UNIVERSIDADE DE MOGI DAS CRUZES

DÁRIO CUNHA DA SILVA

EFEITO DO TRATAMENTO DE SUPERFÍCIE NA RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO DE BRÁQUETES ORTODÔNTICOS METÁLICOS EM VITROCERÂMICA DE ALTA RESISTÊNCIA REFORÇADA COM DIÓXIDO DE ZIRCÔNIA

Mogi das Cruzes, SP

2025

UNIVERSIDADE DE MOGI DAS CRUZES

DÁRIO CUNHA DA SILVA

EFEITO DO TRATAMENTO DE SUPERFÍCIE NA RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO DE BRÁQUETES ORTODÔNTICOS METÁLICOS EM CERÂMICA DE VIDRO DE SILICATO DE LÍTIO REFORÇADA COM DIÓXIDO DE ZIRCÔNIA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Universidade de Mogi das Cruzes como parte dos requisitos para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Biomédica.

Área de concentração: Engenharia Biomédica

Professor Orientador: Caio Junji Tanaka

Mogi das Cruzes, SP

2025

Ficha catalográfica
Universidade de Mogi das Cruzes - Biblioteca Central

Silva, Dário Cunha da
S586e Efeito do tratamento de superfície na resistência ao cisalhamento de bráquetes ortodônticos metálicos em cerâmica de vidro de silicato de lítio reforçada com dióxido de zircônia / Dário Cunha da Silva. -- Mogi das Cruzes, SP: Universidade de Mogi das Cruzes, 2025.
21 f. : il.
Inclui bibliografia

Dissertação (Mestrado em Engenharia Biomédica) -- Universidade de Mogi das Cruzes, 2025.
Orientação: Prof. Dr. Caio Junji Tanaka.

1. Resistência ao Cisalhamento 2. Braquetes Ortodônticos 4. Colagem Dentária 5. Análise do Estresse Dentário I. Tanaka, Caio Junji II. Universidade de Mogi das Cruzes III. Título

CDD 617.643

Elaborada por Maria Cristina Alves Silva Xavier – CRB-8/10077

DÁRIO CUNHA DA SILVA

EFEITO DO TRATAMENTO DE SUPERFÍCIE NA RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO DE BRÁQUETES ORTODÔNTICOS METÁLICOS EM CERÂMICA DE VIDRO DE SILICATO DE LÍTIO REFORÇADA COM DIÓXIDO DE ZIRCÔNIA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Universidade de Mogi das Cruzes como parte dos requisitos para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Biomédica.

Aprovado em:

BANCA EXAMINADORA

_____

Lucas
Mestre, Doutora e Pós-Doutora em Engenharia Elétrica
Universidade de Mogi das Cruzes - UMC

_____

Maristela Honório Cayetano
Mestre e Doutora em Odontologia
Universidade de Mogi das Cruzes - UMC

_____

Caio Junji Tanaka
Mestre e Doutor em Odontologia
Universidade de Mogi das Cruzes – UMC

AGRADECIMENTOS

Agradeço imensamente a todos que me apoiaram, como por exemplo o Professor Dr. Caio Junji Tanaka, que me despertou a idéia de ingressar no programa de mestrado, que me fez enxergar o leque de possibilidades que a odontologia nos fornece. Agradeço também aos meus pais pelo apoio e suporte em todos os momentos desde da graduação ate o presente.

RESUMO

Efeito do Tratamento de Superfície na Resistência ao Cisalhamento de Bráquetes Ortodônticos Metálicos em Cerâmica de Vidro de Silicato de Lítio Reforçada com Dióxido de Zircônia

Objetivos: O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito de diferentes técnicas de adesão na resistência ao cisalhamento de bráquetes ortodônticos metálicos em uma cerâmica vítrea de silicato de lítio reforçado com zircônia. **Métodos:** Inicialmente, blocos de zircônia CAD-CAM (Vita Suprinity) foram seccionados uniformemente em 20 barras (6x6x4 mm). Os blocos foram posteriormente sinterizados e as amostras foram divididas aleatoriamente em 4 grupos de acordo com o tratamento de superfície (n=8), da seguinte forma: ácido fluorídrico (HF); silicatização (Si); abrasão e acido fluoridrico (A+HF); e abrasão e silicatização (A+Si). Os grupos HF e A+HF foram submetidos à aplicação de ácido fluorídrico 5% por 20 segundos, seguidos de enxágue e secagem. Os grupos Si e A+Si foram jateados em ângulo reto (Rocatec 3M) a uma distância de 10 mm, 36 psi, por 15 segundos. A abrasão com lixa d'água (granulação 600) foi realizada nos grupos A+HF e A+Si. Posteriormente, todos os grupos tiveram bráquetes ortodônticos metálicos para incisivos centrais superiores (Edgewise Morelli) com área de base de 13,68 mm² colados (Transbond XT 3M) às superfícies tratadas, seguindo as instruções do fabricante. Após 72 horas de armazenamento a uma umidade relativa de 100% a 37°C (que simulam a cavidade oral), as amostras foram testadas por cisalhamento a uma velocidade de 1 mm/min. Os valores médios de resistência ao cisalhamento e os desvios padrão foram calculados para todos os grupos. As diferenças entre os grupos foram analisadas por meio do teste ANOVA e as análises post-hoc foram realizadas pelo teste de Tukey. O nível de significância estatística foi estabelecido em p<0,05%. **Resultados:** Foi observada uma diferença estatisticamente significativa quando os grupos foram comparados (p=0,02). As análises pareadas demonstraram que o grupo HF (236,86 ± 100,62 MPa) apresentou maior resistência média ao cisalhamento quando comparado ao grupo Si (96,46 ± 41,29 MPa) (p=0,002). Além disso, a abrasão não aumentou significativamente a resistência média ao cisalhamento nos grupos A+HF (176,05 ± 80,19 MPa) ou A+Si (73,66 ± 34,83 MPa), quando cada um foi comparado aos seus respectivos grupos controle (p=0,305 e p=0,921, respectivamente). **Conclusões:** Para obter uma adesão adequada entre bráquetes ortodônticos metálicos e a cerâmica vítrea de silicato de lítio reforçado com zircônia, o ácido fluorídrico 5% deve ser preferido como método de condicionamento.

Palavras Chave: *Adesividade, resistência ao cisalhamento,, silicato, cerâmica, bráquetes ortodônticos, tratamento de superfície.*

Effect of Surface Treatment on the Shear Bond Strength of Metallic Orthodontic Brackets on Zirconia-Reinforced Lithium Silicate Glass Ceramic

Objectives: The aim of this study was to evaluate the effect of different bonding techniques on the shear bond strength of metal orthodontic brackets on a zirconia-reinforced lithium silicate glass-ceramic. **Methods:** Initially, CAD-CAM zirconia blocks (Vita Suprinity) were uniformly sectioned into 20 bars (6x6x4 mm). The blocks were subsequently sintered and the samples were randomly divided into 4 groups according to the surface treatment (n=8), as follows: hydrofluoric acid (HF); silicatization (Si);

abrasion and HF (A+HF); and abrasion and silicatization (A+Si). The HF and A+HF groups were subjected to the application of 5% hydrofluoric acid for 20 seconds, followed by rinsing and drying. The Si and A+Si groups were sandblasted at a right angle (Rocatec 3M) at a distance of 10 mm, 36 psi, for 15 seconds. Abrasion with wet sandpaper (grit 600) was performed on the A+HF and A+Si groups. Subsequently, all groups had metal orthodontic brackets for maxillary central incisors (Edgewise Morelli) with a base area of 13.68 mm² bonded (Transbond XT 3M) to the treated surfaces, following the manufacturer's instructions. After 72 hours of storage at a relative humidity of 100% at 37°C, the samples were shear tested at a speed of 1 mm/min. The mean shear bond strength values and standard deviations were calculated for all groups. Differences between groups were analyzed by means of the ANOVA test, and post-hoc analyses were performed by means of the Tukey test. The level of statistical significance was set at $p<0.05\%$. **Results:** A statistically significant difference was observed when the groups were compared ($p=0.02$). Paired analyses demonstrated that the HF group (236.86 ± 100.62 MPa) presented a higher mean shear strength when compared to the Si group (96.46 ± 41.29 MPa) ($p=0.002$). Furthermore, abrasion did not significantly increase the mean shear strength in the A+HF (176.05 ± 80.19 MPa) or A+Si (73.66 ± 34.83 MPa) groups, when each was compared to their respective control groups ($p=0.305$ and $p=0.921$, respectively). **Conclusions:** To obtain adequate adhesion between metal orthodontic brackets and zirconia-reinforced lithium silicate glass-ceramic, 5% hydrofluoric acid should be preferred as the etching method.
Key Words: dhesiveness, shear strength, silicate, ceramic, orthodontic brackets, surface treatment.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO **08**

2 OBJETIVOS **10**

3 MATERIAIS E MÉTODOS **10**

4 RESULTADOS **12**

5 DISCUSSÃO **13**

6 CONCLUSÃO **16**

1. INTRODUÇÃO

As cerâmicas têm desempenhado um papel essencial na odontologia moderna devido às suas propriedades únicas, como alta biocompatibilidade, excelente estética e notável durabilidade. Esses materiais são amplamente empregados em diversas aplicações clínicas, incluindo restaurações indiretas, como coroas, facetas e inlays/onlays, além de estruturas protéticas utilizadas em próteses sobre implantes. (AIDA et al., 1995).

A crescente demanda por soluções restauradoras estéticas e duráveis impulsionou o desenvolvimento de novas cerâmicas com propriedades mecânicas aprimoradas, garantindo maior resistência e longevidade aos tratamentos odontológicos. (BELLI et al., 2017).

Entretanto, apesar de suas vantagens, a adesão de resinas compostas às superfícies cerâmicas continua sendo um desafio significativo na prática clínica. A resistência de adesão é um fator determinante para a estabilidade e o sucesso a longo prazo das restaurações e tratamentos ortodônticos. Uma adesão inadequada pode comprometer a retenção dos dispositivos restauradores ou ortodônticos, resultando em falhas precoces e necessidade de reintervenção (BLATZ et al., 2007).

Nos últimos anos, tem-se observado um aumento expressivo no número de pacientes adultos que buscam tratamentos ortodônticos, impulsionados pela maior conscientização sobre saúde bucal e estética dental. Diferentemente de pacientes mais jovens, os adultos frequentemente possuem um histórico de restaurações dentárias prévias, o que torna a adesão dos dispositivos ortodônticos, como os bráquetes, ainda mais desafiadora (BOURKE et al., 1999).

Superfícies restauradas apresentam características diferentes do esmalte natural, o que pode impactar diretamente a eficácia dos sistemas adesivos utilizados para a fixação ortodôntica. Diante dessa realidade, a busca por estratégias que otimizem a adesão dos bráquetes a materiais restauradores, especialmente às cerâmicas, tornou-se uma área de grande interesse para pesquisadores e profissionais da área (BOURKE et al., 1999)

Para enfrentar esse desafio, diversos estudos têm investigado diferentes protocolos de tratamento de superfície para melhorar a adesão ortodôntica às cerâmicas. Entre as abordagens analisadas, destacam-se o uso de diferentes agentes de condicionamento e técnicas de modificação da rugosidade superficial (BUONOCORE., 1955).

O condicionamento ácido, por meio da aplicação de ácido fosfórico ou ácido hidrofluorídrico, tem sido amplamente estudado como método para promover a microrretenção na superfície cerâmica, facilitando a ancoragem do adesivo e do baquete. Além disso, o uso de agentes de acoplamento, como o silano, desempenha um papel crucial na promoção da adesão química entre a resina composta e a cerâmica (COCHRAN et. Al., 1997).

Outro método amplamente investigado para melhorar a adesão é a alteração da rugosidade superficial das cerâmicas, uma vez que superfícies mais ásperas oferecem maior área de contato para os agentes adesivos. (ELSAKA et al., 2016). Entre as técnicas mais eficazes, destaca-se o jateamento com partículas de óxido de alumínio (Al_2O_3), que cria irregularidades na superfície cerâmica e favorece a penetração do adesivo. Essas estratégias, quando combinadas adequadamente, podem contribuir significativamente para o aumento da resistência de adesão, garantindo maior estabilidade aos dispositivos ortodônticos ao longo do tratamento (FALCÃO et al., 2009)

Uma revisão sistemática abrangente, que incluiu 45 estudos in vitro publicados entre 2000 e 2013, identificou que a combinação do condicionamento com ácido hidrofluorídrico, seguida do jateamento com óxido de alumínio e da aplicação de silano, representava uma das estratégias mais eficazes para melhorar a adesão de braquetes metálicos às cerâmicas feldspáticas. (GILLIS et al., 1998). Esse achado reforçou a importância da escolha de um protocolo adesivo adequado para assegurar a retenção e estabilidade dos dispositivos ortodônticos em superfícies restauradas.

Nos últimos anos, o avanço da tecnologia odontológica resultou no desenvolvimento de novos materiais cerâmicos com propriedades mecânicas superiores. Um exemplo notável é a Vita Suprinity, uma cerâmica de vidro

reforçada com zircônia que chegou ao mercado em 2016. Esse material inovador combina as características estéticas das cerâmicas vítreas com a resistência mecânica da zircônia, proporcionando um equilíbrio ideal entre durabilidade e estética. Estudos recentes apontam que a Vita Suprinity apresenta vantagens significativas em relação às cerâmicas de dissilicato de lítio, destacando-se pela maior resistência à flexão, maior tenacidade à fratura e um módulo de elasticidade aprimorado. (VITA SUPRINITY CAD/CAM RESTORATIVE).

Essas propriedades fazem da Vita Suprinity uma excelente alternativa para restaurações estéticas de longa duração, especialmente em casos clínicos que exigem alta resistência mecânica. No entanto, a introdução desse novo material no mercado também levanta questões sobre a adesão ortodôntica, uma vez que suas propriedades superficiais podem diferir das cerâmicas tradicionais. Isso reforça a necessidade de investigações adicionais para determinar os protocolos mais eficazes de adesão em cerâmicas reforçadas com zircônia, garantindo que os bráquetes e outros dispositivos ortodônticos sejam fixados de maneira segura e duradoura.

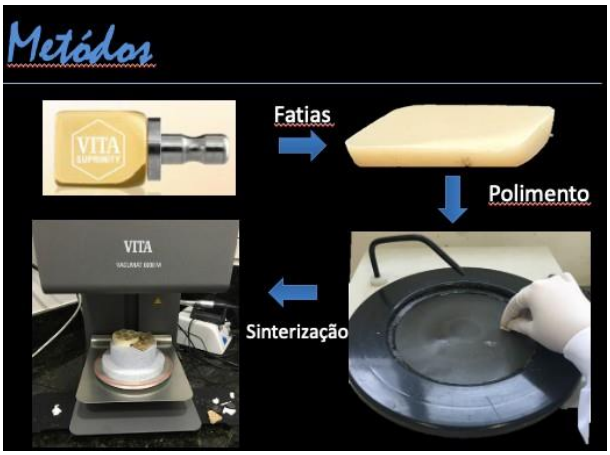
Diante desses avanços, torna-se imprescindível a continuidade das pesquisas voltadas para o aprimoramento dos métodos de preparo da superfície cerâmica e o desenvolvimento de agentes adesivos mais eficientes. A busca por soluções que maximizem a adesão ortodôntica a esses novos materiais é essencial para garantir o sucesso dos tratamentos ortodônticos e restauradores, permitindo melhores resultados funcionais e estéticos. Dessa forma, a evolução das técnicas adesivas não apenas contribui para a longevidade dos tratamentos, mas também aprimora a experiência e a satisfação dos pacientes, consolidando o papel da odontologia adesiva na prática clínica moderna. (STELLA et al., 2010)

2. OBJETIVOS

O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito de diferentes técnicas de adesão na resistência de adesão à cisalhamento de bráquetes ortodônticos metálicos a uma cerâmica de vidro de silicato de lítio reforçada com zircônia.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Inicialmente, os blocos de Vita Suprinity foram seccionados uniformemente. As fatias foram posteriormente polidas para que suas superfícies ficassem padronizadas e, em seguida, foram sinterizadas. 32 fatias (6x6x4 mm) foram divididas aleatoriamente em 4 grupos de acordo com o tratamento de superfície (n=8), conforme a seguir: ácido hidrofluorídrico (HF); silicatização (Si); abrasão e HF (A+HF); e abrasão e silicatização (A+Si). Os grupos com ácido foram submetidos à aplicação de ácido hidrofluorídrico a 5% por 20 segundos, seguidos de enxágue e secagem. Os grupos de silicatização foram jateados com óxido de alumínio modificado com sílica de 30 micra a 90 graus de ângulo, a uma distância de 10 mm, 36 libras por polegada quadrada, durante 15 segundos. A abrasão foi realizada com lixa (grão 600) nos grupos de abrasão. Nenhum dos grupos foi submetido à aplicação de silano. Posteriormente, todos os grupos tiveram bráquetes ortodônticos metálicos para incisivos centrais superiores (Edgewise Morelli) aderidos (Transbond XT 3M) às superfícies tratadas, de acordo com as instruções do fabricante. Há também estudos que comparam o mesmo experimento, porém em bráquetes de policarbonato e/ou bráquetes de cerâmica. Essa metodologia não reproduz e força aplicada a diferentes fios ortodônticos.





Após 72 horas de armazenamento em umidade relativa (100%) a 37°C, (temperatura e umidade que simulam a cavidade oral) as amostras foram testadas em uma Máquina de Ensaio Universal (UMT), que é um equipamento utilizado para realizar ensaios mecânicos em diversos materiais, como tração**,** compressão**,** flexão **e** cisalhamento.

A força foi aplicada gradativamente e paralelamente à superfície da porcelana com uma lâmina de ponta de faca próxima à área adesiva. A velocidade do travessão foi de 1 mm/min. O registro foi obtido a partir da carga de cisalhamento no ponto de falha. Os valores médios de resistência à adesão por cisalhamento e os desvios padrão foram calculados para todos os grupos.

As diferenças entre os grupos foram calculadas de acordo com o teste ANOVA, e análises post-hoc foram realizadas de acordo com o teste de Tukey. No programa SPSS. Statistics 30.0.0 (IBMI), o nível de significância estatística foi definido como p<0,05%.

3. RESULTADOS

GRUPO	MÉDIA	DESVIO-PADRÃO	95% INTERVALO DE CONFIANÇA	
			LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR
HF	17.31	7.35	12.05	22.57
Si	7.05	3.01	4.52	9.57
Ab+HF	12.86	5.86	7.96	17.76
Ab+Si	5.38	2.54	3.25	7.51

HF – Acido fluorídrico

Si – Silano

Ab+HF – Abrasão + Acido fluorídrico

Ab+Si – Abrasão + Silano

Na análise geral, observou-se uma diferença estatisticamente significativa quando os grupos foram comparados.

As análises pareadas demonstraram que o grupo HF apresentou uma resistência ao cisalhamento significativamente maior em comparação com o grupo Si. Além disso, a abrasão não aumentou significativamente a resistência média ao cisalhamento, tanto na aplicação de HF quanto no grupo Si, quando cada um foi comparado ao seu respectivo controle.

- ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os valores médios de resistência ao cisalhamento e os desvios padrão foram calculados para todos os grupos. As diferenças entre os grupos foram analisadas por meio do teste ANOVA, e as análises post-hoc foram realizadas de acordo com o teste de Tukey. O nível de significância estatística foi estabelecido em $p<0,05\%$.

5. DISCUSSÃO

Nossos resultados demonstraram que o HF produziu a maior resistência ao cisalhamento quando comparado à maioria dos outros grupos. Esse achado reforça a eficácia do ácido fluorídrico como um dos principais métodos de tratamento superficial para melhorar a adesão de resinas compostas às cerâmicas odontológicas.

A alta eficácia do HF pode ser atribuída à sua capacidade de reagir com a fase de sílica presente na cerâmica, dissolvendo seletivamente essa fase e criando uma superfície rugosa, composta por microcanais e porosidades. Esse efeito promove uma retenção mecânica eficiente, o que facilita a penetração do agente de união e melhora a resistência adesiva. Um estudo que avaliou a adesão de bráquetes metálicos a cerâmicas feldspáticas demonstrou que os maiores valores de resistência adesiva foram obtidos quando a superfície foi tratada com jateamento de areia e silicatização, seguidos da aplicação de silano, ou com a combinação de HF e silano (TYLKA et al., 1994).

No entanto, a aplicação do silano após o condicionamento com HF não demonstrou um aumento significativo na resistência adesiva em comparação com o uso isolado do HF. Isso sugere que, embora o silano desempenhe um papel importante na interação química entre a resina composta e a superfície cerâmica, sua contribuição pode ser limitada quando a superfície já foi efetivamente modificada pelo HF (VIEIRA et al., 2019). De acordo com o estudo mencionado, ao comparar o HF com a silicatização como método de colagem de bráquetes em diferentes tipos de cerâmica, observou-se que a resistência ao cisalhamento obtida com HF foi geralmente menor, exceto para as cerâmicas à base de leucita, onde os resultados foram similares.

Mais uma vez, esses resultados divergem dos nossos achados, que demonstraram que o HF produziu uma resistência ao cisalhamento significativamente maior. Essa discrepância pode estar relacionada a diferenças metodológicas entre os estudos, incluindo variações no tempo de aplicação do HF, na composição química das cerâmicas testadas, na técnica de adesão

empregada e nas condições do ensaio mecânico utilizado para medir a resistência adesiva.

A silicatização triboquímica, por sua vez, é um método alternativo que promove a formação de uma camada superficial composta por partículas ultrafinas de sílica. Esse processo não apenas melhora a retenção mecânica, mas também proporciona uma adesão físico-química mais eficiente entre a resina composta e a superfície cerâmica ou metálica, quando associado ao uso de um agente de acoplamento silano (WHITLOCK et al., 1994)

No entanto, em nosso estudo, optamos por não utilizar o silano após a silicatização, pois nosso objetivo principal era testar protocolos com um número reduzido de etapas. Essa escolha metodológica pode explicar por que o HF apresentou um desempenho significativamente superior ao grupo de silicatização. Para esclarecer melhor essa suposição, seria necessário incluir grupos controle adicionais nos experimentos, nos quais a silicatização fosse seguida da aplicação de silano, permitindo uma análise mais precisa da influência desse agente na resistência adesiva final.

Outro fator relevante a ser considerado é o impacto do desgaste mecânico na integridade das cerâmicas odontológicas. Procedimentos como o uso de pontas diamantadas finas e o jateamento de areia são amplamente empregados para aumentar a rugosidade superficial e melhorar a adesão. No entanto, esses métodos podem também favorecer a iniciação e a propagação de trincas no material cerâmico. Como as restaurações em coroas de cerâmica, frequentemente permanecem na cavidade oral mesmo após a remoção dos bráquetes ortodônticos, é essencial evitar danos excessivos à superfície cerâmica durante o pré-tratamento e a remoção dos dispositivos ortodônticos (com a combinação de pontas de fibra de vidro ou brocas multilâminadas). (Wood et al., 1997).

Além disso, estudos mostraram que valores significativamente mais altos de rugosidade superficial foram obtidos com o uso de pontas diamantadas e jateamento de areia do que com a aplicação de ácido fluorídrico ou silicatização. (ZACHRISSON et al., 1993; ZACHRISSON et. al., 1996). Isso

sugere que, embora esses métodos abrasivos aumentem a rugosidade, eles não necessariamente melhoram a resistência adesiva. Considerando que a abrasão mecânica não resultou em um aumento significativo na resistência média ao cisalhamento nos protocolos testados com HF ou silicatização, os autores deste estudo não recomendam o uso de protocolos de condicionamento de superfície baseados em abrasão mecânica, como pontas diamantadas ou jateamento de areia convencional, especialmente em cerâmicas mais frágeis. Devido a cerâmica ser um material friável.

Embora o HF tenha sido identificado como o método mais eficaz para melhorar a adesão, deve-se ter extremo cuidado ao utilizá-lo em ambiente intraoral. O contato do ácido fluorídrico com tecidos moles pode causar irritação grave e lesões irreversíveis, exigindo um controle rigoroso da aplicação e proteção adequada dos tecidos adjacentes (STELLA et al., 2010).

Além da ausência de grupos controle com silano, este estudo apresenta outras limitações, principalmente relacionadas ao seu caráter in vitro. É importante destacar que nenhum ambiente laboratorial consegue replicar com total fidelidade as condições in vivo. Fatores como a presença de saliva, variações de temperatura, forças mastigatórias cíclicas e o comportamento do paciente podem influenciar significativamente a adesão dos bráquetes em cenários clínicos reais. Dessa forma, as conclusões deste estudo devem ser interpretadas com cautela, pois podem não refletir integralmente os desafios encontrados na prática odontológica diária.

Outra limitação relevante foi a ausência de uma análise detalhada do índice de remanescente adesivo (IRA), que poderia fornecer informações valiosas sobre o padrão de falha adesiva entre o bráquete e a resina composta. Além disso, não foram realizadas avaliações por microscopia eletrônica de varredura (MEV), o que poderia permitir uma análise mais aprofundada da topografia superficial e da qualidade da interface adesiva após os diferentes tratamentos.

Apesar dessas limitações, nenhum dos espécimes testados apresentou trincas ou fraturas visíveis durante o experimento. No entanto, estudos futuros

são essenciais para avaliar de forma mais detalhada a ocorrência de danos na superfície da cerâmica Vita Suprinity após diferentes protocolos de adesão. Ensaios adicionais, incluindo testes de fadiga mecânica, avaliações em longo prazo e estudos clínicos, serão fundamentais para validar os achados deste estudo e contribuir para a definição de protocolos clínicos mais seguros e eficazes.

5. CONCLUSÃO

Com as limitações deste estudo, podemos concluir que, para obter uma adesão adequada entre bráquetes ortodônticos metálicos e cerâmica vítrea de silicato de lítio reforçada com zircônia, o ácido fluorídrico a 5% apresentou o melhor método de condicionamento.

REFERÊNCIAS BIBLOGRÁFICAS

Aida M, Hayakawa T, Mizukawa K. Adhesion of composite to porcelain with various surface conditions. J Prosthet Dent 1995; 73:464-70.

Belli R, Wendler M, de Ligny D, Cicconi MR, Petschelt A, Peterlik H, Lohbauer U. Chairside CAD/CAM materials. Part 1: Measurement of elastic constants and microstructural characterization. Dent Mater. 2017;33:84-98.

Blatz MB, Chiche G, Holst S, Sadan A. Influence of surface treatment and simulated aging on bond strengths of luting agents to zirconia. Quintessence Int 2007;38:745-753.

Bourke BM, Rock WP. Factors affecting the shear bond strength of orthodontic brackets to porcelain. Br J Orthod. 1999;26:285–290.

Buonocore MG. A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. J Dent Res. 1955;34:849-853.

Cochran D, O'Keefe KL, Turner DT, Powers JM. Bond strength of orthodontic composite cement to treated porcelain. Am J Orthod Dentofacial Orthop 1997;111:297-300.

Elsaka SE, Elnaghy AM. Mechanical properties of zirconia reinforced lithium silicate glass-ceramic. Dent Mater. 2016;32:908-14.

Falcão CB, Brito AM, Ahid FJM. [Avaliação da influência dos tipos de tratamento superficial da porcelana glazeada na colagem de braquetes ortodônticos]. Dent Press Ortodont e Ortoped Facial. 2009; 14:102-6.

Gillis I, Redlich M. The effect of different porcelain conditioning techniques on shear bond strength of stainless steel brackets. Am J Orthod Dentofacial Orthop 1998;114:387-92.

Harari D, Shapira-Davis S, Gillis I, Roman I, Redlich M. Tensile bond strength of ceramic brackets bonded to porcelain facets. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2003;123:551-4.

Karan S, Büyükyilmaz T, Toroğlu MS. Orthodontic bonding to several ceramic surfaces: are there acceptable alternatives to conventional methods? Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2007;132:144.e7-14.

Keesler MC, Catharino F, Closs LQ, Mucha N, Lima R. An interview with Marissa C. Keesler. Dental Press J Orthod. 2014 Mar-Apr;19(2):27-38.

Li RW, Chow TW, Matinlinna JP. Ceramic dental biomaterials and CAD/CAM technology: state of the art. J Prosthodont Res. 2014 Oct;58(4):208-16

Messer PF, Piddock, Lloyd CH. The strength of dental ceramics. J Dent. 1991;19:51–55.

Nunes, J. (2019). *Adesivos ortodônticos – adesão à cerâmica*. Dissertação de Mestrado, Universidade de Lisboa.

Ozcan M, Vallittu PK, Peltomäki T, Huysmans MC, Kalk W. Bonding polycarbonate brackets to ceramic: effects of substrate treatment on bond strength. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2004;126:220-7.

Perdigão J, Fernandes SD, Pinto AM, Oliveira FA. Effect of artificial aging and surface treatment on bond strengths to dental zirconia. Oper Dent 2013;38:168-176.

Peterson IM, Pajares A, Lawn BR, Thompson VP, Rekow ED. Mechanical characterization of dental ceramics by Hertzian contacts. J Dent Res 1998;77:589-602.

Ramakrishnaiah R, Alkheraif AA, Divakar DD, Matinlinna JP, Vallittu PK. The Effect of Hydrofluoric Acid Etching Duration on the Surface Micromorphology, Roughness, and Wettability of Dental Ceramics. Int J Mol Sci. 2016 May 27;17(6). pii: E822.

Ramos Nde C, Campos TM, Paz IS, Machado JP, Bottino MA, Cesar PF, Melo RM. Microstructure characterization and SCG of newly engineered dental ceramics. Dent Mater. 2016;32:870-8.

Reynolds I R. A review of direct orthodontic bonding. Brit J Orthod. 1975;2: 171–178.

Saraç YŞ, Külünk T, Elekdağ-Türk S, Saraç D, Türk T. Effects of surface-conditioning methods on shear bond strength of brackets bonded to different all-ceramic materials. Eur J Orthod. 2011;33:667-72.

Schmage P, Nergiz I, Herrmann W, Ozcan M. Influence of various surface-conditioning methods on the bond strength of metal brackets to ceramic surfaces. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2003;123:540-6.

Stella JPF. [Colagem direta de brackets metálicos em cerâmica com diferentes tratamentos de superfície – Avaliação in vitro]. Orthodontic graduate course dissertation. 2010; Faculdade Ingá: 44p.

Tylka DF, Stewart GP. Comparison of acidulated phosphate fluoride gel and hydrofluoric acid etchants for porcelain-composite repair. J Prosthet Dent 1994;72:121-7.

Vieira, P. S. (2019). *Efeito de diferentes condicionamentos de superfície na colagem de bráquetes ortodônticos em cerâmicas*. Dissertação de Mestrado, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais.

Vita Suprinity CAD/CAM Restorative. Vita Suprinity Brochure. Available at: https://www.vita-zahnfabrik.com/en/VITA-SUPRINITY-14036.html

Whitlock BO, Eick JD, Ackerman RJ, Glaros AG, Chappell RP. Shear strength of ceramic brackets bonded to porcelain. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1994;106:358–364.

Wood DJ, Bubb NL, Millar BJ, Dunne SM. Preliminary investigation of a novel retentive system for hydrofluoric acid etchresistant dental ceramics. J Prosthet Dent 1997;78:275-80.

Zachrisson BU, Bu¨yu¨kyilmaz T. Recent advances in bonding to gold, amalgam and porcelain. J Clin Orthod 1993;27:661-75.

Zachrisson YO, Zachrisson BU, Buyukyilmaz T. Surface preparation for orthodontic bonding to porcelain. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1996;109:420–430.