações, e que o controle do tempo é o determinante mais previsível do resultado [14, 15]. Em termos clínicos, no reparo cerâmico da dissilicato de lítio, o HF 5% tende a oferecer maior margem de segurança e microporosidade mais homogênea, reduzindo o risco de sobre-ataque; HF 10% produz ataque mais rápido/intenso e deve ser reservado a tempos curtos, especialmente quando a superfície é muito vítreia, para evitar deterioração estrutural e perda de tenacidade [16-19]. Os estudos presentes na revisão de escopo (capítulo 2) que utilizaram HF, apresentaram tempo de aplicação entre 10 e 90 segundos e concentrações entre 4% e 10% [21-27], porém, não tiveram como objetivo comparar os efeitos desses fatores no desempenho do reparo.

Clinicamente, quando a decisão for recondicionar com HF (com presença de película salivar, sem discutir limpeza), os dados apontam que estender o tempo para ≈ 60 s com 5% pode recuperar parte da RU perdida pela redução de reatividade superficial, com ganho estatisticamente significativo,

porém discreto (5% = 12,8MPa; 10% = 13MPa). Se optar por utilizar o HF a 10%, manter tempos curtos (\approx 20 s) e não repetir ciclos para evitar fragilização [15, 16, 30, 31].

Os achados sustentam que ajustar o tempo é a alavanca mais consistente para modular a RU quando se usa HF em dissilicato de lítio, especialmente em superfícies potencialmente afetadas por saliva; entretanto, o benefício adicional é modesto (20 seg = 12,1MPa; 60 seg = 13,7MPa) e precisa ser equilibrado com a preservação estrutural. Ensaios clínicos e estudos de longevidade (com envelhecimento hídrico/termomecânico) são necessários para definir tempo–concentração em cenários de reparo, estabelecer limiares seguros que evitem fragilização e correlacionar morfologia pós-HF com desempenho adesivo de longo prazo [14-18].

Do ponto de vista clínico, a eficácia do reparo de dissilicato de lítio com HF não depende apenas do tempo e da concentração do ácido, mas é fortemente influenciada pelo controle operacional. O isolamento absoluto é fundamental para proteger tecidos moles da toxicidade do HF, enquanto a habilidade e a técnica do operador determinam a uniformidade da aplicação e a homogeneidade do ataque químico. A viscosidade do HF também deve ser considerada, pois afeta a penetração do ácido e a formação de microporosidade adequada. Diretrizes clínicas destacam que a padronização desses fatores operacionais é tão importante quanto os parâmetros de tempo e concentração para garantir segurança e desempenho adesivo confiável. Assim, a tradução dos achados in vitro para a prática clínica exige atenção rigorosa a essas variáveis, reforçando que protocolos cuidadosamente controlados são essenciais para obter reparos duráveis e seguros [17, 21-24, 26].

4.1.3 Agente de união e sistema adesivo

Os achados da revisão de escopo mostram ampla utilização do silano como etapa indispensável para a adesão química, entre dissilicato de lítio e resina composta [22-27, 28, 29], e grande heterogeneidade de sistemas

adesivos: convencional de 2 passos, universal de 1 passo, autocondicionante de 1 passo e 2 passos, o que dificulta comparações diretas e ressalta a ausência de consenso quanto ao protocolo mais previsível. No ensaio in vitro, esses fatores (silano e adesivo) não foram avaliados e comparados. Dessa forma, torna-se necessária a realização de novos estudos que comparem diferentes tipos de silanos e sistemas adesivos, a fim de estabelecer protocolos mais padronizados e clinicamente previsíveis.

A eficácia do silano é fortemente influenciada pelo pH do meio em que se encontra (pH bucal e pH de adesivos universais que incorporam silano à sua composição). Em ambientes ácidos ocorre hidrólise acelerada seguida de autocondensação do silanol, o que reduz a disponibilidade de grupos funcionais capazes de interagir quimicamente com a superfície cerâmica. Esse fenômeno tem sido apontado como uma das razões para o desempenho limitado dos adesivos universais com silano embutido, especialmente no que se refere à manutenção da resistência de união (RU) após o envelhecimento [32,33]. No presente estudo in vitro, empregou-se um silano de frasco isolado, o que, teoricamente, proporcionaria maior estabilidade e reatividade. Ainda assim, observou-se redução significativa da RU após o envelhecimento, evidenciando que a degradação da interface adesiva não pode ser atribuída exclusivamente ao tipo de silano ou adesivo utilizado. Como não houve comparação direta entre formulações distintas de silano ou de adesivos, não é possível estabelecer uma relação causal definitiva entre a queda observada e esses fatores específicos, o que reforça a necessidade de investigações adicionais. Além disso, fatores confundidores, como variações na camada de silano, presença de película salivar e efeitos da termociclagem, podem ter influenciado os resultados.

Na revisão de escopo (Capítulo 2), muitos estudos utilizaram adesivos que contém MDP em sua composição [21, 23-26, 34-37]. Embora o 10-MDP, presente em alguns sistemas adesivos, tenha afinidade clássica por substratos à base de óxidos, sua presença em adesivos/primers podem potencializar a silanização nas cerâmicas vítreas, estabilizando a interface polimérica, formando ligações químicas adicionais e interações de polaridade com a

superfície tratada, complementando a retenção micromecânica proporcionada pela silanização e retardando a degradação hidrolítica [38, 39]. Na adesão à cerâmica de dissilicato de lítio, porém, o MDP presente no adesivo não substitui o silano, mas atua como coadjuvante. Ensaios recentes com combinações de primers e adesivos reforçam que combinações específicas podem melhorar RU e durabilidade [40, 41, 42], mas não eliminam a necessidade do silano isolado quando o objetivo é maximizar a ancoragem química à cerâmica [39].

4.1.4 Material restaurador

Os achados da revisão confirmam que a escolha do material restaurador impacta diretamente a resistência de união (RU) e a durabilidade do reparo em cerâmica de dissilicato de lítio (DL). Observou-se predomínio do uso de resinas compostas convencionais, seguidas por resinas *flow* e, em menor escala, cimentos resinosos ou compósitos autoadesivos, o que explica em parte a variabilidade de resultados relatados na literatura [10, 21, 22, 23, 24, 26, 37].

As resinas convencionais, sobretudo as nanohíbridas, permanecem como material mais escolhido, oferecendo melhor equilíbrio entre propriedades mecânicas, estabilidade estética e manutenção do polimento [21, 24, 43-45]. Já as resinas *flow*, apesar da boa molhabilidade e adaptação inicial, apresentam módulo de elasticidade reduzido e resistência inferior ao desgaste, sendo mais indicadas como camada de adaptação, recobertas por compósito convencional [44, 46]. Os compósitos autoadesivos, por sua vez, mostraram desempenho significativamente inferior, especialmente após envelhecimento, e não substituem os protocolos adesivos tradicionais [47]. O uso de cimentos resinosos em reparos também é pouco justificável, dado seu desempenho semelhante ao das *flow* e inferior às resinas convencionais [44-46]. Persistem, contudo, lacunas importantes, incluindo a necessidade de ensaios comparativos de longo prazo entre diferentes classes de compósitos em reparos da cerâmica de dissilicato de lítio e o desenvolvimento de novos compósitos autoadesivos mais estáveis.

A escolha da resina *flow* para o presente estudo *in vitro* baseou-se em suas características de baixa viscosidade e elevada capacidade de molhabilidade, que favorecem a adaptação às superfícies cerâmicas previamente condicionadas, reduzindo a formação de falhas internas e bolhas de ar [48, 49]. Esse aspecto permitiu maior padronização da inserção do material e menor interferência de variáveis operatórias, possibilitando avaliar de forma mais isolada o efeito dos diferentes protocolos de reparo. Do ponto de vista clínico, embora compósitos convencionais nanohíbridos sejam frequentemente apontados como materiais de eleição para reparo de cerâmicas [10, 22, 23, 37, 44], as resinas *flow* apresentam aplicabilidade em situações específicas, como em pequenas fraturas, defeitos superficiais e áreas de difícil acesso [48, 49].

Outro aspecto importante é a diferença de coeficiente de expansão térmica entre os diversos compósitos utilizados no reparo de dissilicato de lítio. Diferenças nesse coeficiente podem gerar tensões internas durante ciclos térmicos, como os simulados em termociclagem, afetando a integridade da interface adesiva e, consequentemente, a durabilidade do reparo. Compósitos com coeficiente térmico mais próximo ao da cerâmica podem reduzir essas tensões e favorecer a estabilidade dimensional e mecânica ao longo do tempo, enquanto incompatibilidades térmicas aumentam o risco de microfissuras, descolamentos e falhas adesivas. Portanto, a seleção do material restaurador deve considerar não apenas propriedades mecânicas e estéticas, mas também a compatibilidade de coeficiente térmico com a cerâmica subjacente, especialmente em cenários clínicos sujeitos a variações de temperatura [23, 37, 44, 48].

4.1.5 Efeito da termociclagem

A termociclagem é um método amplamente utilizado para simular o envelhecimento térmico das restaurações dentárias, permitindo avaliar a longevidade e a estabilidade da união adesiva em condições semelhantes às do ambiente bucal [3, 6, 16, 34, 36, 39]. Na presente revisão de escopo,

observou-se que alguns estudos realizaram termociclagem prévia ao reparo da cerâmica, enquanto a maioria aplicou o envelhecimento após o reparo, sob temperaturas de 5/55 °C e, frequentemente, 5.000 ciclos, simulando aproximadamente seis meses de função clínica, em conformidade com a ISO/TR 11405 [2, 4, 5, 7, 19, 24, 50].

Os resultados do estudo in vitro corroboram com os achados, da revisão de escopo, em que afirmam que a termociclagem pós-reparo tem efeito estatisticamente significativo sobre a RU. Esse achado é confirmado no padrão de falha, com predomínio de falhas adesivas nos grupos submetidos a termociclagem pós-reparo, enquanto os grupos não envelhecidos apresentaram maior ocorrência de falhas mistas. Tais resultados indicam que o envelhecimento térmico pós-reparo compromete a integridade da interface cerâmica-resina, provavelmente devido à fadiga da camada adesiva provocada por diferenças nos coeficientes de expansão térmica entre o dissilicato de lítio e a resina composta, além da degradação hidrolítica do silano [18, 19, 21, 22, 23, 28, 29].

Do ponto de vista clínico, esses resultados destacam a importância de maximizar a estabilidade inicial da união adesiva. Como a fadiga térmica é um fenômeno inevitável no ambiente oral, a seleção de protocolos que garantam forte adesão inicial, incluindo o correto condicionamento ácido, aplicação de silano e escolha adequada de resina composta, é essencial para prolongar a longevidade dos reparos [6, 29, 30, 34, 35].

Para pesquisas futuras, recomenda-se a investigação mais detalhada dos efeitos combinados de termociclagem, umidade, contaminação salivar e diferentes protocolos de adesão na RU da interface reparada. Estudos longitudinais que correlacionem ciclos de termociclagem com períodos equivalentes de função clínica também poderiam fornecer parâmetros mais precisos para predizer a durabilidade dos reparos em condições reais.

4.2 CONCLUSÕES

Os materiais mais utilizados para o reparo de cerâmica de dissilicato de lítio incluem ácido fluorídrico, silano e adesivo na preparação da superfície cerâmica, com resina composta convencional como material restaurador. Entre os protocolos empregados, destacam-se o uso de ácido fluorídrico seguido de silano, adesivo e resina composta.

Os resultados indicam que fatores externos, como a contaminação por saliva e a realização de termociclagem após o reparo, têm impacto negativo significativo na resistência de união do reparo à cerâmica. Em contraste, a concentração do ácido fluorídrico utilizada e a termociclagem realizada antes do reparo não apresentaram efeito relevante sobre a resistência de união.

Portanto, a eficácia do reparo da cerâmica de dissilicato de lítio depende não apenas da seleção adequada de materiais e protocolos, mas também do controle rigoroso das condições clínicas, especialmente no que se refere à contaminação e ao envelhecimento térmico pós-reparo. Esses achados fornecem subsídios importantes para a escolha de protocolos clínicos que maximizem a durabilidade e a resistência do reparo em situações odontológicas reais.

REFERÊNCIAS

1. Kim HJ, Kim S, You SH, Cho SG, Choi KK, Kim DS. Effects of silane treatment on salivary protein contamination during the bonding of lithium disilicate ceramic. *J Adhes Sci Technol.* 2020;34(17):1885–97.
2. Charasseangpaisarn T, Wiwatwarrapan C, Sutthak N. Influence of different cleansing agents on shear bond strength of contaminated lithium disilicate ceramic: an in vitro study. *Int J Dent.* 2021;2021:7112400.
3. Maqbool B, Rego HMC, Santos GC Jr, Ari N, Santos MJMC. Effect of different surface treatment protocols on the bond strength between lithium disilicate and resin cements. *Odontology.* 2024;112(1):74-82. doi:10.1007/s10266-023-00809-w.
4. Dimitriadi M, Zinelis S, Zafiropoulou M, Silikas N, Eliades G. Self-etch silane primer: reactivity and bonding with a lithium disilicate ceramic. *Materials (Basel).* 2020;13(3):641. doi:10.3390/ma13030641.
5. Matinlinna JP, Lassila LVJ, Özcan M, Yli-Urpo A, Vallittu PK. An introduction to silanes and their clinical applications in dentistry. *Int J Prosthodont.* 2004;17(2):155–64.
6. Patil SB, Shivakumar AT, Shah S. Effect of salivary contamination on shear bond strength of two adhesives: an in vitro study. *Dental Hypotheses.* 2014;5(3):115-20. doi:10.4103/2155-8213.136761.
7. Hannig M. The pellicle and erosion. *Monogr Oral Sci.* 2014;25:206–14.
8. Del Bianco F, Mazzitelli C, Maravic T, Josic U, Florenzano F, Baldissara P, et al. Bond strength to lithium-disilicate ceramic after different surface cleaning approaches. *J Adhes Dent.* 2024;26:b4874329.
9. Yoshida K. Influence of cleaning methods on the bond strength of resin cement to saliva-contaminated lithium disilicate ceramic. *Clin Oral Investig.* 2020;24(6):2091–7. doi:10.1007/s00784-019-03074-w.
10. Özcan M, Vallittu PK. Effect of surface conditioning methods on the bond strength of luting cement to ceramics. *Dent Mater.* 2003;19(8):725–31.
11. Fonzar RF, Carrabba M, Sedda M, Ferrari M, Goracci C. A comparative study on the bond strength and reliability of different ceramic repair systems. *J Dent.* 2017;66:1–6.
12. Veríssimo AH, Moura DMD, Tribst JPM, Araújo AMM, Leite FPP, Souza ROAE. Effect of hydrofluoric acid concentration and etching time on resin-bond strength to different glass ceramics. *Braz Oral Res.* 2019;33:e041. doi:10.1590/1807-3107bor-2019.vol33.0041.

13. Almiro M, Marinho B, Delgado AHS, Rua J, Monteiro P, Santos IC, Proença L, Mendes JJ, Gresnigt MMM. Increasing acid concentration, time and using a two-part silane potentiates bond strength of lithium disilicate-reinforced glass ceramic to resin composite: an exploratory laboratory study. *Materials (Basel)*. 2022;15(6):2045. doi:10.3390/ma15062045.
14. Sudré JP, Salvio LA, Baroudi K, Sotto-Maior BS, Melo-Silva CL, Souza Picorelli Assis NM. Influence of Surface Treatment of Lithium Disilicate on Roughness and Bond Strength. *Int J Prosthodont*. 2020 Mar/Apr;33(2):212-216. doi: 10.11607/ijp.6453. PMID: 32069346.
15. Levartovsky S, Bohbot H, Shem-Tov K, Brosh T, Pilo R. Effect of different surface treatments of lithium disilicate on the adhesive properties of resin cements. *Materials (Basel)*. 2021;14(12):3302. doi:10.3390/ma14123302.
16. Albakry M, Guazzato M, Swain MV. Influence of hot pressing on the microstructure and fracture toughness of two pressable dental glass-ceramics. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater*. 2004;71(1):99–107.
17. Azevedo VLB, de Castro EF, Bonvent JJ, de Andrade OS, Nascimento FD, Giannini M, Cavalli V. Surface treatments on CAD/CAM glass-ceramics: influence on roughness, topography, and bond strength. *J Esthet Restor Dent*. 2021;33(5):739–49. doi:10.1111/jerd.12734.
18. Panah FG, Rezai SM, Ahmadian L. The influence of ceramic surface treatments on the micro-shear bond strength of composite resin to IPS Empress 2. *J Prosthodont*. 2008;17(5):409–14.
19. Guarda GB, Correr AB, Gonçalves LS, et al. Effects of surface treatments, thermocycling, and cyclic loading on the bond strength of a resin cement to CAD/CAM lithium disilicate glass ceramic. *Oper Dent*. 2013;38(2):208–17.
20. Aboushelib MN, Sleem D. Microtensile bond strength of lithium disilicate ceramic to resin adhesives. *J Adhes Dent*. 2014;16(6):547–52.
21. Barutçigil K, Kirmali O. The effect of different surface treatments on repair with composite resin of ceramic. *Niger J Clin Pract*. 2020;23(3):355–61. doi:10.4103/njcp.njcp_409_19.
22. Al-Thagafi R, Al-Zordk W, Saker S. Influence of surface conditioning protocols on reparability of CAD/CAM zirconia-reinforced lithium silicate ceramic. *J Adhes Dent*. 2016;18(2):135–41. doi:10.3290/j.jad.a35909.
23. Ataol AS, Ergun G. Effects of surface treatments on repair bond strength of a new CAD/CAM ZLS glass ceramic and two different types of CAD/CAM ceramics. *J Oral Sci*. 2018;60(2):201–11. doi:10.2334/josnusd.17-0109.
24. Üstün Ö, Büyükhatiipoğlu IK, Seçilmiş A. Shear bond strength of repair systems to new CAD/CAM restorative materials. *J Prosthodont*. 2018;27(8):748–54. doi:10.1111/jopr.12564.

25. Turunç-Oğuzman R, Şişmanoğlu S. Influence of surface treatments and adhesive protocols on repair bond strength of glass-matrix and resin-matrix CAD/CAM ceramics. *J Esthet Restor Dent.* 2023;35(8):1322–31. doi:10.1111/jerd.13131.
26. Al-Askary RA, Al-Ashou WMO, Hassoon SN. Repair bond strength of composite resin to dental ceramic using various surface treatments: an in vitro study. *J Int Soc Prevent Commun Dent.* 2024;14(5):388–95. doi:10.4103/jispcd.jispcd_71_24.
27. Al-Deeb L. Application of low-level laser therapy in veneer repair of lithium disilicate and Y-TZP restorations: a bond strength assessment. *Biosci Biotechnol Res Commun.* 2020;13(1). Available from: <https://bit.ly/38u7fbn>.
28. Kumbuloglu O, User A, Toksavul S, Vallittu PK. Intra-oral adhesive systems for ceramic repairs: a comparison. *Acta Odontol Scand.* 2003;61(5):268–72. doi:10.1080/00016350310005556.
29. Wille S, Lehmann F, Kern M. Durability of resin bonding to lithium disilicate using different self-etching and conventional ceramic primers after long-term aging. *Dent Mater.* 2022;38(2):444–50. doi:10.1016/j.dental.2021.12.027.
30. Puppin-Rontani J, Sundfeld D, Costa AR, Correr AB, Puppin-Rontani RM, Borges GA, Sinhoreti M, Correr-Sobrinho L. Effect of hydrofluoric acid concentration and etching time on bond strength to lithium disilicate glass ceramic. *Oper Dent.* 2017;42(6):606–15. doi:10.2341/16-215-L.
31. Araújo-Neto VG, Nobre CFA, Freitas MIM, Lima RBW, Sinhoreti MAC, Del Bel Cury AA, Giannini M. Effect of hydrofluoric acid concentration on bond strength to glass-ceramics: a systematic review and meta-analysis of in-vitro studies. *J Adhes Dent.* 2023;25:231–40. doi:10.3290/j.ad.b4646943.
32. Fuchs F, Westerhove SM, Schmohl L, Koenig A, Suharbiansah RSR, Hahnel S, Rauch A. Influence of the application time of silane for the bonding performance between feldspar or lithium disilicate ceramics and luting resin composites. *J Funct Biomater.* 2023;14(4):231. doi:10.3390/jfb14040231.
33. Yao C, Yu J, Wang Y, Tang C, Huang C. Acidic pH weakens the bonding effectiveness of silane contained in universal adhesives. *Dent Mater.* 2018;34(5):809–18. doi:10.1016/j.dental.2018.02.004.
34. Ueda N, Takagaki T, Nikaido T, Takahashi R, Ikeda M, Tagami J. The effect of different ceramic surface treatments on the repair bond strength of resin composite to lithium disilicate ceramic. *Dent Mater J.* 2021;40(5):1073–9. doi:10.4012/dmj.2020-362.
35. Freitas MS. Diferentes protocolos para o reparo de restaurações de dissilicato de lítio do tipo overlay [tese]. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina; 2020.

36. Maawad AM, Almohareb T, Al-Hamdan RS, Al Deeb M, Naseem M, Alhenaki AM, Vohra F, Abduljabbar T. Repair strength and surface topography of lithium disilicate and hybrid resin ceramics with LLLT and photodynamic therapy in comparison to hydrofluoric acid. *J Appl Biomater Funct Mater.* 2020;18:2280800020966938. doi:10.1177/2280800020966938.
37. Sanal FA, Kilinc H. Evaluating ceramic repair materials in terms of bond strength and color stability. *Int J Prosthodont.* 2020;33(5):536–45. doi:10.11607/ijp.6760.
38. Abduljawad AA, Salih HS, Tawfiq OF. A thorough assessment of 10-MDP primers in modern dental adhesive systems. *J Bagh Coll Dent.* 2024;36(3):79–86. Available from: <https://jbcd.uobaghdad.edu.iq/index.php/jbcd/article/view/3742>.
39. Wongkamhaeng K, Poomparnich K, Chitkraisorn T, et al. Effect of combining different 10-MDP-containing primers and cement systems on shear bond strength between resin cement and zirconia. *BMC Oral Health.* 2025;25:206. doi:10.1186/s12903-025-05578-2.
40. Piwowarczyk A, Schick M, Lauer HC, Sorensen JA. In vitro shear bond strength of cementing agents to fixed prosthodontic restorative materials. *J Prosthet Dent.* 2004;92(3):265–73.
41. Zogheib LV, Bona AD, Kimpara ET, McCabe JF. Effect of hydrofluoric acid etching duration on the roughness and flexural strength of a lithium disilicate-based glass ceramic. *Braz Dent J.* 2011;22(1):45–50. doi:10.1590/S0103-64402011000100008.
42. Hooshmand T, Parvizi S, Keshvad A. Effect of surface acid etching on the biaxial flexural strength of two hot-pressed glass aceramics. *J Prosthodont.* 2008;17(5):415–9. doi:10.1111/j.1532-849X.2008.00320.x.
43. Loomans B, Özcan M. Intraoral repair of direct and indirect restorations: procedures and guidelines. *Oper Dent.* 2016;41(S7):S68-78. doi:10.2341/15-269-LIT.
44. Hickel R, Mesinger S, Opdam N, Loomans B, Frankenberger R, Cadenaro M, Burgess J, Peschke A, Heintze SD, Kühnisch J. Revised FDI criteria for evaluating direct and indirect dental restorations—recommendations for its clinical use, interpretation, and reporting. *Clin Oral Investig.* 2023;27(6):2573-92. doi:10.1007/s00784-022-04814-1.
45. Spitznagel FA, Horvath SD, Guess PC, Blatz MB. Resin bond to indirect composite and new ceramic/polymer materials: a review of the literature. *J Esthet Restor Dent.* 2014;26(6):382–93.
46. Yao C, Yu J, Wang Y, Tang C, Huang C. Acidic pH weakens the bonding effectiveness of silane contained in universal adhesives. *Dent Mater.* 2018;34:809-18. doi:10.1016/j.dental.2018.02.004.

47. Turgut S, Bagis B. Effect of resin cement and ceramic thickness on final color of laminate veneers: an in vitro study. *J Prosthet Dent.* 2013;109(3):179–86. doi:10.1016/S0022-3913(13)60039-6.
48. Ilie N, Hickel R. Resin composite restorative materials. *Aust Dent J.* 2011;56 Suppl 1:59-66. doi:10.1111/j.1834-7819.2010.01296.x.
49. Czasch P, Ilie N. In vitro comparison of mechanical properties and degree of cure of a self-adhesive and a conventional flowable composite. *J Adhes Dent.* 2013;15(3):229–36.
50. ISO/TR 11405:1994. Dental materials — Testing of adhesion to tooth structure. Geneva: International Organization for Standardization; 1994.

Capítulo 5 - PRESS RELEASE

Nos últimos anos, a odontologia passou a contar com materiais cada vez mais modernos para devolver a estética e a função dos dentes. Entre eles, a cerâmica de dissilicato de lítio se destaca por unir beleza e resistência, sendo usada em coroas, facetas e outros tipos de restaurações. Apesar de durável, esse material também pode sofrer pequenas quebras ou trincas com o tempo, seja pela mastigação, pelo desgaste natural ou por acidentes.

Quando isso acontece, o dentista tem duas opções: substituir toda a peça ou realizar apenas o reparo da área danificada. A troca completa é mais cara, demora mais e exige desgaste adicional do dente. Já o reparo é mais simples, rápido e preserva melhor a estrutura natural, mas ainda existem dúvidas sobre quais técnicas tornam esse procedimento realmente duradouro.

Esta pesquisa buscou responder a essa questão por meio de duas etapas: uma revisão dos estudos já publicados sobre o tema e um experimento em laboratório. A revisão mostrou que, entre os diversos métodos existentes, os que combinam preparo da superfície cerâmica com substâncias específicas e aplicação de adesivos são os mais usados e trazem bons resultados. Já no experimento, verificou-se que a presença de saliva e o tempo que essa restauração ficará na boca, após o procedimento, reduzem a durabilidade da colagem entre a cerâmica e o material de reparo.

Essas descobertas ajudam dentistas a escolher os melhores protocolos de reparo, garantindo tratamentos mais confiáveis, acessíveis e conservadores. O resultado é um benefício direto para os pacientes, que podem manter suas restaurações por mais tempo, com menos custos e preservando mais os dentes naturais.

APÊNDICE 1

ESTRATÉGIAS DE BUSCA PARA CADA BASE DE DADOS E LITERATURA CINZENTA

PUBMED

(Ceramic[all] OR ceramics[MeSh] OR "dental ceramics"[all] OR "dental porcelain"[MeSh] OR emax[all] OR "lithium disilicate"[all] OR "disilicate lithium"[all] OR "glass ceramics"[all]) AND ("dental prosthesis repair"[MeSh] OR "dental restoration repair"[MeSh] OR "dental restoration failure"[MeSh] OR "porcelain repair"[all] OR "ceramic repair"[all] OR "ceramic fracture"[all])

COCHRANE LIBRARY

("ceramic" OR "ceramics" OR "dental ceramics" OR "dental porcelain" OR "emax" OR "lithium disilicate" OR "disilicate lithium" OR "glass ceramics") AND ("dental prosthesis repair" OR "dental restoration repair" OR "dental restoration failure" OR "porcelain repair" OR "ceramic repair" OR "ceramic fracture")

EMBASE

('ceramic':ti,ab,kw OR 'ceramics':ti,ab,kw OR 'dental ceramics':ti,ab,kw OR 'dental porcelain':ti,ab,kw OR 'emax':ti,ab,kw OR 'lithium disilicate':ti,ab,kw OR 'disilicate lithium':ti,ab,kw OR 'glass ceramics':ti,ab,kw) AND ('dental prosthesis repair':ti,ab,kw OR 'dental restoration repair':ti,ab,kw OR 'dental restoration failure':ti,ab,kw OR 'porcelain repair':ti,ab,kw OR 'ceramic repair':ti,ab,kw OR 'ceramic fracture':ti,ab,kw)

LILACS

("ceramic" OR "ceramics" OR "dental ceramics" OR "dental porcelain" OR "emax" OR "lithium disilicate" OR "disilicate lithium" OR "glass ceramics") AND ("dental prosthesis repair" OR "dental restoration repair" OR "dental restoration failure" OR "porcelain repair" OR "ceramic repair" OR "ceramic fracture")

SCOPUS

TITLE-ABS-KEY("ceramic" OR "ceramics" OR "dental ceramics" OR "dental porcelain" OR "emax" OR "lithium disilicate" OR "disilicate lithium" OR "glass ceramics") AND TITLE-ABS-KEY("dental prosthesis repair" OR "dental restoration repair" OR "dental restoration failure" OR "porcelain repair" OR "ceramic repair" OR "ceramic fracture")

WEB OF SCIENCE

TS=(“ceramic” OR “ceramics” OR “dental ceramics” OR “dental porcelain” OR “emax” OR “lithium disilicate” OR “disilicate lithium” OR “glass ceramics”) AND TS=(“dental prosthesis repair” OR “dental restoration repair” OR “dental restoration failure” OR “porcelain repair” OR “ceramic repair” OR “ceramic fracture”)

MEDLINE

(“ceramic” OR “ceramics” OR “dental ceramics” OR “dental porcelain” OR “emax” OR “lithium disilicate” OR “disilicate lithium” OR “glass ceramics”)
AND (“dental prosthesis repair” OR “dental restoration repair” OR “dental restoration failure” OR “porcelain repair” OR “ceramic repair” OR “ceramic fracture”)

GOOGLE SCHOLAR

“ceramic” “dental ceramics” “lithium disilicate” “ceramic repair” “surface treatment” “dental restoration failure”

PROQUEST DISSERTATIONS AND THESES

(“ceramic” OR “ceramics” OR “dental ceramics” OR “dental porcelain” OR “emax” OR “lithium disilicate” OR “disilicate lithium” OR “glass ceramics”)
AND (“dental prosthesis repair” OR “dental restoration repair” OR “dental restoration failure” OR “porcelain repair” OR “ceramic repair” OR “ceramic fracture”)

APÊNDICE 2

TABELA DA REVISÃO DE ESCOPO - DADOS EXTRAÍDOS DOS ESTUDOS

Bessa, MS et al, 2025, Brasil [4]	In vitro, Cisalhamento, n=15	Dissilicato de lítio (Smile-lithium, ProtMat)	<p>LIMPEZA:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Grupo controle: água - grupo 1: Pasta de Limpeza Ivoclean (Ivoclar Vivadent) - grupo 2: Air-particle abrasion with Al₂O₃ 50 µm, 2.5 bar pressure, 45° inclination and a distance of 10 mm for 20 s (Bio-Art) <p>TRATAMENTO DE SUPERFÍCIE:</p> <p>Grupo HF: Ácido fluorídrico (Porcelain Condac FGM); condicionamento com HF 5% por 20 s, lavagem com jato de água por 30 s e secagem.</p> <p>Grupo MEP:</p> <p>Monobond Etch & Prime (MEP) (Ivoclar Vivadent) - Self-etch Ceramic Primer</p>	<p>Grupo HF: silano (RelyX Ceramic Primer, 3 M ESPE) + adesivo universal (Single Bond Universal, 3 M ESPE)</p> <p>Grupo MEP: adesivo universal (Single Bond Universal, 3 M ESPE) – aplicado 1 camada.</p>	<p>Resina composta convencional Nanoparticulada (FiltekTM Z350XT, 3M)</p>	<p>termociclagem por 10.000 ciclos em banhos alternados de 5 °C – 55 °C por 30 s em cada banho, com um intervalo de tempo de transição de 2 s entre as imersões</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Abrasão de partículas de ar com Al₂O₃ e Ivoclean proporcionou limpeza eficaz para cerâmica de dissilicato de lítio antes do reparo; • O primer cerâmico autocondicionante (MEP) mostrou resultados semelhantes ao ácido fluorídrico (HF) seguido por tratamento com silano, tornando-o uma alternativa viável para reparo de vitrocerâmica; • A termociclagem reduziu a resistência de ligação em comparação aos grupos sem envelhecimento, com o efeito sendo mais pronunciado nos grupos tratados com HF seguido por silano.
Al-Askary R A, Al-Ashou W M O, Hassoon S N, 2024, Iraque [14].	In vitro, cisalhamento, n=7	Dissilicato de lítio (IPS E-Max CAD Ivoclar/Vivadent) e zircônia (H. C. Starck.)	<ul style="list-style-type: none"> - Grupo HF: HF (9,5%; Ivoclar Vivadent) 20 s, lavado por 2 min e seco ao ar - Grupo abrasão a ar: Uma partícula de Al₂O₃ de 50 µm (Korox, Bego) por 20 s. - Grupo broca: asperização com broca de correia verde de diamante (NTI-Kahla GmbH) partícula de 151 µm por 15 s com 15 movimentos horizontais e 15 verticais sob baixa pressão manual. - Grupo laser: laser Er,Cr:YSGG (Biolase), com onda de 2780 nm, potência de saída de 3 W, taxa de repetição de 10 Hz e duração de pulso de 200 µs. - Grupo HF + broca: asperização com broca como no grupo broca + condicionamento com ácido HF a 9,5% como no grupo HF. - Grupo HF + abrasão a ar: abrasão a ar com 50 µm Al₂O₃ como no grupo abrasão a ar + condicionamento com ácido HF a 9,5% igual ao grupo HF. - Grupo HF + laser: laser Er,Cr:YSGG igual ao grupo laser + condicionamento com ácido HF a 9,5% igual ao grupo HF. 	<p>Grupo adesivo universal G-Primo Bond (GC)</p> <p>Grupo kit de reparo intraoral (BISCO) (Nesse kit contém: ácido fluorídico 9,5%, Porcelain Primer, Porcelain Bonding Resin).</p>	<p>Resina composta convencional Micro-híbrida (Filtek Z250, 3M ESPE)</p> <p>(não descrevem quantas camadas de cada adesivo).</p>	<p>Não foi realizado o envelhecimento (apenas armazenadas em água destilada por 24 h a 37°C.)</p>	<p>O uso de HF + abrasão a ar para tratar a superfície do E-Max leva à obtenção de um valor de resistência de ligação significativamente maior, quando comparado com outros métodos de tratamento, enquanto o menor valor de resistência de ligação entre E-Max e resina composta foi revelado ao usar laser como tratamento de superfície.</p> <p>O sistema de reparo intraoral (BISCO) fornece uma força de ligação significativamente maior em comparação ao adesivo universal G-Primo Bond.</p>
Kadhim O M A, Aljuboury M R, 2023, Iraque [17].	In vitro, Cisalhamento, n=10	Dissilicato de lítio (IPS e.max CAD HT/A2; Ivoclar Vivadent)	<p>Grupo 1: ácido fluorídico 4,5% (Ivoclar Vivadent) por 20 seg, enxague com água por 2 min e secos.</p> <p>Grupo 2: laser Nd:YAG com potência de 3W, largura de pulso de 40 µm, comprimento de onda de 1046 nm, distância de 20cm</p>	<p>Ceramic repair N system kit: 1 camada de Silano Monobond N (Ivoclar Vivadent) e 1 camada de adesivo Heliobond (Ivoclar Vivadent)</p>	<p>Resina composta convencional Nano-híbrida (Tetric N-Ceram/A 2, Ivoclar Vivadent)</p>	<p>termociclagos a 5°C e 55°C por 1000 ciclos (tempo de permanência de 30 segundos).</p>	<p>Houve diferença entre os tratamentos de superfície.</p> <p>O condicionamento com HF apresentou maiores valores de SBS do que os outros grupos testados. O HF ainda é o método de tratamento de superfície mais eficaz que fornece uma resistência de união de reparo satisfatória.</p>

			<p>enxague com água destilada e secos ao ar.</p> <p>Grupo 3: laser Er,Cr:YSGG (biolase, waterlase), potência 3W, comprimento de onda de 2780 nm, pulso de 60 µs, enxague com água destilada e secos ao ar.</p>)		<p>Os valores de SBS da gravação a laser Nd:YAG e Er,Cr:YSGG foram estatisticamente menores do que quando usou o HF ($P \leq 0,05$).</p> <p>O laser Er,Cr:YSGG (grupo B) forneceu o menor valor de SBS.</p> <p>Embora os lasers Nd:YAG e Er,Cr:YSGG possam ser usados de forma fácil e simples intraoralm, os parâmetros de laser selecionados neste estudo não podem ser considerados um método de tratamento de superfície eficaz para cerâmicas de dissilicato de lítio.</p>
Turunç-Öğuzman R, Sışmanoğlu S, 2023, Turquia [13].	In vitro, microcisiaamento, n=12	IPS e.max CAD (EMAX; Ivoclar Vivadent), Vita Mark II (VM; Vita Zahnfabrik), Shofu Block HC (SHC; Shofu) e Tetric CAD (TET; Ivoclar Vivadent)	<p>Grupo controle: nenhum tratamento aplicado na superfície</p> <p>Grupo AL: jateamento com óxido de alumínio (50 µm), 10mm de distância, pressão de 1,5 bar.</p> <p>Grupo HF: ácido fluorídico a 9% (Ultradent) por 60 s.</p> <p>Grupo MEP: Monobond Etch and Prime esfregado por 20 s. Após esperar por 40 s, foi lavado e seco ao ar por 10 s.</p>	<p>Silano (S) (Clearfil Ceramic Primer Plus (Kuraray Noritake)</p> <p>Adesivo convencional (A) (Heliobond; Ivoclar Vivadent AG, Schaan Liechtenstein). Este adesivo foi aplicado somente no grupo MEP.</p> <p>Em todos os grupos: Adesivo Single Bond Universal (UA) (3M ESPE)</p> <p>Não aponta quantas camadas foram aplicadas.</p>	<p>Resina composta Nanopar ticulada fluida (Filtek Ultimate Flowable ; 3 M ESPE)</p>	<p>Não foi realizado o envelhecimento (apenas armazenadas em água destilada por 24 h)</p>	<p>- o tipo de tratamento de superfície e o tipo de protocolo adesivo afetaram a resistência de união do reparo.</p> <p>- embora o adesivo universal não tenha diferido significativamente de silano+adesivo convencional ou adesivo convencional, sua aplicação após o MEP diminuiu significativamente os valores de µSBS. Portanto, o uso de MEP junto com adesivo universal não é recomendado em condições clínicas.</p> <p>- para ter uma força de ligação de reparo confiável, o IPS e.max CAD deve ser tratado com Monobond Etch e Prime + adesivo convencional.</p>
Wille S, Lehmann F, Kern M. 2022, Alemanha [25]	In vitro, Tração, n=24	Dissilicato de lítio (IPS e.max, Ivoclar Vivadent)	<p>- GRUPOS QUE RECEBERAM CONDICIONAMENTO COM HF:</p> <p>Grupos MPV, SUR, GML condicionados com ácido fluorídico 4% por 20 segundos (IPS Ceramic Etching Gel, Ivoclar Vivadent), enxaguados com spray de água, banho ultrassônico com isopropanol 99% por 3 min.</p> <p>- GRUPOS QUE NÃO RECEBERAM CONDICIONAMENTO COM HF:</p> <p>Grupos MEP e UBE foram condicionados apenas com silano de dois frascos (Universal bond, Tokuyama) e primer autocondicionante.</p>	<p>- GRUPOS QUE RECEBERAM CONDICIONAMENTO COM HF:</p> <p>Grupo MPV: PRIMER Monobond Plus</p> <p>Grupo SUR: PRIMER Scotchbond Universal (3M)</p> <p>Grupo GML: PRIMER G-Multi Primer (GC)</p> <p>- GRUPOS QUE NÃO RECEBERAM CONDICIONAMENTO COM HF:</p> <p>Grupo MEP: PRIMER autocondicionante Variação experimental de Monobond Etch & Prime (Ivoclar Vivadent)</p> <p>Grupo UBE: PRIMER autocondicionante Universal Primer (Tokuyama)</p>	<p>Grupo MPV: Cemento resinoso dual Variolink Esthetic DC (Ivoclar Vivadent)</p> <p>Grupo SUR: Cemento resinoso dual RelyX Ultimate (3 M)</p> <p>Grupo GML: Cemento resinoso dual G-CEM LinkForce</p> <p>Grupo MEP: Cemento resinoso fotopolímerizável Variolink Esthetic (Ivoclar Vivadent)</p> <p>Grupo UBE: Cemento</p>	<p>Foi submetido a 7.500 ciclos térmicos (5-55°C), e o terceiro subgrupo foi armazenado em água durante 150 dias e passou por 37.500 ciclos térmicos (5-55 °C).</p>	<p>A aplicação da solução de silano de dois frascos investigada não pode ser recomendada para colagem de dissilicato de lítio sem condicionamento prévio com HF.</p> <p>O primer experimental autocondicionante com viscosidade aumentada leva a uma ligação menos confiável ao dissilicato de lítio do que os sistemas adesivos com ataque HF.</p> <p>O armazenamento de água e a ciclagem térmica levaram a uma diminuição estatisticamente significativa no TBS para os grupos SUR, GML e UBE.</p>

Höller B. et al., 2022, Alemanha [30]	In vitro, Tração, n=15	Dissilicato de lítio (IPS e.max CAD, Ivoclar Vivadent)	Grupo GBL: jateamento com alumina (35 µm a 1 bar de pressão por 10 s e uma distância de trabalho de 4 ± 1 cm), lavadas com spray de água e secas com jato de ar. Grupo MEP: Primer vitrocerâmico autocondicionante (MEP, Monobond Etch & Prime, Ivoclar Vivadent) Grupo NoPT: sem pré-tratamento	Grupo GBL: silano Monobond Plus (Ivoclar Vivadent) por 60 segundos e Adesivo Heliobond (Ivoclar Vivadent) Grupo MEP: Adesivo Heliobond (Ivoclar Vivadent) Grupo NoPT: sem pré-tratamento e Adesivo Heliobond (Ivoclar Vivadent)	Resina Composta convencional nano-híbrida Tetric Evo Ceram, (Ivoclar Vivadent)	resinoso Estecem II (Tokuyama)	O aumento da temperatura e a alta umidade reduziram significativamente a TBS. No entanto, a MEP foi menos sensível às influências ambientais do que a GBL, o que a torna uma candidata promissora para o reparo cerâmico intraoral. Os grupos NoPT não apresentaram adesão. Esses achados sugerem que o reparo clínico intraoral de vitrocerâmicas de dissilicato de lítio deve ser realizado usando um lençol de borracha (isolamento absoluto), principalmente ao usar GBL.
Ueda N. 2021, Japão [19]	In vitro, microcisalhamento, n=72	Dissilicato de lítio (IPS e.max CAD, Ivoclar Vivadent)	grupo ME: Monobond Etch & Prime (Ivoclar Vivadent). grupo UB: ácido fosfórico 35% K-etchant (Kuraray), aplicado por 15 s, lavado com água e seco suavemente ao ar. grupo BL: Bondmer Lightless (Tokuyama). grupo GMP: ácido fosfórico 35% K-etchant gel, aplicado por 15 s, lavado com água e seco suavemente ao ar.	grupo ME: monobond Etch & Prime (Ivoclar Vivadent) esfregado por 20 s e deixado por mais 40 s para reação; lavado com água e seco por 10 s. grupo UB: Clearfil Universal Bond (Kuraray) aplicado por 20 s, seco por 10 s e fotopolimerizado por 10 s. grupo BL: adesivo híbrido bondmer Lightless (Tokuyama Dental, Tóquio, Japão) aplicado imediatamente seco ao ar com pressão de ar média por 10 s. grupo GMP: primer G-Multi Primer (GC, Tóquio, Japão); GMP aplicado por 20 s e seco ao ar por 10 s. não descrevem quantas camadas foram aplicadas.	Resina composta a tipo flow Micro-híbrida (Clearfil AP-X, Kuraray Noritake Dental)	Sem termociclagem (imediato) e com termociclagem (5.000 ciclos) (dois banhos-maria de 5°C e 55°C, respectivamente, com tempo de permanência de 30 s em cada temperatura.)	o ME foi o tratamento de superfície cerâmica mais eficaz para dissilicato de lítio, porém não pode ser utilizado por via intraoral. Na situação de reparo intra-oral, o BL que contém y- MPTES e monômeros funcionais ácidos em soluções separadas foi eficaz.

Değirmenci BU, Değirmenci A. 2021, Turquia [34]	In vitro, cisalhamento, n=15	Blocos CAD/CAM reforçada com leucita, dissilicato de lítio (IPS e.max CAD, Ivoclar Vivadent) e cerâmica feldspática	Asperização com broca diamantada (FG 3053G, KG Sorensen Cotua, SP, Brasil) Ácido fosfórico 40% (K-Etchant Kuraray Medical Inc. Okayama Japão) por 5s. Jateada com partículas de trióxido de alumínio de 30um (Co Jet Stand, #M ESPE Co, St Paul, MN, EUA) revestido com sílica por 15s com a compressão de 2,5 bar a uma distância de 10mm Irradiação a laser. O dispositivo a laserrr Err, CrYSGG com um comprimento de onda de 2,78um (Waterlase iPlus, Biolase Technologgies Inc, San Clementte, CA, EUA)	O silano (G-Multi Primer, GC Corporation, Lovaina, Bélgica) e o adesivo universal (G-Premio Bond GC Corporation) foram aplicados em toda superfície por 10s com a ajuda de uma escova e foi polimerizada por 10s. Não descreveram quantas camadas foram aplicadas.	Resina composta convencional Nano-híbrida (G-aenial Anterior, GC Corporation)	Foram mantidas por 24 horas na incubadora por 37 graus C nas garrafas de vidro cheias de água destilada.	o laser Er,Cr:YSGG aumentou significativamente a força de ligação de reparo em cerâmicas CAD/CAM reforçadas com leucita e feldspática, a gravação com ácido fosfórico é um tratamento de superfície sugerido para as cerâmicas CAD/CAM de dissilicato de lítio.
Falah RM, Ameer ZMA, 2020, Iraque [31]	In vitro, cisalhamento, n=8	grupo A: Vita Enamic grupo B: Feldspática grupo C: IPS emax (hta2 CAD - Ivoclar Vivadent)	Abrasão da superfície com lixa de grão granulação 120 seguido de banho ultrassônico.	grupo A: sistema 1, 2 e 3. grupo B: sistema 1, 2 e 3. grupo C: sistema 1, 2 e 3. SISTEMAS: 1) Kit de reparo cerâmico da Ivoclar vivadent (contendo Monobond Plus). 2) Adesivo universal Scotch bond da 3M ESPE 3) Aplicação do adesivo universal autopolimerizável tokuyama não descrevem quantas camadas foram aplicadas.	Resina Composta convencional Nano-híbrida (Tetric Evo Ceram/A 2)	Entre 5°C e 55°C por 500 ciclos com um tempo de permanência de 30 segundos.	Para o IPS e.max CAD, Palfique universal bond e scotch bond universal agem melhor que o kit do sistema de reparo cerâmico ivoclar.
Al Deeb L, 2020, Arabia Saudita [20].	In vitro, cisalhamento, n=10	Dissilicato de lítio (LDC) (IPS Emax Press; Ivoclar/ Vivadent) e zircônia tetragonal estabilizada com ítrio (Y-TZPC) (Noritake Alliance)	Grupo 1 e 6 (controle): broca diamantada. Grupo 1: broca diamantada de grão 30 µm (Kerr). Grupo 6: broca de moagem Cimara (Voco) Grupo 2 e 7: laser Er,Cr:YSGG (ECL) (Millennium) 2,78 micrômetros, 3,75 W de potência e 15 Hz de frequência. Grupo 3 e 8: laser Nd-YAG com 150 mJ por uma duração de 60 segundos, 10 Hz e 3 W, no comprimento de onda de 1064 nm. Grupo 4 e 9: Ácido fluorídrico (Ivoclar Vivadent) 9,5% por 1 minuto. Grupo 5 e 10: Óxido de alumínio (Al2O3) (sistema CoJet; 3M) pressão de 2,3 bar em e duração de 1 minuto.	Grupos 1, 4, 5 e 6, 9, 10 receberam uma camada de silano (Monobond Plus ceramic primer ivoclar vivadent) por 60 seg e secagem com ar Nenhum silano foi aplicado nos grupos tratados com laser. Em todos os grupos: 1 camada de Adesivo Heliobond (Ceramic repair N)	Cimento resinoso dual (Multicor e flow; ivoclar/ Vivadent)	Termociclagem (Mini Opticon real-Time PCR System) entre 5 °C a 60 °C por 30 segundos de transferência de 5 segundos.	O ácido HF com salinização contínua sendo o padrão ouro para condicionamento de LDC. Métodos alternativos de condicionamento usando laser (Nd-YAG e Er,Cr:YSGG) precisam de mais investigação.

Sanal FA, Kilinc H, 2020, Turquia [28].	In vitro, cisalhamento, n=8	Cerâmica VM 9, VITA VM 13, VITA VMK 95 (VITA Zahnfabrik) e IPS e.max (Ivoclar Vivadent)	<p>EM TODOS OS GRUPOS: jateamento com óxido de alumínio (50 µm a uma pressão de 2 atm a uma distância de 5 mm por 5 segundos), ácido fluorídrico por 60 segundos (não apresenta porcentagem), lavados com águas e secos com ar.</p> <p>No grupo convencional ainda foi aplicado o ácido fluorídrico por 60 seg.</p>	<p>GRUPOS COM RESINA AUTOADESIVAS:</p> <p>Fluxo Vertise (VF):摩擦 por 20 seg e fotopolimerizar por 20seg, aplicar uma camada até 2mm e fotopolimerizar por 20seg.</p> <p>Fusio Liquid Dentin (FLD):摩擦 por 20 seg e fotopolimerizar por 10seg, aplicar uma camada até 2mm e fotopolimerizar por 10seg e depois por 20seg.</p> <p>Constico (C):摩擦 por 20 seg e fotopolimerizar por 20seg, aplicar uma camada até 2mm e fotopolimerizar por 20seg.</p> <p>GRUPO CONVENCIONAL: aplicação do primer (Kit de reparo intraoral BISCO), deixar agir por 30seg, secagem com ar, aplicação de uma fina camada de resina Filtek Supreme (não superior a 2mm) e fotopolimerização por 20seg.</p>	<p>VF = Resina fluida autoade siva (nanohíbrida) Vertise Flow;</p> <p>FLD = Resina fluida microhíbrida autoade siva Fusio Dentina Líquida;</p> <p>C = Resina compost a microhíbrida fluida autoade siva Constic (consistê ncia flúida);</p> <p>BC + FS = Resina compost a nanopart iculada nanopart iculada Filtek Supreme</p>	Termociclagem prévia ao reparo: 5.000 ciclos entre 5°C e 55°C com tempos de permanência de 20 segundos.	O envelhecimento térmico afetou negativamente os valores de SBS em todos os grupos. Todos os materiais de reparo investigados apresentaram baixa resistência de união com IPS e.max, especialmente após o envelhecimento térmico.
Maawad AM et al. 2020, Arábia Saudita [27]	In vitro, cisalhamento, n=10	Dissilicato de lítio (grupo LDC)(IPS Emax Press; Ivoclar Vivadent) e cerâmicas de resina híbrida (grupo HRC)	<p>Grupos 1(LDC) e 5(HRC): irradiados a laser usando 3 (ECYL) 2790nm a uma frequência de 30 Hz e potência de 3,75 W;</p> <p>Grupos 2(LDC) e 6(HRC): foram condicionados com fotossensibilizador de azul de metileno (PDT), e foi ativado por meio de um laser de diodo (Laser ADV, Picasso, Itália) em potência de 1,5 W e comprimento de onda de 810 nm;</p> <p>Grupos 3(LDC) e 7(HRC): foram tratados com ácido fluorídrico 9,6% (Ivoclar Vivadent) por 60seg, enxaguados com um forte jato de água de ar por 10 s e secos ao ar;</p> <p>Grupos 4(LDC) e 8(HRC): partículas de silicato de trióxido de alumínio (Al₂O₃) (sistema CoJet; 3M ESPE) abrasão de ar por 10 s a uma pressão de 2 bar a uma distância de 10 mm usando um jateador de areia intraoral, depois lavados em água corrente e secos ao ar.</p>	<p>silano (Monobond Plus Ivoclar Vivadent)</p> <p>Kit de reparo de Porcelana (Ultradent): uma camada do adesivo universal Peak, fotopolimerizado por 15s.</p>	Resina compost a nano-híbrida convencional (Clearfil Majesty Esthetic; Kuraray)	termociclagem (Mini Opticon BioRad, EUA) com um tempo de permanência de 30 s entre 5°C e 60°C.	Uma combinação de tratamentos de superfície mecânicos e químicos deve ser usada para obter uma resistência de união adequada entre os resinosos compostos e a interface cerâmica dos LDC e HRC. A maior resistência de união ao reparo foi observada no grupo 3 (LDC) (HFA-S), enquanto a menor pontuação foi exibida no Grupo 2 (LDC) usando fotossensibilizador azul de metileno (MBPS).

Freitas MS, 2020, Brasil [26]	In vitro, resistência a fratura, n=10	Dissilicato de lítio (IPS e.max CAD, Ivoclar Vivadent)	<p>grupo GB (Kit de reparo Intraoral - Bisco): asperização com broca 4138 (KG Sorensen), ácido fluorídrico 9,5% por 90seg</p> <p>grupo GC (Kit de reparo Clearfill): asperização, ácido fosfórico 35% por 30s</p> <p>grupo GT (grupo teste): asperização, ácido fosfórico 35% por 30s</p> <p>grupo GF (grupo teste 2, com adesão de um fragmento cerâmico): *tratamento da restauração cerâmica a ser reparada: Asperização da área a ser reparada (4138, KG Sorensen), ácido fosfórico 35% por 30s (Ultra Etch Indispense, Ultradent); *Ácido fluorídrico 9% (Ultradent Porcelain Etch, Ultradent) por 20s; Enxágue abundantemente com jatos de ar água por 10s e secagem por 10s.</p>	<p>grupo GB (Kit de reparo Intraoral - Bisco): PORCELAIN PRIMER (BISCO) e PORCELAIN BONDING RESIN.</p> <p>grupo GC (Kit de reparo Clearfill): ativador de porcelana (Clearfil Porcelain bond activator) e primer (Clearfil SE Bond Primer), adesivo (Clearfil SE Bond).</p> <p>grupo GT (grupo teste): silano (Monobond Plus, Ivoclar Vivadent) por 60s e adesivo (Clearfil SE Bond)</p> <p>grupo GF (grupo teste 2 com fragmento): silano (Monobond Plus, Ivoclar) e dupla camada de adesivo (Excite F DSC Single dose, Ivoclar) por 10 seg sem fotoativar.</p>	<p>grupo GB, GC e GT: Aplicaçāo da resina compost a nano-híbrida (A1, IPS Empress Direct, Ivoclar Vivadent)</p> <p>grupo GT: Grupo GF: Cimento resinoso dual (Variolink N Ivoclar Vivadent, Liechtenstein).</p>	Ciclagem mecânica (carga de 100N e frequência de 2Hz) por 250.000 ciclos e levados a máquina universal de testes para avaliar resistência à fratura.	O grupo GB (BISCO's Intraoral Repair Kit) é o mais indicado para dissilicato de lítio, apresentando resultados melhores comparado aos grupos GC e GT. O protocolo de reparo com fragmento cerâmico (GF) pode ser uma outra indicação para o reparo.
Atay A et al, 2020, Turquia [35]	In vitro, microcisalhamento, n=10	Cerasmart, Lava ultimate, InCoris TZI, VITA suprinity, VITA Mark II, IPS e.max CAD (Ivoclar Vivadent), IPS Empress CAD	IPS e.max CAD: ácido fluorídrico (Angelus) 10% por 60 seg	<p>Grupo CLEARFIL REPAIR: Clearfil SE Bond Primer e o Porcelain Bond Activator foram misturados na proporção de 1:1 e aplicados por 5 segundos. Em seguida, foi aplicado Clearfil SE Bond e fotopolimerizado por 10 seg.</p> <p>Grupo iGOS REPAIR: Multi Primer LIQUID (aplicado e aguardou 60seg) + iGOS Bond fotopolimerizado por 10 seg.</p>	<p>Pro grupo clearfil: Resina compost a Nano-híbrida convencional CLEARFIL MAJESTY ES-2 (nano-híbrido)</p> <p>Pro grupo iGOS: Resina compost a micro-híbrida iGOS Universa l</p>	Termociclagem previa ao reparo: termociclagem (10.000 ciclos térmicos entre 5°C e 55°C com tempos de permanência e transferência de 20 segundos. Durante o experimento, todos os espécimes foram armazenados em água destilada a 37 °C por 3 dias.	Todos os grupos, exceto o grupo InCoris TZI, reparados com o sistema iGOS Repair apresentaram maior µ SBS do que Clearfil Repair. O tipo de restauração e material de reparo é importante no sucesso do reparo da fratura.
Barutçigil K, Kirmali O. 2020, Turquia [5]	In vitro, microtração n=10	dissilicato de lítio (IPS e.max Press, Ivoclar Vivadent)	<p>Grupo C - Controle: sem tratamento mecânico.</p> <p>Grupo HF - Ácido Fluorídico (Angelus) 9,6% por 60 s.</p> <p>Grupo OF - Ácido Fosfórico (Ketch, Kuraray) 37% de ácido fosfórico por 60 s.</p> <p>Grupos de Irradiação a Laser (1–3W – Er, Er:YSGG Laser com onda de comprimento de onda de 2,78 µm e potência de 1, 2 e 3 W a 10 Hz.</p>	1 camada do adesivo universal (3M ESPE)	resina compost a nano-híbrida convencional (Grandio DC; VOCO)	Termociclagem previa: 2.500 ciclos entre 5°C e 55°C	A resistência de ligação de reparo (RBS) mais baixa foi registrada no Grupo OF (ácido fosfórico), e o (ácido fluorídico), seguido pelo Grupo 3W (laser com 3W de potência). Além disso, as diferenças nos RBSs entre o Grupo 3W e os outros grupos, exceto o Grupo 2W, foram significativas. A irradiação a laser de 3W pode ser um método alternativo à gravação ácida para melhorar a RBS entre resina e cerâmica.

Ataol AS e Ergun G, 2018, Turquia [9]	In vitro, cisalhamento, n=14	Grupo A: IPS e.max CAD (Ivoclar Vivadent). Grupo B: IPS e.max ZirCAD. Grupo C: Vita Suprinity	Ácido fluorídrico (Ultradent) a 9% por 90s, enxaguado por 30 s e seco ao ar com ar. Jateamento de alumina com partículas 50 μm Al2O3 por 20seg, aplicadas perpendicularmente à superfície a uma pressão de 28 libras por polegada quadrada (psi) a uma distância de aproximadamente 10 mm. Gravação a laser (Er,Cr:YSGG): Energia de saída de 3 W, resfriamento a ar (50%) e água (1%) em comprimento de onda de 2,94 μm , repetição de pulso de 50 Hz, duração de pulso de 140 μs .	Testaram da seguinte forma: "condicionamento + silano + clearfil bond", "condicionamento + clearfill primer", "silano + clearfil bond (controle)" e só "clearfill primer (grupo controle)".	Resina Composta convencional nanoparticulada Clearfil Majesty ES-2	Metade das amostras (n=7) foram expostos à termociclagem (TC+; SD Mechatronik Thermocycler) entre 5°C e 55°C por 5.000 ciclos com tempo de permanência de 60 s e tempo de transferência de 6 s. Até o término do procedimento de termociclo, a outra metade foi armazenada em água destilada (TC-) a 37°C em uma incubadora (Kottermann GmbH & Co. KG).	O jateamento de alumina e o ataque HF proporcionaram resistências de união satisfatórias para cada cerâmica CAD/CAM testada neste estudo. O tratamento de superfície da cerâmica de dissílico de litio por HF foi mais eficaz do que jateamento de alumina e irradiação de laser Er,Cr:YSGG; A irradiação com laser Er,Cr:YSGG não pode ser considerada como um tratamento de superfície eficaz para tornar cada superfície cerâmica CAD/CAM mais rugosa para estabelecer uma melhor resistência de união com uma resina composta
Karci M et al. 2018, Turquia [24]	In vitro, cisalhamento, n=9	Empress CAD- IPS e.max CAD e Imperatriz CAD (Ivoclar Vivadent)	Ácido fluorídrico 5% (Ivoclar Vivadent) 20seg para emax,	Silano monobond S por 60seg e adesivo fotopolimerizado por 10 seg. Nenhum agente adesivo foi necessário no grupo SuperFlow autoadesivo.	Resina compost a Micro-híbrida convencional Tetric N Ceram (Ivoclar Vivadent) e resina compost a Nano-híbrida fluida Nova Compo SF (Imicryl)	mantidos em água destilada a 37 °C, em local escuro, por 24 h e envelhecidos por 5000 ciclos térmicos entre 5°C e 55°C, com tempos de permanência e transferência de 20 s.	A SuperFlow pode ser uma alternativa aos materiais de reparo cerâmicos que usamos rotineiramente na clínica. Maiores valores de resistência ao cisalhamento foram encontrados em espécimes Empress CAD. O Empress CAD pode ser preferido ao e.max CAD em indicações clínicas esteticamente adequadas.
Ebrahimi Chaharom ME et al., 2018, Iran [16]	In vitro, cisalhamento, n=17	Dissílico de litio (IPS e.max Press)	Grupo 1: sem preparo (controle). Grupo 2: HF 9,5% por 60 segundos (Porcelain Etch, Ultradent) Grupo 3: laser Nd:YAG (LAMADA Scientifica, Srl) com potência de 4,5W e comprimento de onda = 1,064 μm . Grupo 4: laser Nd:YAG com potência de 6 W, parâmetro de energia = 300 mJ, taxa de repetição = 20 Hz e comprimento de onda = 1,064 μm . Grupo 5: laser Er,Cr:YSGG (Millenium, biolase technology) com potência de 1,5W, comprimento de onda de 2,78 μm . Grupo 6: laser Er,Cr:YSGG com potência de 6 W.	silano (Porcelain Silane, Ultradent) foi aplicado a todas as superfícies (60 seg) de amostra adesivo autocondicionante Single Bond (3M)	Resina compost a Silorano-based (tecnologia alternativa) convencional P90 (3M ESPE)	imersas em água destilada a 37°C por 24 horas e submetidas a um procedimento de termociclagem de 500 ciclos com um tempo de permanência de 30 segundos e um tempo de transferência de 10 segundos.	Os maiores valores de resistência de ligação de reparo foram registrados com o uso de ácido fluorídico a 9,5% em comparação com aqueles com o uso de laser para preparação de superfície. Os valores de resistência de ligação de reparo após a preparação de superfície com laser foram semelhantes aos do grupo controle. Os valores de resistência de ligação de reparo obtidos após a preparação de superfície com lasers Nd:YAG e Er,Cr:YSGG com as especificações de laser usadas no presente estudo não são adequados do ponto de vista clínico.

Al-Thagafi R, Al-Zordk W, Saker S, 2016, Arábia [8]	In vitro, microtração. N/D	dissilicato de lítio (IPS e.max, Ivoclar Vivadent) e Silicato de lítio reforçados com zircônica (Vita Suprinity)	Grupo C: sem tratamento (controle); grupo HF: condicionamento HF 5% por 60s, grupo HF-H: condicionamento HF 5% por 60s. grupo CO: jateamento com areia CoJet (3M ESPE) from a short distance 10mm, perpendicular to the surface at 2.8 pressure for 15 s.	Grupo C: sem tratamento (controle); grupo HF: aplicação de silano Monobond-S (Ivoclar Vivadent) por 60 s, secagem ao ar grupo HF-H: aplicação de silano Monobond-S (Ivoclar Vivadent) por 60s, secagem ao ar, aplicação de Heliobond (ivoclar vivadent) fotopolimerização por 20s. grupo CO: apenas silano Monobond-S (Ivoclar Vivadent)	Resina compost a Micro-híbrida convencional Tetric EvoCera m (ivoclar vivadent)	Then the specimens were stored at 37° in a distilled water bath. Após 24 h, os corpos de prova foram termociclados por 5.000 ciclos entre 5°C e 55°C com um tempo de permanência de 20 s e um tempo de transferência de 5 s.	O uso de revestimento de sílica triboquímica (Cojet Sand) seguido de silanização, assim como o condicionamento ácido seguido de silanização e colagem aumentaram a resistência da união às cerâmicas de dissilicato de lítio CAD/CAM. Em relação ao IPS e max CAD, o grupo CO apresentou a maior e o HF a menor resistência à microtração. Os grupos HF, HF-F e CO apresentaram diferenças estatisticamente significativas em relação a todos os tipos de cerâmica utilizados ($p < 0,05$). O grupo controle apresentou falhas exclusivamente adesivas, enquanto nos grupos HF, HF-F e CO predominaram falhas mistas
Üstün Ö, Büyükhatiipoğlu IK, Seçilmiş A, 2016, Turquia [12].	In vitro, cisalhamento, n=20	IPS e.max CAD (Ivoclar Vivadent) Limpeza com ácido fosfórico (K-Etchant Gel; Kuraray) por 5 segundos	Nos dois grupos: Ácido fluorídrico (9% Ultradent) por 20 segundos Grupo CR: limpeza com ácido fosfórico 37% (Ivoclar Vivadent) Grupo CLR: limpeza com ácido fosfórico K etchant Gel 40% (Kuraray)	Grupo CR: silano Monobond S e adesivo Heliobond Grupo CLR: Clearfil SE Bond Primer e Porcelain Bond Activator foram misturados em uma proporção de 1:1 e aplicados por 5 segundos. Depois disso, Clearfil SE Bond foi aplicado e fotopolimerizado.	Grupo CR: resina compost a Micro-híbrida convencional Tetric N Ceram	Envelhecimento prévio: termociclagem com 5000 ciclos térmicos entre 5 e 55 °C com tempos de permanência e transferência de 20 segundos em cada banho.	Nenhuma diferença foi observada entre os sistemas de reparo. Os sistemas de reparo Clearfil e Ceramic usados no estudo permitem reparos bem-sucedidos.
Kocaagaoglu, H, Manav, T, Albayra H, 2015, EUA [21]	In vitro, cisalhamento, n=10	Vitrocerâmica (GC) (Vitablocks para CEREC/Inlab Mark II, Vita Zahnfabrik) Zircônica (Z) (Zirkozahn SRL); Alumina (A) (In-Ceram Alumina, Vita Zahnfabrik)	All specimen surfaces were prepared with 30 µm diamond rotary cutting instrument with water irrigation for 10 seconds. Kit de reparo intraoral Bisco: ácido fluorídrico a 9,5% por 90 segundos Kit de reparo Clearfil: 40% de ácido fosfórico por 5 segundos Kit de reparo Cimara e Cimara: sem pré tratamento	Kit de reparo intraoral Bisco: primer para porcelanato (30 seg) e adesivo Kit de reparo Clearfil: Clearfil SE Bond Primer e ativador de porcelana (por 5 segundos) Kit de reparo Cimara e Cimara: sem pré tratamento	Resina compost a Micro-híbrida convencional Grandio So (Voco)	Os espécimes foram armazenados em água a 37°C±2°C por 24 horas e depois termociclado entre 5±2°C e 55±2°C por 1200 ciclos com um tempo de espera de 30 segundos e depois armazenado em 37°C água destilada por mais 7 dias antes de ser submetido a um teste de cisalhamento.	- ao considerar tratamentos de superfície, 9,5% de ácido fluorídrico por 90 segundos e 40% de ácido fosfórico por 5 segundos tiveram efeitos semelhantes em materiais vitrocármicos. - os materiais de reparo Cimara & Cimara Zircon apresentaram a maior resistência de ligação. - embora o material de reparo Cimara & Cimara Zircon tenha sido o único material a não ter ataque ácido, pode-se dizer que este sistema de reparo foi tão eficaz quanto os outros sistemas.

Neis CA et al. 2015, Brasil [29].	In vitro, microtração, n=3	Vitrocerâmica reforçada com dissilicato de lítio (IPS E.max Press, Ivoclar Vivadent) Cerâmica feldspática (Vita VM7)	In all ceramic blocks, the surface treated by the different protocols was cleaned with 37% phosphoric acid (Condac 37, FGM Dental Products, Joinville, SC, Brazil) for 30 s. grupo GC: (grupo controle) - sem tratamento de superfície; grupo GBD: desgaste superficial por broca diamantada de grão 30 µm durante 20 s sob refrigeração de água; grupo GHF: ácido fluorídrico (10%) durante 90 s para cerâmica feldspática, 60 s para vitrocerâmica reforçada com leucita e 20 s para vitrocerâmica reforçada com dissilicato de lítio; grupo GT: jateamento com óxido de alumínio revestido com sílica (partículas de 45 µm) por 20 s, a 10 mm, sob pressão de 2,8 bar.	Silano (Angelus Dental Products) por 1 min. Adesivo (Adapter Singlebond 2; 3M/ESPE), fotopolimerizado por 20 s.	Resina composta Nanoparticulada convencional Filtek Z350; 3M/ESPE	Envelhecido antes de qualquer condicionamento em água destilada por 3 meses a 37°C e após os condicionamentos: termociclagem (10.000 ciclos, entre 5°C e 55°C por 30 s em cada banho)	O desgaste superficial com ponta diamantada mostrou-se adequado para porcelanas feldspáticas e vitrocerâmicas reforçadas com leucita, enquanto o condicionamento ácido fluorídrico é indicado para reparos em cerâmicas reforçadas com dissilicato de lítio. Para a vitrocerâmica reforçada com dissilicato de lítio (IPS E.max press), GHF apresentou valores de μ TBS significativamente maiores que GC, GBD e GT, que foram semelhantes entre si. A interação entre os fatores (tipo de cerâmica e tratamento de superfície) foi estatisticamente significativa ($p<0,001$).
Huang BR, Wang XY, Gao XJ, 2013, China [18]	In vitro, microtração n=15	Dissilicato de lítio (IPS Empress 2, Ivoclar Vivadent)	GRUPO CONTROLE: Sem abrasionamento e condicionamento ABRASIONAMENTO: asperização com ponta diamantada OU jateamento sistema CoJet (3M EPSE) com Al2O3 modificadas com sílica de 30 micrômetro a uma distância inferior a 1 cm e a uma pressão de 100psi. CONDICIONAMENTO: ácido fosfórico 37% (Eco-Etch, Ivoclar Vivadent) por 60 seg OU ácido fluorídrico 9,6% (Porcelain Etch Gel, Pulpdent) por 30 seg	Silano (Calibra, Dentsply) por 60 seg e adesivo (XP Bond, Dentsply).	Resina composta Nanohíbrida convencional Ceram-X Mono (Dentsply)	Termociclagem: 5.000 ciclos entre 5°C e 55°C com um tempo de permanência de 30 s.	O condicionamento com ácido fluorídrico foi eficaz na melhoria da resistência de união do compósito à cerâmica à base de dissilicato de lítio, independentemente do método de rugosidade superficial e silanização. Em comparação com a abrasão com broca usada apenas, a abrasão com broca seguida de silanização poderia aumentar a resistência da ligação entre a cerâmica à base de dissilicato.
Colares RC et al, 2013, Brazil [23].	In vitro, microtração, n=5.	dissilicato de lítio (IPSe.max CAD, Ivoclar Vivadent)	G1: ácido fluorídrico a 9,5% por 20 s. G2: ácido fluorídrico 9,5% por 20 s. G3: jateamento com partículas de óxido de alumínio de 50 µm (Bio Art) por 5 s, a uma pressão de 30 psi. G4: jateamento com óxido de alumínio de 50 µm (Model Standard; Bio Art) por 5 seg a uma pressão de 30 psi e a uma distância de aproximadamente 10 mm.	G1: silano (Rely-X Ceramic Primer; 3M) (seco a temperatura ambiente, 23 °C) G2: silano (Rely-X Ceramic Primer; 3M) (seco com ar quente a 45 ± 5 °C) G3: silano (Rely-X Ceramic Primer; 3M) (seco com ar quente a 45 ± 5 °C) G4: silano (Rely-X Ceramic Primer; 3M) (seco a temperatura ambiente, 23 °C) Em todos os grupos: adesivo Adper Single Bond 2 (3M)	Resina composta Microhíbrida convencional (Filtek Z250; 3M ESPE)	Sem termociclagem. Apenas armazenados em água destilada a 37 °C por 24 h	G1 e G2 não apresentaram diferenças significativas entre si ($p>0,05$) e os valores de resistência de união foram significativamente maiores do que os registrados em G3 ($p<0,01$). O pré-tratamento de superfície da cerâmica de dissilicato de lítio com ácido fluorídrico e a aplicação de silano podem ser usados como uma alternativa para reparar restaurações cerâmicas com resina composta.

<p>Külnük T & Şinasi Sarac Y, 2011, Turquia [32]</p>	<p>In vitro, cisalhamento, n=24</p>	<p>Cerâmica de dissílico de lítio IPS Imperatriz 2 (Ivoclar Vivadent); Cerâmica reforçada com leucita (Ivoclar Vivadent); Compósito de fibra de vidro (Ivoclar Vivadent);</p>	<p>Kit de reparo cerâmico (CR): ácido fosfórico a 37% por 15 seg. Reparo Clearfil (CLR): ácido fosfórico a 40% (K-Etchant, Kuraray) por 5seg. Sistema CoJet (CS): abrasão de partículas transportadas pelo ar com 30mm Al2O3 partículas modificadas por sílica (Cojet Sand; 3M ESPE).</p>	<p>Kit de reparo cerâmico (CR): silano (Monobond-S, Ivoclar) após 60seg, adesivo Heliobond; Ivoclar Vivadent (fotopolimerizado por 20seg).</p> <p>Reparo Clearfil (CLR): uma mistura de Clearfil Porcelain Bond Activator (Kuraray) e o primer de Clearfil SE Bond (Kuraray) foi aplicada para tratamento de silano e deixada por 5 s, adesivo Clearfil SE Bond e fotopolimerização por 10seg.</p> <p>Sistema CoJet (CS): silano (ESPE-Sil; 3M ESPE), adesivo e fotopolimerização por 20seg</p>	<p>Resina composta Nano-híbrida convencional (Tetric Ceram; Ivoclar Vivadent)</p>	<p>Os espécimes foram armazenados em água destilada por 24 h e termociclados por 1500 ciclos entre 5°C e 55°C com um tempo de permanência de 30 s.</p>	<p>O ácido fosfórico em concentrações de 37 e 40% produziu forças de ligação significativamente mais baixas. Além disso, nenhuma mudança perceptível na morfologia da superfície foi obtida com o tratamento de superfície com ácido fosfórico. Maiores resistências de união ao cisalhamento dependem da alta rugosidade da superfície e baixos ângulos de contato. O revestimento de sílica representa um método eficaz para o reparo de restaurações FRC e cerâmicas puras.</p> <p>As maiores resistências de união ao cisalhamento em amostras de cerâmica pura e reforçadas com fibra foram obtidas com o sistema CoJet</p>
<p>Kim BK, 2005, Korea [6]</p>	<p>In vitro, tração, (n=10)</p>	<p>cerâmica de dissílico de lítio (E)(IPS Empress 2), cerâmica de alumina (I) e cerâmica de zircônia (Z)</p>	<p>Grupo Ab: jateamento com óxido de alumínio (Al2O3) de 50 mm sob uma pressão de 40 psi (MicroEtcher) por 5 segundos.</p> <p>Grupo Ae: jateamento com óxido de alumínio de 50 mm sob uma pressão de 40 psi por 5 segundos e gravados com ácido fluorídrico a 4% (Bisco) por 5 minutos.</p> <p>Grupo Si: jateamento com óxido de alumínio de 30 mm modificadas com ácido de sílica (Rocatec Soft; 3M) sob uma pressão de 40 psi por 5 segundos.</p>	<p>silano (ESPE Sil; 3M ESPE)</p> <p>adesivo (One-Step; Bisco Inc)</p>	<p>resina composta Micro-híbrida convencional (Z100, 3M ESPE)</p>	<p>Sem termociclagem. Apenas armazenados em solução salina a 37°C por 72 horas.</p>	<p>Espécimes cerâmicos de dissílico de lítio tratados com jateamento com óxido de alumínio + ácido fluorídico produziram os valores estatisticamente mais altos de resistência de ligação à tração para a resina composta avaliada quando comparado aos grupos sem ácido.</p>
<p>Kumbuloglu O et al, 2003, Turquia [33]</p>	<p>In vitro, cisalhamento, n=10</p>	<p>IPS Empress 2 (Ivoclar Vivadent)</p>	<p>Grupo Kit de reparo cerâmico (Ivoclar-Vivadent): ácido fosfórico a 37% por 15 seg.</p> <p>Grupo Kit Cimara (Voco) – asperização com brocas Cimara, limpeza com escovas especiais que acompanham o kit.</p> <p>Grupo Kit Silistor (Heraeus Kulzer): asperização com brocas K1 e limpas com escovas incluídas no kit.</p>	<p>Grupo Kit de reparo cerâmico (Ivoclar-Vivadent): silano Monobond-S por 60 s. Fina camada de adesivo Heliobond; resina compósito restaurador Arabesk Top, fotopolimerização por 40s.</p> <p>Grupo Kit Cimara (Voco) – asperização, fina camada de silano Cimara, deixado secar por 2 min, Opaker líquido foi aplicada e fotopolimerizada (Optilux 501) por 20 s.</p> <p>Grupo Kit Silistor (Heraeus Kulzer): Silano Silicer, e deixada secar por 2 min, seguida por uma fina camada de resina adesiva Silibond, fotopolimerização por 40s (Optilux 501).</p>	<p>Grupo Kit de reparo cerâmico (Ivoclar-Vivadent): resina composta Micro-híbrida convencional</p> <p>Grupo Kit Cimara (Voco) – resina composta Micro-híbrida Tetric Ceram (consistência convencional)</p> <p>Grupo Kit Silistor (Heraeus Kulzer): Arabesk Top (consistência convencional)</p>	<p>Dez espécimes de cada subgrupo foram armazenados em água destilada a 37°C por 24 h antes que a resistência ao cisalhamento da resina composta restauradora ao substrato fosse medida. As outras 10 amostras de cada subgrupo foram armazenadas em água destilada a 37°C por 24 h e termocicladas por 6.000 ciclos em banhos-maria de 5°C e 55°C (tempo de permanência de 30 s em cada banho).</p>	<p>A superfície rugosa não proporciona necessariamente uma melhor resistência de união; a resistência de união do compósito diminui com o armazenamento em água e após a termociclagem. Os valores de resistência de união foram geralmente baixos para todos os materiais testados.</p> <p>As maiores resistências ao cisalhamento tanto no subgrupo armazenado em água quanto no subgrupo termociclado foram obtidas com o sistema de reparo Vivadent, os menores valores com o kit de reparo Cimara.</p>

					<p>híbrida charisma (consistê ncia convenci onal)</p>		
--	--	--	--	--	---	--	--

APÊNDICE 3

TABELAS E GRÁFICOS DOS TESTES ESTATÍSTICOS

SALIVA

Estatística Descritiva

											Shapiro-Wilk	
	SALIVA	N	Omissos	Média	Mediana	Desvio-padrão	AIQ	Mínimo	Máximo	W	p	
RESISTENCIA	Com Saliva	320	0	6,94	6,09	4,96	6,25	0,0147	23,9	0,913	<.001	
	Sem Saliva	320	0	18,84	18,37	9,58	14,73	1,345	43,7	0,983	<.001	

Teste t para amostras independentes

Teste t para amostras independentes

	Estatística	gl	p
RESISTENCIA	t de Welch	-19,7	479 <.001

Nota. $H_a: \mu_{\text{Com Saliva}} \neq \mu_{\text{Sem Saliva}}$

Pressupostos

Teste à Normalidade (Shapiro-Wilk)

	W	p
RESISTENCIA	0,983	<.001

Nota. Um p-value pequeno sugere a violação do pressuposto da normalidade

Teste à Homogeneidade de Variâncias (Levene)

	F	gl	gl2	p
RESISTENCIA	129	1	638	<.001

Nota. Um p-value pequeno sugere a violação do pressuposto da homogeneidade de variâncias

TERMO PRÉ

Estatística Descritiva

	TERMO_PRE	N	Omissos	Média	Mediana	Desvio-padrão	AIQ	Mínimo	Máximo	Shapiro-Wilk	
										W	p
RESISTENCIA	Com Termociclagem Pré	320	0	13,1	10,65	10,49	13,6	0,0147	43,7	0,906	<.001
	Sem Termociclagem Pré	320	0	12,7	9,64	8,79	14,8	0,7211	33,2	0,915	<.001

Teste t para amostras independentes

Teste t para amostras independentes

		Estatística	gl	p
RESISTENCIA	t de Student	0,609	638	0,543

Nota. $H_a: \mu_{\text{Com Termociclagem Pré}} \neq \mu_{\text{Sem Termociclagem Pré}}$

Pressupostos

Teste à Normalidade (Shapiro-Wilk)

	W	p
RESISTENCIA	0,922	<.001

Nota. Um p-value pequeno sugere a violação do pressuposto da normalidade

Teste à Homogeneidade de Variâncias (Levene)

	F	gl	gl2	p
RESISTENCIA	3,57	1	638	0,059

Nota. Um p-value pequeno sugere a violação do pressuposto da homogeneidade de variâncias

ÁCIDO

Estatística Descritiva

ACIDO	N	Omissos	Média	Mediana	Desvio-padrão	Shapiro-Wilk				
						AIQ	Mínimo	Máximo	W	p
RESISTENCIA	FH 05%	320	0	12,8	9,11	10,26	14,4	0,5009	43,7	0,89 <.001
	FH 10%	320	0	13	12,1	9,06	13,8	0,0147	39,7	0,943 <.001

Teste t para amostras independentes

Teste t para amostras independentes

	Estatística	gl	p
RESISTENCIA	t de Welch	-0,363	628 0,717

Nota. $H_a \mu_{FH\ 05\%} \neq \mu_{FH\ 10\%}$

Pressupostos

Teste à Normalidade (Shapiro-Wilk)

	W	p
RESISTENCIA	0,92	<.001

Nota. Um p-value pequeno sugere a violação do pressuposto da normalidade

Teste à Homogeneidade de Variâncias (Levene)

	F	gl	gl2	p
RESISTENCIA	5,26	1	638	0,022

Nota. Um p-value pequeno sugere a violação do pressuposto da homogeneidade de variâncias

TEMPO

Estatística Descritiva

										Shapiro-Wilk	
	TEMPO	N	Omissos	Média	Mediana	Desvio-padrão	AIQ	Mínimo	Máximo	W	p
RESISTENCIA	20s	320	0	12,1	9,16	9,22	13,3	0,5009	42,7	0,916	<.001
	60s	320	0	13,7	11,76	10,06	15,6	0,0147	43,7	0,925	<.001

Teste t para amostras independentes

Teste t para amostras independentes

	Estatística	gl	p
RESISTENCIA	t de Student	-2,06	0,04

Nota. $H_a: \mu_{20s} \neq \mu_{60s}$

Pressupostos

Teste à Normalidade (Shapiro-Wilk)

	W	p
RESISTENCIA	0,924	<.001

Nota. Um p-value pequeno sugere a violação do pressuposto da normalidade

Teste à Homogeneidade de Variâncias (Levene)

	F	gl	gl2	p
RESISTENCIA	3,32	1	638	0,069

Nota. Um p-value pequeno sugere a violação do pressuposto da homogeneidade de variâncias

TERMO PÓS

Estatística Descritiva

										Shapiro-Wilk	
TERMO_POS		N	Omissos	Média	Mediana	Desvio-padrão	AIQ	Mínimo	Máximo	W	p
RESISTENCIA	Com	320	0	8,51	5,58	7,45	10,7	0,0147	33,2	0,861	<.001
	Termociclagem Pós	320	0	17,27	15,88	9,66	16,1	2,8292	43,7	0,942	<.001
Sem											
Termociclagem Pós											

Teste t para amostras independentes

Teste t para amostras independentes

	Estatística	gl	p
RESISTENCIA	t de Welch	-12,8	<.001

Nota. $H_a: \mu_{\text{Com Termociclagem Pós}} \neq \mu_{\text{Sem Termociclagem Pós}}$

Pressupostos

Teste à Normalidade (Shapiro-Wilk)

	W	p
RESISTENCIA	0,939	<.001

Nota. Um p-value pequeno sugere a violação do pressuposto da normalidade

Teste à Homogeneidade de Variâncias (Levene)

	F	gl	gl2	p
RESISTENCIA	27,5	1	638	<.001

Nota. Um p-value pequeno sugere a violação do pressuposto da homogeneidade de variâncias

ANOVA

ANOVA - RESISTENCIA

	Soma de Quadrados	gl	Quadrado médio	F	p
SALIVA	22675,93	1	22675,93	689,4457	<.001
TERMO_PRE	34,75	1	34,75	1,0565	0,304
ACIDO	12,35	1	12,35	0,3755	0,54
TEMPO	395,05	1	395,05	12,0111	<.001
TERMO_POS	12285,62	1	12285,62	373,5355	<.001
SALIVA * TERMO_PRE	170,86	1	170,86	5,195	0,023
SALIVA * ACIDO	362,62	1	362,62	11,0251	<.001
TERMO_PRE * ACIDO	4,59	1	4,59	0,1396	0,709
SALIVA * TEMPO	57,14	1	57,14	1,7372	0,188
TERMO_PRE * TEMPO	6,63	1	6,63	0,2017	0,654
ACIDO * TEMPO	5,68	1	5,68	0,1728	0,678
SALIVA * TERMO_POS	1111,36	1	1111,36	33,7901	<.001
TERMO_PRE * TERMO_POS	1370,99	1	1370,99	41,6839	<.001
ACIDO * TERMO_POS	178,45	1	178,45	5,4257	0,02
TEMPO * TERMO_POS	13,6	1	13,6	0,4135	0,52
SALIVA * TERMO_PRE * ACIDO	72,99	1	72,99	2,2191	0,137
SALIVA * TERMO_PRE * TEMPO	3,14	1	3,14	0,0955	0,757
SALIVA * ACIDO * TEMPO	1,09	1	1,09	0,0331	0,856
TERMO_PRE * ACIDO * TEMPO	27,49	1	27,49	0,8358	0,361
SALIVA * TERMO_PRE * TERMO_POS	40,47	1	40,47	1,2306	0,268
SALIVA * ACIDO * TERMO_POS	469,63	1	469,63	14,2789	<.001
TERMO_PRE * ACIDO * TERMO_POS	232,5	1	232,5	7,0689	0,008
SALIVA * TEMPO * TERMO_POS	141,26	1	141,26	4,295	0,039
TERMO_PRE * TEMPO * TERMO_POS	12,35	1	12,35	0,3753	0,54
ACIDO * TEMPO * TERMO_POS	18,63	1	18,63	0,5663	0,452
SALIVA * TERMO_PRE * ACIDO * TEMPO	39,54	1	39,54	1,202	0,273
SALIVA * TERMO_PRE * ACIDO * TERMO_POS	1,23	1	1,23	0,0375	0,847
SALIVA * TERMO_PRE * TEMPO * TERMO_POS	1,55	1	1,55	0,0471	0,828
SALIVA * ACIDO * TEMPO * TERMO_POS	3,17	1	3,17	0,0965	0,756

TERMO_PRE * ACIDO * TEMPO * TERMO_POS	1,03	1	1,03	0,0312	0,86
SALIVA * TERMO_PRE * ACIDO * TEMPO * TERMO_POS	17,2	1	17,2	0,5228	0,47
Resíduos	19997,17	608	32,89		

Verificação de Pressupostos

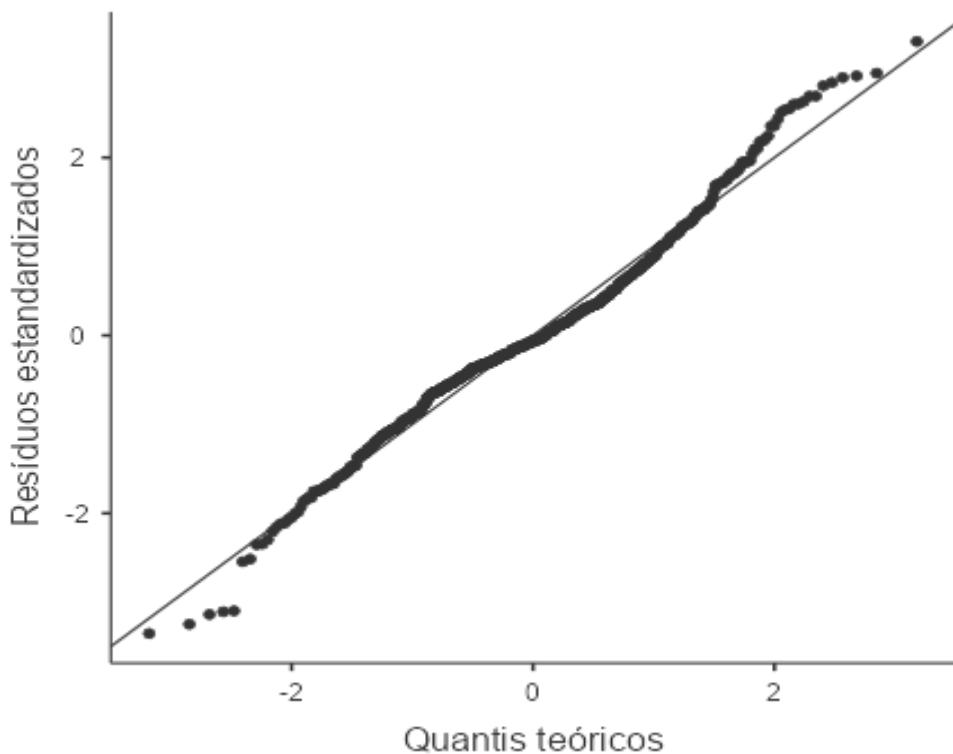
Teste à Homogeneidade de Variâncias (Levene)

F	gl1	gl2	p
12,6	31	648	<.001

Teste à Normalidade (Shapiro-Wilk)

Estatística	p
0,983	<.001

Gráfico Q-Q



Regressão Linear

Medidas de Ajustamento do Modelo

Modelo	R	R ²	R ² Ajustado	Teste ao Modelo Global			
				F	gl1	gl2	p
1	0,77	0,592	0,589	184	5	634	<.001

Nota. Models estimated using sample size of N=640

Coeficientes do Modelo - RESISTENCIA

Preditor	Estimativas	Erro-padrão	Intervalo de Confiança a 95%			t	p
			Lim. Inferior	Superior			
Intercepto ^a	23,915	0,6	22,737	25,094	39,845		<.001
SALIVA:							
Com Saliva – Sem Saliva	-11,905	0,49	-12,867	-10,942	-	24,292	<.001
TERMO_PRE:							
Com Termociclagem Pré – Sem Termociclagem Pré	0,466	0,49	-0,496	1,428	0,951	0,342	
ACIDO:							
FH 05% – FH 10%	-0,278	0,49	-1,24	0,685	-0,567	0,571	
TEMPO:							
20s – 60s	-1,571	0,49	-2,534	-0,609	-3,206	0,001	
TERMO_POS:							
Com Termociclagem Pós – Sem Termociclagem Pós	-8,763	0,49	-9,725	-7,8	-	17,881	<.001

^a Representa o nível de referência

Verificação de Pressupostos

Estatísticas de Colinearidade

	VIF	Tolerância
SALIVA	1,00	1,00
TERMO_PRE	1,00	1,00
ACIDO	1,00	1,00
TEMPO	1,00	1,00

TERMO_POS

1,00

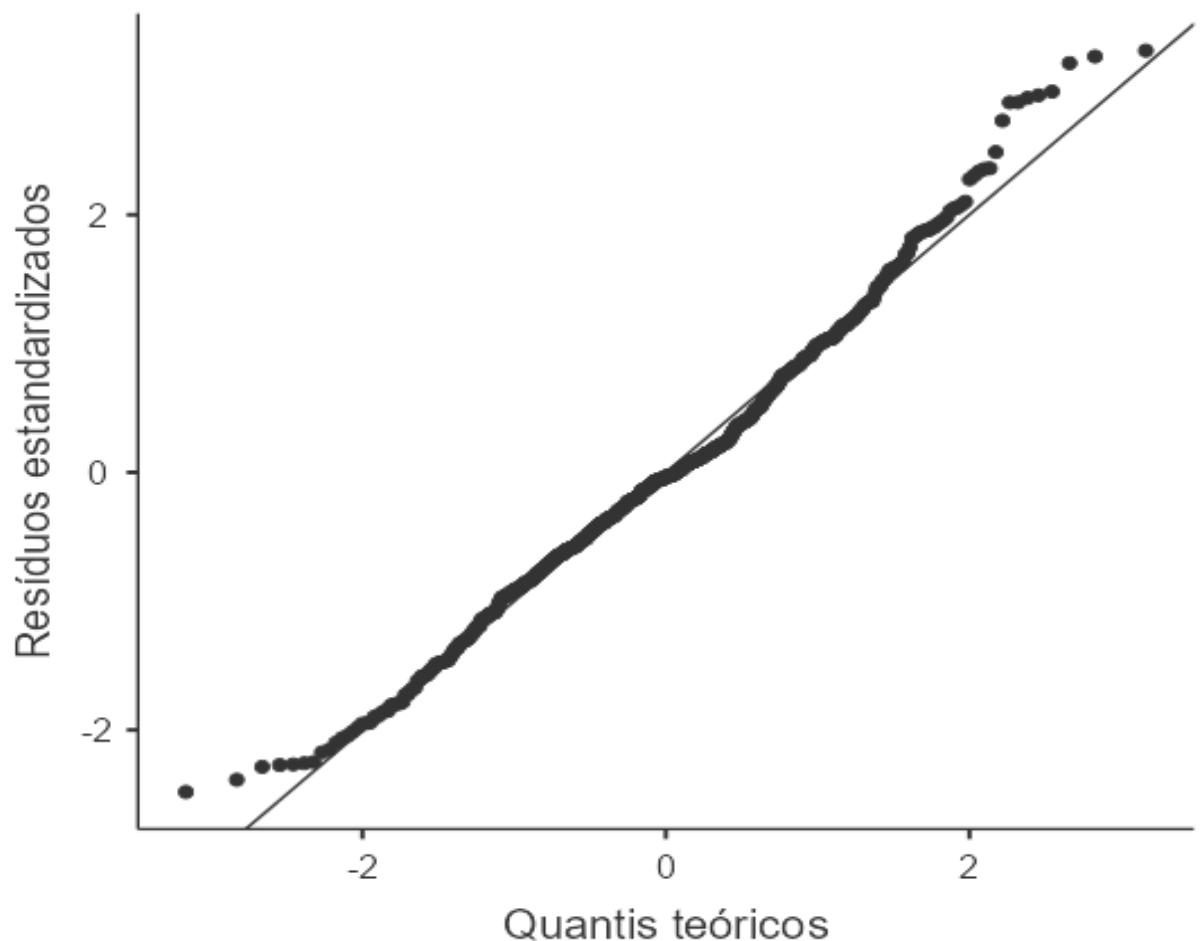
1,00

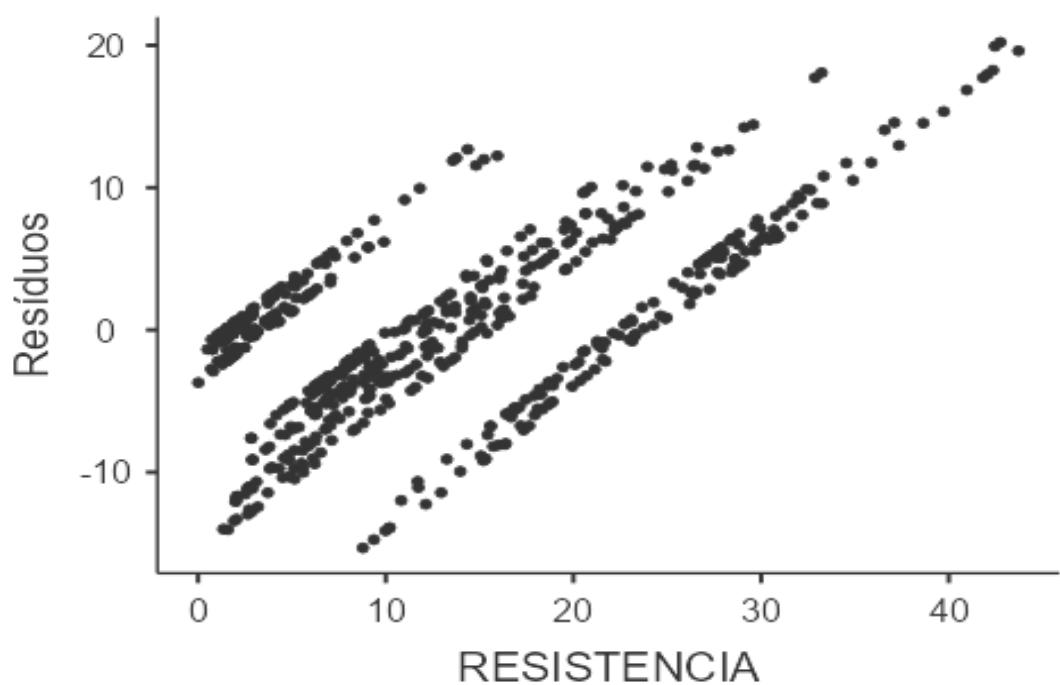
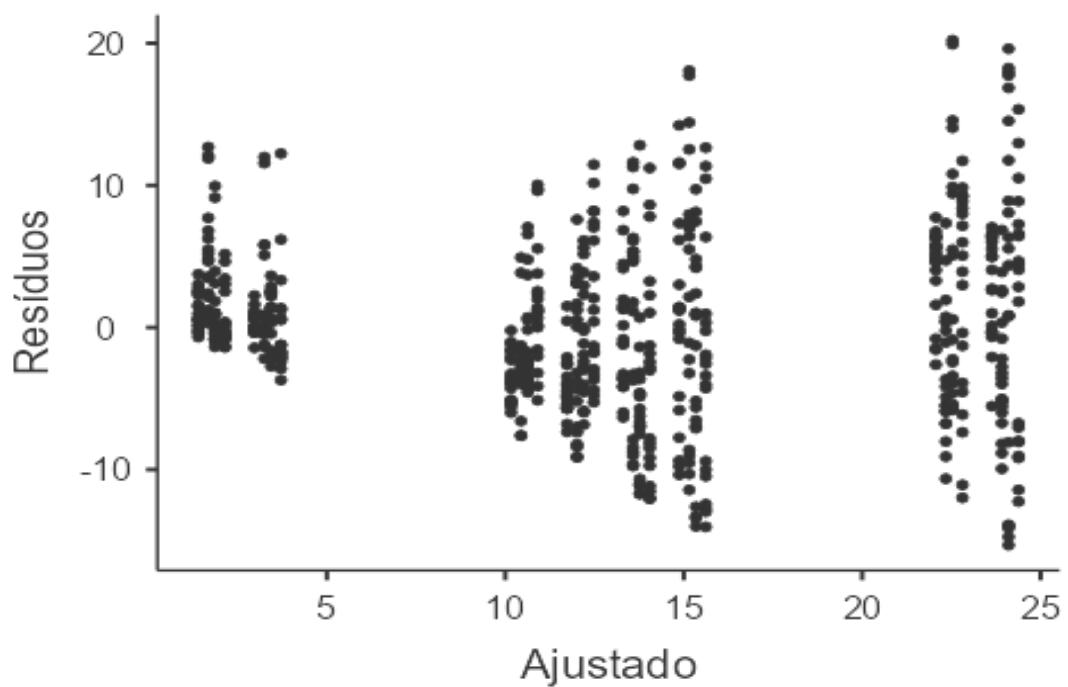
Teste à Normalidade (Shapiro-Wilk)

Estatística	p
0,989	<.001

Gráfico Q-Q

Gráficos de Resíduos





ANEXO 3

ARTIGOS PUBLICADOS COMO PRÉ REQUISITO PARA DEFESA



O USO DA CERÂMICA DE DISSILICATO DE LÍTIO NO REPARO DA ESTÉTICA DO SORRISO - RELATO DE CASO CLÍNICO

 <https://doi.org/10.56238/arev7n4-151>

Data de submissão: 14/03/2025

Data de publicação: 14/04/2025

Uriel Paulo Coelho Silva

Mestre em Prótese Dentária

Universidade de Brasília - UnB

ORCID: 0000-0003-0021-8336

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/6540352282276617>

Ataydes Dias Magalhães

Doutor em Odontologia

Universidade de Brasília – UnB

ORCID: 0000-0003-0722-0121

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/9024824590619632>

Emerson de Sousa Pinheiro

Mestre em Odontologia

Universidade de Brasília – UnB

ORCID: 0000-0003-3844-470X

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/4601026208442245>

Fernanda Cristina Pimentel Garcia

Doutora em Odontologia

Universidade de Brasília – UnB

ORCID: 0000-0002-3709-1212

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/6582608073914609>

RESUMO

A busca por estética visando ter um sorriso harmônico tem feito com que os pacientes procurem um cirurgião dentista a fim de otimizar seu sorriso com a utilização de laminados cerâmicos. O objetivo deste trabalho é apresentar um caso clínico de reabilitação oral estética na região superior, com laminados cerâmicos do tipo lente de contato dental, apresentando uma sequência clínica e um protocolo restaurador com preparos minimamente invasivos. Paciente, A. O. J. V., sexo masculino, 28 anos, apresentou como queixa principal a insatisfação da desarmonia de seu sorriso por apresentar diastemas, diferença no tamanho e posicionamento dos dentes. Foram propostas as seguintes opções terapêuticas: fragmento cerâmico, facetas em resina composta ou faceta cerâmica. Considerando o resultado estético, estabilidade de cor e durabilidade, o paciente optou pela realização de laminados cerâmicos do tipo lente de contato em 10 elementos (15 a 25). Foram desenvolvidas as seguintes manobras clínicas: enceramento diagnóstico, cirurgia de recobrimento radicular pela técnica de retalho semilunar, preparos dentários com auxílio de guias de desgastes, moldagem com silicone de adição, prova e cimentação das lentes de contato, acabamento e polimento das interfaces e ajuste oclusal. As lentes de contato na técnica minimamente invasiva possibilitaram menor desgaste da estrutura dentária, adesão adequada em esmalte e excelente resultado estético e mecânico. O auxílio das guias de desgaste durante o preparo dentário foi fundamental nesse tipo de técnica.

An assessment of Brazilian dentists' knowledge about tooth fragment reattachment: A cross-sectional study

Emerson de Sousa Pinheiro¹  | Júlio César Franco Almeida² |
Fernanda Cristina Pimentel Garcia¹  | Uriel Paulo Coelho Silva¹ |
Leonardo Fernandes da Cunha¹ | Carla Massignan¹ | Regina Cardoso de Moura¹ |
Liliana Vicente Melo de Lucas de Rezende¹

¹Department of Dentistry, School of Health Sciences, University of Brasília, Brasília, Brazil

²Oral Health Unit, University Hospital of Brasília, Brasília, Brazil

Correspondence

Emerson de Sousa Pinheiro, Department of Dentistry, School of Health Sciences, University of Brasília, Brasília, Brazil.
Email: emersonpisousa@gmail.com

Funding information

Coordination of Superior Level Staff Improvement (CAPES)

Abstract

Background/Aim: Crown fractures are common traumatic dental injuries and tooth fragment reattachment is a viable option for restoring a fractured tooth. The aim of this study was to assess the knowledge and experience of dentists in the Federal District regarding the tooth fragment reattachment technique for enamel and dentin fractures.

Materials and Methods: For the cross-sectional observational study, an electronic form was designed with objective and self-report questions for dentists. The data were analyzed using descriptive statistics, with their absolute and relative frequencies. For the analysis of categorical variables, the nonparametric chi-squared or Fisher exact association tests were used in the statistical software R (version 4.2.1).

Results: A total of 416 dentists participated in the study (58.9% female and 41.1% male). Of these, 70% declared they knew about fragment reattachment, but only 42.3% reported previous experience with this procedure. The most common storage medium used for the fractured fragment was milk (78.1%), and the bonding material used for reattachment was light-cured composite resin (86.3%). A majority (66.3%) reported that for a patient with enamel and dentin fracture, with the crown fragment in good condition, they would choose to do the reattachment.

Conclusion: Dentists demonstrated that they had adequate knowledge about the tooth fragment technique, although many did not have previous experience with this procedure.

KEY WORDS

crown fracture, fragment reattachment, tooth injury

1 | INTRODUCTION

Traumatic dental injury (TDI) has been defined as damage to teeth and adjacent tissues caused by an impact representing a threat to oral health and quality of life.^{1,2} The most common causes are falls, sporting injuries, accidents, and assaults such as domestic violence

and child abuse.³⁻⁵ TDI are more prevalent in the age group of 6-16 years, but children are at increased risk.^{6,7}

Fractured crowns are a common type of TDI, often affecting the anterior teeth because of their exposed location in the dental arch. They can be classified as complex crown fractures, with pulp involvement, enamel and dentin fracture, and enamel fracture.^{8,9}