

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ

Thiago Nogueira Amorim

**AVALIAÇÃO *IN VITRO* DA RESISTÊNCIA ADESIVA
PRIMÁRIA DE DIFERENTES TRATAMENTOS DE
SUPERFÍCIE DA ZIRCÔNIA NA INSTALAÇÃO DE
BRAQUETES ORTODÔNTICOS**

Taubaté – SP

2023

Thiago Nogueira Amorim

**AVALIAÇÃO *IN VITRO* DA RESISTÊNCIA ADESIVA
PRIMÁRIA DE DIFERENTES TRATAMENTOS DE
SUPERFÍCIE DA ZIRCÔNIA NA INSTALAÇÃO DE
BRAQUETES ORTODÔNTICOS**

Dissertação apresentada para obtenção
do Certificado do Título de Mestre pelo Curso de
Mestrado acadêmico de ciências da saúde do
Departamento de Odontologia da
Universidade de Taubaté, Área de
Concentração: Clínica odontológica
Orientador: Prof Dra. Marina Amaral

Taubaté – SP

2023

**Grupo Especial de Tratamento da Informação – GETI
Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBi
Universidade de Taubaté - UNITAU**

A527a Amorim, Thiago Nogueira

Avaliação in vitro da resistência adesiva primária de diferentes tratamentos de superfície da zircônia na instalação de braquetes ortodônticos / Thiago Nogueira Amorim. -- 2023.

37 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade de Taubaté,
Pró-reitoria de Pesquisa e Pós-graduação, 2023.

Orientação: Profa. Dra. Marina Amaral, Departamento de
Odontologia.

Coorientação: Kusai Baroudi, Departamento de Odontologia.

1. Resistência ao Cisalhamento. 2. Cerâmica. 3. Propriedades de Superfície. 4. Braquetes Ortodônticos. I. Universidade de Taubaté. Programa de Pós-graduação em Odontologia. II. Título.

CDD – 619.696

THIAGO NOGUEIRA AMORIM

**AVALIAÇÃO *IN VITRO* DA RESISTÊNCIA ADESIVA PRIMÁRIA DE DIFERENTES
TRATAMENTOS DE SUPERFÍCIE DA ZIRCÔNIA NA INSTALAÇÃO DE
BRAQUETES ORTODÔNTICOS**

Dissertação apresentada para obtenção
do Certificado do Título de Mestre pelo Curso de
Mestrado acadêmico de ciências da saúde do
Departamento de Odontologia da
Universidade de Taubaté, Área de
Concentração: Clínica odontológica
Orientador: Prof Dra. Marina Amaral

Data: _____

Resultado: _____

Banca examinadora:

Prof. Dr. Marina Amaral

Universidade de Taubaté

Assinatura _____

Prof. Dr Kusai Baroudi

Universidade de Taubaté

Assinatura _____

Prof. Dr. Laís Regiane Da Silva Concílio

Universidade de Taubaté

Assinatura _____

Prof. Dr. Pedro Diamantino

São Leopoldo Mandic

Assinatura _____

Dedicatória

Primeiramente gostaria de dedicar esse trabalho a Deus, pois se hoje estou finalizando mais uma etapa do meu desenvolvimento, é porque existe algum objetivo maior para isso tudo. Também não posso deixar de dedicar à minha mãe que independentemente de onde esteja, sei que ela olha por mim e está orgulhosa do caminho que trilhei. Meu pai Ricardo e meu irmão Raphael, que foram meu estio e onde me apoiei nesse tempo que se decorreu, nunca deixando me abater. À minha namorada Júlia, que não me deixou desistir em tantos momentos difíceis que acabei passando e por último, mas não menos importantes, aos meus professores da especialização de ortodontia Jorge Rodrigues Jener Frade e José Alexandre Kozel, que foram muito além de professores, se tornaram meus amigos e foram eles que são responsáveis pelo meu apreço pela ortodontia e pela minha decisão de seguir a docência, que hoje sei que é o caminho que irá me fazer feliz.

Agradecimento

Primeiramente, gostaria de agradecer a minha orientadora Marina Amaral, que em meio a tantos entraves que surgiram durante o tempo do mestrado, não se negou a me acolher como orientado, mesmo faltando pouco tempo para o término do projeto, sempre estando disposta a me ajudar com o que fosse necessário. Gostaria também de agradecer aos meus colegas de classe, Fabiana Campos, Leandro Notari, Maria Julia Carvalho, Monique Furukawa, Venancius Lima, que estiveram comigo e me mantiveram incentivado para levar esse projeto adiante.

Epígrafe

“Tenha coragem de seguir seu coração. De alguma maneira, ele já sabe o que você quer se tornar.”

“Steve Jobs”

Resumo

Este estudo tem como objetivo comparar a resistência ao cisalhamento entre braquetes ortodônticos metálicos instalados em zircônia monolítica com diferentes acabamentos de superfície (com e sem a presença do glaze) e o índice de remanescente adesivo residual na zircônia, utilizando-se 4 tipos de preparo de superfície. Foram usadas 24 placas de zircônia com as dimensões de 19,2mm x 19,2 mm x 1,00 mm (n=6). Os grupos foram divididos da seguinte forma: G1 Glaze+ Relyx Ultimate + Singlebond (GRS); G2 Glaze+ Singlebond + TransbondXT (GSbT); G3 Glaze + silano + TransbondXT (GST); G4 glaze + primer metal YZ + TransbondXT (GPYT); G5 RelyXUltimate + TransbondXT (RS); G6 SingleBond + TransbondXT (SbT); G7 Silano + TransbondXT (ST); G8 primer metal YZ + TransbondXT (GPYT). As amostras foram acondicionadas em estufa por 36 dias, sendo realizado posteriormente teste de resistência adesiva ao cisalhamento em máquina de teste universal até falha e posterior análise do índice de resina residual. Os dados foram submetidos ao teste de ANOVA 1 fator e teste Tukey para comparação das médias. Observou-se durante o teste uma diferença estatística relevante nos valores médios de resistência ao cisalhamento entre os grupos estudados ($p=0,000$). O grupo 6 apresentou maior média de resistência ao cisalhamento (21,62 MPa) e os grupos 1,2,4,8 apresentaram médias que se demonstraram insuficientes para o objetivo do estudo, que seria suportar as forças ortodôntica. Conclui-se que o preparo de superfície que teve melhor eficiência tanto para o grupo de cerâmicas com ou sem glaze foi o grupo que possuía o silano em sua composição.

Palavras-chave: **Cerâmica, Resistência ao Cisalhamento, Propriedades de Superfície, Braquetes Ortodônticos.**

Absrtract

This study aims to compare the shear strength between metallic orthodontic brackets installed in monolithic zirconia with different surface finishes (with and without the presence of glaze) and the index of residual adhesive remnant on zirconia, using 4 types of surface preparation. Twenty-four zirconia plates measuring 19.2 mm x 19.2 mm x 1.00 mm (n=6) were used. The groups were divided accordingly: G1 Glaze+ Relyx Ultimate + Singlebond (GRS); G2 Glaze+ Singlebond + TransbondXT (GSbT); G3 Glaze + silane + TransbondXT (GST); G4 glaze + primer metal YZ + TransbondXT (GPYT); G5 RelyXUltimate + TransbondXT (RS); G6 SingleBond + TransbondXT (SbT); G7 silane + TransbondXT (ST); G8 primer metal YZ + TransbondXT (GPYT). The samples were conditioned in an oven for 36 days, after which a strength test was carried out in a universal test machine until failure and subsequent analysis of the residual resin index. Data were submitted to 1-way ANOVA test and Tukey test for comparison of means. During the test, a relevant statistical difference was observed in the mean values of shear strength between the studied groups ($p=0.000$). Group 6 had the highest mean shear strength (21.62 N) and groups 1,2,4,8 had means that proved to be insufficient for the purpose of the study, which was to withstand orthodontic forces. It is concluded that the surface preparation that had the best efficiency both for the ceramic group with or without glaze was the group that had silane in its composition.

Keywords: ceramics, shear bond strength, Surface Properties, **Orthodontic Brackets**

SUMÁRIO

1 Introdução	10
2 Revisão de literatura	14
3 Proposição de estudo	20
4 Materiais e métodos	21
5 Resultado	27
6 Discussão	30
7 Conclusão	33
8 Referência bibliográfica	34

INTRODUÇÃO

Para obtenção de uma finalização adequada de um tratamento ortodôntico é necessária a existência de diversos fatores para a correção de uma má oclusão já instalada. Uma característica importante para o sucesso disso é fixação de braquetes e uma resistência de união capaz de suportar as variadas forças ortodônticas aplicadas durante o tratamento. Estudos anteriores demonstraram que é essencial que exista uma resistência adesiva média de 6 a 10 Mega Pascals para garantir uma aderência suficiente dos braquetes para sustentar as forças ortodônticas (AMER et al., 2018; HEIDARI et al 2022.,). A insuficiência deste fator pode resultar em um atraso generalizado do resultado final devido a falhas de descolamento dos acessórios ortodônticos (FINNEMA et al., 2010) e um excesso dessa força de adesão pode ser responsável por um dano à superfície da cerâmica após sua remoção (LABUNET et al., 2021). A força de adesão entre o acessório ortodôntico e a superfície do dente depende basicamente de 3 fatores, sendo eles: o mecanismo de retenção contido na base do braquete, o sistema adesivo e o tipo de preparo empregado na superfície onde será instalado o acessório ortodôntico.

Nos dias atuais vemos uma alta prevalência de pacientes jovens em busca de tratamentos ortodônticos. A instalação de braquetes ortodônticos em pacientes jovens possui uma taxa de eficácia favorável, devido a sua instalação ser feita majoritariamente na superfície de esmalte, e excelentes materiais disponíveis, sendo o método de preparo mais comum utilizado na clínica para o esmalte dentário o ácido fosfórico a 37% (TURKOZ et al., 2012).

Porém com o aumento da procura pela estética de um sorriso mais harmônico, se observa que atualmente ocorre que muitos pacientes adultos que possuem restaurações estéticas empregadas para substituir dentes perdidos ou severamente danificados à procura de tratamentos ortodônticos, buscando uma harmonização do sorriso (FRANZ et al., 2019; MEHMETI et al., 2019; KIM et al., 2017). Isto se deve à evolução nos tratamentos ortodônticos, que podem proporcionar uma resolução estética aceitável com menos adversidades, dentro de um tempo satisfatório.

Como tentativa de se obter um material alternativo a restaurações metálicas, diversas cerâmicas reforçadas têm sido propostas e testadas, por possuírem uma fase vítrea proporcionalmente maior do que a fase cristalina e serem capazes de reproduzir os tons de translucidez do esmalte de forma mais complexa e natural (MEHMETI et al., 2019; POLAT et al., 2021; HU et al., 2022). Os tratamentos estéticos com material cerâmico são usualmente empregados sendo a zircônia um deles. As cerâmicas possuem biocompatibilidade (permitindo a integração com tecidos gengivais), estética favorável e são resistentes ao desgaste superficial (BITENCOURT et al., 2021). Entretanto, estudos prévios evidenciam que a zircônia tetragonal estabilizada com ítrio, não tem sua superfície alterada pelo ácido fluorídrico ou fosfórico, sendo ineficaz para produzir um aumento à resistência de união com o sistema de adesivo ortodôntico, se mostrando como um obstáculo notável durante o atendimento ortodôntico em pacientes com mais idade (MEHMETI et al., 2019; CETIK et al., 2019).

O estudo dos tratamentos de superfície para aperfeiçoamento de adesão de acessórios ortodônticos é de extrema importância para o progresso e sucesso desta especialidade pois o composto adesivo deve ter a capacidade de se manter estável sob as forças ortodônticas inserido no ambiente quente e úmido da cavidade bucal (GARCÍA et al., 2019; FRANZ et al 2019). Por este motivo, busca-se uma diversidade de procedimentos mecânicos e químicos, com o intuito de se alterar a propriedade superficial da cerâmica, proporcionando uma melhor resistência a forças ortodônticas (BITENCOURT et al., 2021; AHMED et al., 2021). O jateamento de óxido de alumínio e desgaste mecânico por broca diamantada estão entre as técnicas mecânicas comumente utilizadas para o preparo de superfície da cerâmica, visando um melhor imbricamento mecânico do sistema adesivo (KIM et al., 2017; SOODEH et al., 20). Entretanto, estas acabam por gerar microfissuras que acabam por danificar a cerâmica afetando sua conservação a longo prazo (GORACCI et al., 2022), e quando o foco são restaurações estéticas permanentes, esses danos podem se tornar perceptíveis pelo paciente, sendo uma potencial adversidade durante o tratamento, são recomendados então procedimentos de condicionamento de superfície que proporcionem uma melhor adesão gerando menos microfissuras à cerâmica (MOKHTAROUR et al., 2020; ALTAN et al., 2019). O ideal quando se trabalha

com instalação de braquetes em superfícies cerâmicas é que após o tratamento concretizado e o acessório removido, a cerâmica deve alcançar seu estado de polimento inicial, sem qualquer dano a sua superfície após polimento (ANDREASEN et al., 1988).

Diversos primers específicos para zircônia estão disponíveis para o condicionamento químico. Normalmente eles contêm Metacriloiloxidecil Dihidrogeno Fosfato (10-MDP) como um constituinte essencial. O grupamento fosfato reage quimicamente com o óxido de zircônio, o que aumenta a resistência de adesão (AMER et al., 2018; SHAMOHAMMADI et al., 2022; LEE et al., 2018) a aplicação de primers ou cimento resinosos contendo (10-MDP) é capaz de intensificar a adesão entre a zircônia e materiais resinoso, sendo uma alternativa a métodos de imbricamento mecânico (MILAGRES et al., 2019). Contudo, a aplicação de um primer específico para a zircônia pode acabar por gerar um aumento no custo final do procedimento, devido ao seu valor. Alguns estudos argumentam sobre o uso de adesivos universais para otimização da adesão na zircônia que também possuem em sua composição a presença do 10-MDP, propiciando uma adesão aceitável na zircônia. No entanto, existe a necessidade de pesquisas correlacionando esses tipos de adesivos com braquetes ortodônticos (LEE et al., 2018).

A silanização da prótese onde irá ser instalada o braquete ortodôntico também é apresentada como recurso para melhora da adesão de superfície cerâmica e isto se deve ao fato de o silano ser um intermediário de ligação que tem o potencial de aprimorar sua resistência. Considerando-se que o silano é formado por moléculas bifuncionais, sua composição proporciona uma ponte entre a resina e a cerâmica (MEHMETI et al., 2019; HU et al., 2022; MILAGRES et al., 2019; LANZA et al., 2020).

Para selecionar o melhor processo de condicionamento de superfície da zircônia, temos que nos orientar por alguns fatores, sendo eles: produzir uma fixação resistente o bastante para suportar as forças ortodônticas no tempo que perdurar o tratamento; não gerar danos à face da zircônia durante o procedimento de remoção do acessório ortodôntico; e preservação do brilho original da zircônia quando se tratar de uma restauração permanente (VIEIRA et al., 2002).

O glaze aplicado à zircônia é uma camada fina de porcelana de ponto de fusão mais baixo, com o objetivo de se conseguir uma superfície altamente polida. É utilizado na superfície externa da restauração, auxiliando no acabamento da peça, deixando após sua sintetização uma maior lisura superficial e brilho. Esta camada usualmente é removida por processos químicos ou mecânicos para se obter uma melhor adesão, quando há a necessidade de reparo da restauração. Posteriormente, passa por um processo de polimento para se tentar ampliar a lisura e brilho, entretanto após o processo de repolimento, a cerâmica não retorna a produzir um estado de brilho de como era originalmente (MIRHASHEMI et al., 2018).

Revisão de Literatura

Nos últimos anos o uso de cerâmicas odontológicas teve um aumento considerável, bem como materiais restauradores visando substituir dentes que foram demasiadamente destruídos ou então para usos estéticos. As restaurações cerâmicas possuem diversas vantagens como por exemplo: boa estética, resistência ao desgaste, biocompatibilidade, semelhança aos tecidos bucais, integridade marginal e estabilidade de cor. A ampla utilização destes tipos de restaurações gera ao ortodontista um desafio no momento da instalação de braquetes ortodônticos em suas superfícies, demonstrando a necessidade do aumento de estudos referentes a adesão a estas superfícies. (ELSAKA et al., 2016).

SOODEH et al., 2020 realizou um estudo experimental in vitro, fabricando 45 discos de zircônia de 6 mm de diâmetro e 4 mm de espessura, distribuídos em três grupos (n = 15), se objetivou investigar adesivos dentais universais com potencial de aumentar a resistência de união dos braquetes ortodônticos à resina composta sem que seja necessário a confecção de desgaste mecânico para aumento da rugosidade de superfície para colarem bráquetes de metal, comparando-se um adesivo universal a um adesivo convencional. No grupo 1 foi aplicado nos discos ácido fosfórico a 37% por 15 segundos e o adesivo Scotchbond Universal. O grupo 2 foi submetido a desgaste mecânico com ponta diamantada juntamente com a aplicação de adesivo Scotchbond Universal. No grupo 3, o adesivo convencional Single Bond foi aplicado após o desgaste dos discos por broca diamantada. Os braquetes foram então colados aos discos e então submetidos a termociclagem. O teste de resistência adesiva foi realizado até falha crítica e após os coleta de dados, foi-se realizada a análise estatística de variância one-way e teste de Kruskal Wallis. Como resultados, se observou que o grupo que obteve a melhor resistência adesiva ao cisalhamento foi o grupo submetido ao desgaste de superfície + adesivo universal Scotchbond (11,90 Mpa), porém o teste ANOVA não encontrou diferença estatística significativa entre os três grupos, se concluindo que o adesivo universal tem a capacidade de promover uma adesão suficientemente boa para suportar as forças ortodônticas mesmo com a ausência do desgaste mecânico da superfície da cerâmica.

Em seu estudo GARDINER et al., 2019 visaram avaliar se é possível se obter a resistência de união ao cisalhamento de braquetes ortodônticos metálicos instalados em zircônia e se um processo auxiliar de ligação química vinda de um pré-tratamento é capaz de produzir uma maior resistência ao cisalhamento. Para isso vinte amostras de zircônia de lítio foram utilizadas, sendo as amostras divididas em dois grupos de teste, sendo um grupo tendo recebido um protocolo de pré-tratamento de superfície através do ácido fluorídrico e o outro grupo apresentou apenas a cerâmica sem nenhum preparo prévio. Após a instalação dos braquetes na superfície da cerâmica, eles foram submetidos ao teste de resistência adesiva ao cisalhamento. Como resultado o estudo expôs que a resistência adesiva do dissilicato de lítio e dos grupos de zircônia sem pré-tratamento foi significativamente menor quando comparado aos grupos que foram submetidos ao tratamento químico sendo os primeiros incapazes de resistir as forças ortodônticas necessárias.

MEHMETI et al., 2019. realizaram testes de resistência de união adesiva sobre braquetes ortodônticos cerâmicos e metálicos colados à zircônia e cerâmica de dissilicato de lítio, sendo as superfícies das amostras condicionadas com ácido fluorídrico e ácido fosfórico. Para isso, 96 amostras de cerâmicas foram preparadas e divididas em 8 grupos, de acordo com o material cerâmico usado, o preparo de superfície e o material que o braquete é composto. Após os testes de resistência adesiva ao cisalhamento e índice de remanescente adesivo realizado os dados estatísticos foram analisados pelo sistema ANOVA, com nível de significância de 0,05 e como resultados, foi-se encontrado que o grupo composto pelo dissilicato de lítio apresentou a melhor resistência adesiva ao cisalhamento em quase todos os grupos. Entretanto, não foi observada diferença estatisticamente significante entre os grupos em nenhum dos fatores teve influência significativa nos valores médios de resistência ($p > 0,05$).

HU et al., 2022. tinha como objetivo avaliar a resistência ao cisalhamento de quatro agentes de união usados para unir braquetes metálicos à coroas de zircônia em diferentes condições de armazenamento. Para isso, 32 amostras de zircônia foram divididas a partir dos agentes de união utilizados, sendo eles: grupo 1 Fuji ORTHO, grupo 2 Transbond™ XT Light Cure, grupo 3 Rely X Ultimate Clicker Adhesive Resin Cement +Single Bond Universal, grupo 4 RelyX

Ultimate Clicker Adhesive Resin Cement + Gluma Bond Universal. Foram instalados 288 braquetes metálicos na superfície da zircônia sendo os mesmos acondicionados em água e termociclados por 3000 ciclos antes do teste de resistência ao cisalhamento em máquina de teste universal, onde o estudo concluiu que o cimento adesivo RelyX Ultimate Clicker ofereceu uma resistência adesiva insuficiente entre os braquetes metálicos e a zircônia quando comparado ao Fuji ORTHO LC e Transbond XT.

HEIDARI et al., 2022 empreendeu um estudo no qual foram utilizadas 60 amostras de coroas fabricadas em zircônia monolítica, com a intenção de se obter um método de preparo de superfície que gerasse uma melhor adesão na zircônia onde houve a remoção do glaze superficial com broca diamantada previamente a instalação de tubos ortodônticos, utilizando 4 métodos de cimentação diferentes, sendo eles: grupo 1 Panavia Cement Plus; grupo 2 G-CEM; grupo 3, Era Cem; grupo 4 (como grupo controle) Transbond XT. O n foi fixado em 15 espécimes por grupo e após a instalação dos braquetes os grupos foram acondicionados em água por 24 horas e submetidas a 2000 ciclos. Em seguida as amostras foram submetidas ao teste de resistência adesiva ao cisalhamento utilizando a haste em cinzel movendo-se 1mm/min até a falha crítica do tubo instalado. Após a os dados coletados, eles foram submetidos a análise estatística e foi-se constatado que houve uma diferença estatística tendo o grupo controle (TransbondXT) apresentado maior resistência ao cisalhamento que os demais grupos estudados.

AMER et al., 2018 realizaram um estudo com o objetivo de avaliar o efeito de diferentes tratamentos de superfície para se obter uma melhor resistência ao cisalhamento entre braquetes ortodônticos metálicos instalados em coroas de zircônia com a presença de glaze. Para isso utilizaram sessenta amostras de zircônia que foram divididos de acordo com o método de preparo de superfície aplicado a zircônia sendo: grupo 01 controle sendo superfícies sem nenhum preparo prévio além da camada de glaze aplicada; grupo 02 jateamento de óxido de alumínio; grupo 03 tendo a superfície alterada por abrasão mecânica por discos de polimentos de granulação grossa e ainda foram subdivididos de acordo com o material usado para cimentação do braquete na superfície da cerâmica (Clearfil Ceramic Primer + Panavia e RelyX Ultimate). Após a

instalação do braquete as amostras foram acondicionadas em água destilada por 24 horas e a 500 ciclos em termocicladora eletrônica, e então submetidas ao teste de resistência adesiva ao cisalhamento em máquina de teste universal com uma carga de 500 N a uma velocidade de 1mm/min, tendo os dados coletados e submetidos a análise estatística. Como resultado o autor obteve que o método que obteve a melhor resistência adesiva foi o jateamento de óxido de alumínio independente do cimento utilizado, os grupos que passaram por desgaste mecânico tiveram resultados inferiores, porém satisfatórios em suportar forças ortodônticas enquanto o grupo controle sem nenhum preparo de superfície não conseguiu resultados favoráveis tendo os braquetes sofrido a falha crítica no momento da termociclagem.

MILAGRES et al., 2019 realizaram um estudo visando avaliar a resistência do cisalhamento de tubos ortodônticos aderidos à zircônia variando o tratamento de superfície utilizando um primer específico com presença de 10-metacriloiloxi-decildihidrogenofosfato (MDP) para aumento de adesão da cerâmica variando o número de camadas do primer. 48 amostras foram obtidas de blocos de zircônia, seccionadas em laboratório e acondicionadas em tubos de PVC por meio de resina acrílica autopolimerizante. Antes da instalação do braquete, todas as amostras foram polidas com pasta de pedra-pomes, lavadas e secas com jato de ar. Em seguida, 64 tubos ortodônticos foram instalados na superfície da zircônia e as amostras foram divididas em 3 grupos com n=16, sendo que o grupo 01 (controle) teve os tubos instalados conforme recomendado pelo fabricante do primer, tendo a zircônia recebido apenas uma camada de primer e seca com jato de ar. No grupo 02 os tubos foram instalados com a resina Transbond XT passando pelo mesmo processo de preparação descrito no primeiro grupo, porém duas camadas de primer foram aplicadas sobre a superfície da cerâmica e o grupo 03 teve a aplicação de 3 camadas de primer cerâmico previamente à instalação do tubo a superfície da cerâmica. Após o preparo das amostras os tubos foram submetidos ao teste de resistência de união 24 horas após a instalação e após 5.000 ciclos em máquina de termociclagem o teste foi realizado utilizando um dispositivo de teste de cisalhamento utilizando uma ponta em cinzel com uma carga de 5 quilonewtons e velocidade de 0,5 mm/min até o momento da falha do desprendimento do tubo

ortodôntico. Os dados coletados posteriormente foram submetidos a teste ANOVA dois fatores e obtiveram como resultado que os grupos que tiveram a aplicação de 3 camadas de primer de zircônia possuíram uma diferença estatisticamente significativa maior no quesito de resistência adesiva enquanto o grupo que utilizou apenas uma aplicação de primer cerâmico na superfície da cerâmica teve o menor valor de resistência adesiva encontrado.

GORACCI et al., 2022 em seu estudo avaliou o efeito de adesivos universais na adesão de braquetes em superfícies polidas e com glaze de dissilicato de lítio e zircônia monolítica e para isso utilizou cento e vinte braquetes instalados na superfície de 6 blocos de dissilicato de lítio e 6 blocos de zircônia monolítica, sendo a metade desses blocos polidos e a outra metade não, para se manter a presença de glaze em sua superfície. Nesse estudo foi-se utilizado três adesivos diferentes: Scotchbond Universal, Assure Plus e primer Transbond XT e como material de cimentação foi-se utilizado o sistema adesivo TransbondXT. Dentro de cada grupo 10 braquetes foram instalados no bloco de acordo com o método de preparo de superfície eleito. Após a instalação dos braquetes os mesmos foram submetidos a 2000 ciclos de termociclagem e tiveram sua resistência adesiva testada em máquina de ensaio universal utilizando ponta em cinzel até sua falha crítica. Os dados coletados foram submetidos a análise estatística ANOVA duas vias e como conclusão se revelou que independentemente do adesivo utilizado a resistência adesiva dos braquetes se demonstrou estatisticamente superior nas amostras em que o glaze havia sido removido, porém o adesivo que promoveu melhor resistência adesiva foi o Adesivo Universal Scotchbond tanto nas amostras com e sem a presença de glaze.

KIM et al., 2017 em seu estudo objetivaram investigar o efeito combinado de tratamentos mecânicos e químicos entre eles o silano para propiciar um aumento na resistência ao cisalhamento de braquetes ortodônticos metálicos em restaurações de zircônia. Para isso, um total de 124 blocos de zircônia foram separados e acondicionados em um molde cilíndrico usando resina epóxi com a superfície para adesão do braquete voltada para cima, para criar superfícies uniformes nos blocos de zircônia. Logo, as superfícies foram retificadas com papel de carboneto de silicone de granulação 1000 e posteriormente foram

separadas de acordo com o método de condicionamento que receberiam. Primeiramente, todas as superfícies receberiam o tratamento de jateamento de óxido de alumínio em sua superfície e logo após seriam submetidas ao preparo químico da superfície sendo tratadas pelos primers: Silano, Zirconia Primer Plus e Single Bond universal. Após a instalação dos braquetes as amostras foram submetidas a termociclagem por 2000 ciclos, com tempo de permanência de 20 segundos entre cada ciclos, sendo então submetidos a máquina de teste universal para se aferir a resistência adesiva ao cisalhamento. Após os dados coletados e armazenados, ao serem comparados pela análise estatística, se pode observar que o grupo que houvera sido condicionado com o silano obteve a menor resistência adesiva do estudo quando comparada aos demais grupos não sendo capaz de ser suficiente para suportar as forças ortodônticas aplicáveis, porém o estudo observou também que o método de preparo químico que teve a melhor resistência adesiva foi o Single Bond Universal, tendo este a capacidade de se obter uma resistência adesiva suficientemente boa para suportar as forças externas de um tratamento ortodôntico.

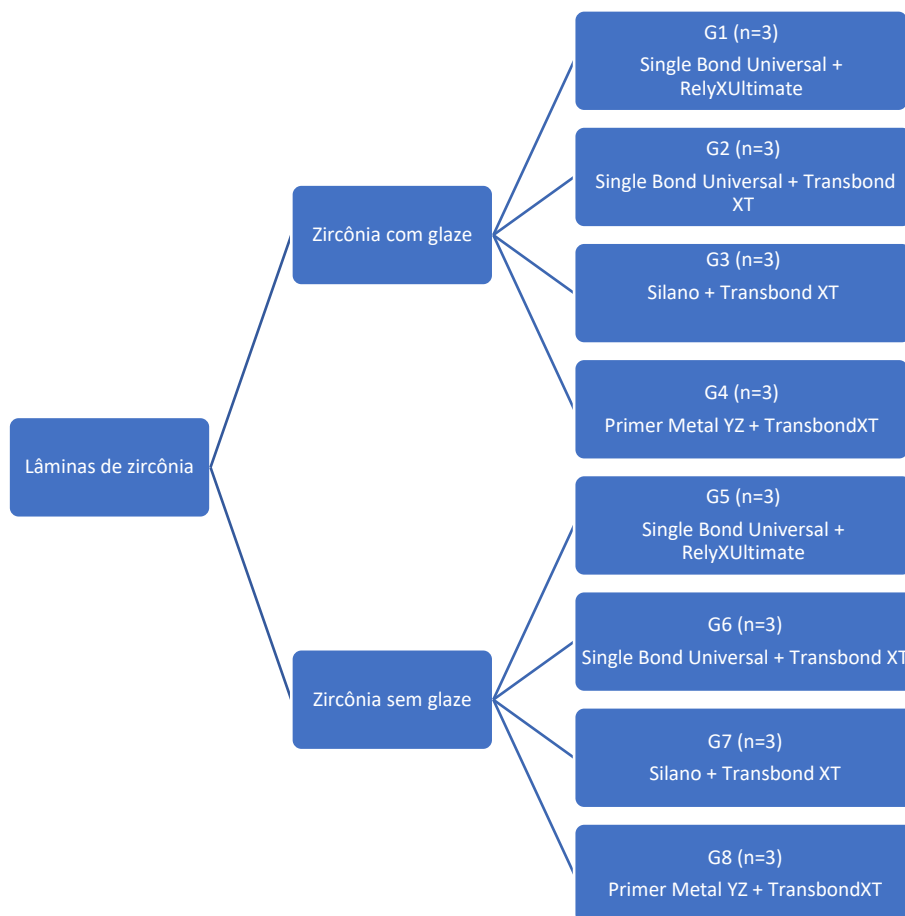
PROPOSIÇÃO DE ESTUDO

Esse estudo se presta à análise da resistência adesiva ao cisalhamento de diferentes preparos de superfície aplicados em corpos de cerâmica de zircônia, com e sem a aplicação de glaze na instalação de braquetes ortodônticos metálicos.

MATERIAIS E MÉTODOS

A avaliação acerca do cálculo amostral foi processada através de comparação mediana, com nível de confiança de 95% e erro máximo aceitável de 5%. A amostra foi acrescida de um valor superior a 10% para compensar as possíveis perdas. Foram considerados para o cálculo: a diferença mínima entre as médias, o desvio padrão e o número de tratamentos. Sendo assim as amostras de cerâmica foram distribuídas e randomizadas em 8 grupos de estudo (n=6). O tamanho amostral está de acordo com estudos que utilizaram materiais e metodologias semelhantes (MIRHASHEMI et al., 2018; LEE, et al., 2018; GORACCI et al., 2022).

Foram usados nesse estudo lâminas de zircônia monolítica 19,2mm x 19,2 mm x 1,00 mm, previamente cortadas, totalizando um número de 24 espécimes. Após a confecção foram polidas com lixas de granulações 1000, 1200, 1500 e 2000 sob irrigação de água e levados ao processo de queima. Em metade dos espécimes houve a adição de glaze em superfície e a outra metade, apenas a zircônia em seu estado natural. As amostras foram divididas de acordo com o tratamento de superfície que receberiam como segue no fluxograma abaixo sendo 3 lâminas de cerâmica por grupo, tendo cada lâmina sendo instalada 2 braquetes por superfície.



Fluxograma - 01 com desenho experimental

As amostras foram inseridas e fixadas em tubos de PVC com resina acrílica autopolimerizável, deixando exposta a superfície da zircônia



Figura 01: Amostras sendo confeccionadas

Posteriormente foram divididos randomicamente entre os tipos de condicionamento de superfície e então realizada a instalação de 2 braquetes de incisivos inferiores Vector+ em cada face de zircônia (n=6), como descrito na tabela abaixo.

Protocolos adesivos	Single Bond Universal 3M – Sumaré – SP – Brasil
	Silano Angelus – Londrina – PR – Brasil
	Primer Metal YZ Yller – Pelotas – RS – Brasil
Cimentos utilizados	RelyXUltimate 3M – Neuss – Alemanha
	Transbond XT 3M – Monrovia – CA – EUA
Braquete de incisivo inferior	Vector+ prescrição Jorge Rodrigues Aditek – Cravinhos – SP – Brasil

Tabela 01 protocolo adesivo

Grupo 01 e 05: Aplicação do adesivo Single Bond Universal e após 20 segundos, jato de ar por 5 segundos, fotopolimerização seguido do uso do sistema RelyXUltimate e fotopolimerização por 20 segundos, sendo 5 segundos por quadrante do braquete.

Grupo 02 e 06: Aplicação do adesivo Single Bond Universal e após 20 segundos, jato de ar por 5 segundos, fotopolimerização seguido do uso do sistema TransbondXT e fotopolimerização por 20 segundos, sendo 5 segundos por quadrante do braquete.

Grupo 03 e 07: Aplicação do silano, deixando-o agir por 1 minuto e seguido do uso do sistema TransbondXT e fotopolimerização por 20 segundos, sendo 5 segundos por quadrante do braquete.

Grupo 04 e 08: Aplicação Primer Metal YZ, deixando-o agir por 3 minutos e seguido do uso do sistema TransbondXT e fotopolimerização por 20 segundos, sendo 5 segundos por quadrante do braquete.

A superfície da zircônia foi dividida em dois quadrantes, onde em cada quadrante foi instalado um braquete de incisivo inferior. A aplicação do braquete foi realizada por pressão manual por apenas um operador treinado e os excessos de resina foram removidos com uma sonda exploradora, a fim de se manter uma maior padronização dos resultados. Então, foi-se realizada a polimerização do cimento adesivo eleito para cada grupo por 20 segundos, sendo 5 segundos em cada extremidade do braquete. Após esse tratamento, as amostras foram acondicionadas em água e estufa durante 36 dias.

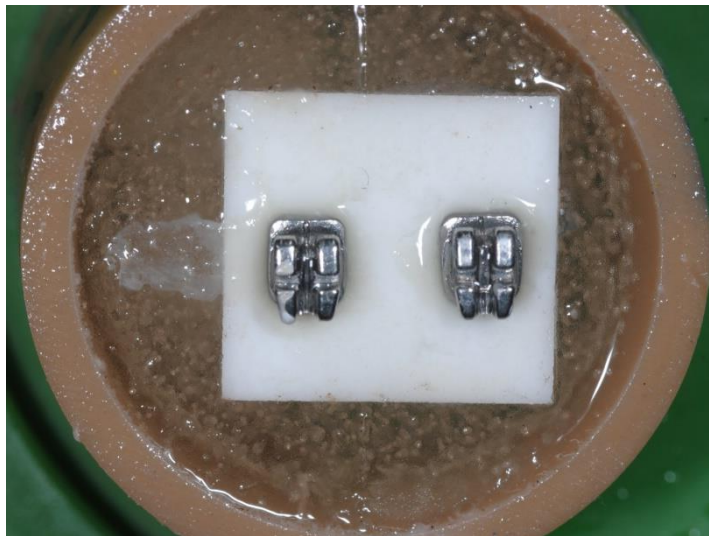


Figura 02: Braquetes instalados no corpo de prova

As amostras foram submetidas ao teste de força de adesão em máquina de teste universal operando com ponta em cinzel, com célula de carga de 100 kgf e velocidade de teste de 1 milímetro por minuto. A haste de teste foi posicionada no braquete até o momento da separação do braquete com a superfície da zircônia.



Figura 03: Corpo de prova sendo submetido a teste de resistência adesiva ao cisalhamento

A carga máxima para fratura (F) foi registrada e a resistência adesiva R ao cisalhamento foi calculada pela fórmula $R=F/A$, sendo 'A' a área de interface adesiva. Os dados foram submetidos ao teste anova 1 fator ($\alpha=0,05$) seguido de teste de Tukey para comparação de médias. Após a falha do sistema adesivo no teste em máquina universal, as amostras foram analisadas pelo teste de remanescente de adesivo, sendo feita por análise de fotos tiradas em câmera profissional e catalogadas de acordo com a quantidade de resina e/ou sistema adesivo que tenha ficado aderido na superfície da zircônia da seguinte forma: score 0 - sem presença de sistema adesivo na superfície da zircônia; score 1 - menos da metade do sistema adesivo na superfície da zircônia; score 2 - de 50 a 75% do adesivo na superfície da zircônia; score 3 - de 75% a 100% do sistema adesivo na superfície da zircônia.



Figura 04: Amostras após falhas de adesão, prontas para análise de adesivo remanescente.

RESULTADOS

Os valores médios de cada grupo foram submetidos a análise estatística e se constatou que houve diferenças estatisticamente significantes entre os grupos avaliados, ($p = 0.000$) se observando que o tipo de tratamento de superfície pode afetar significativamente a força de adesão da cerâmica.

Tabela 01 - Valores médios de resistência ao cisalhamento (MPa), desvio padrão (DP) e comparação estatística.

Grupos	Média	Desvio padrão	Significância estatística
G1 Glaze + SingleBond + RelyX Ultimate	6.78	4.46	D
G2 Glaze + SingleBond + TransbondXT	3.11	2.39	CD
G3 Glaze + Silano + TransbondXT	194.7	53.5	A
G4 Glaze + Primer metal YZ + TransbondXT	38.9	24.6	BCD
G5 SingleBond + RelyX Ultimate	59.9	28.4	BCD
G6 SingleBond + TransbondXT	208.9	70	A
G7 Silano + TransbondXT	99.3	46.7	B
G8 Primer Metal YZ + TransbondXT	92.3	46	B

Os valores adquiridos pelo teste de resistência ao cisalhamento após análise estatística demonstraram:

Os grupos que tiveram o glaze aplicado em sua superfície tiveram os valores de resistência à união significativamente menores, quando comparados aos grupos sem o glaze aplicado. O grupo que apresentou melhor resistência adesiva para as cerâmicas com o glaze foi o 3º grupo, que utilizava como preparo

de superfície o sistema adesivo silano + TransbondXT. O grupo que apresentou melhor resistência adesiva para as cerâmicas sem glaze foi o 6° grupo, que utilizava como preparo de superfície o sistema adesivo SingleBond + TransbondXT.

Ao avaliar os dados amostrais separadamente se obteve como resultados:

Tabela 02 - Valores médios de resistência ao cisalhamento (MPa), desvio padrão (DP) e comparação estatística, grupo com glaze ($p= 0.000$).

Grupos	Média	Desvio padrão	Significância estatística
G1 Glaze + SingleBond + RelyX Ultimate	6.78	4.46	B
G2 Glaze + SingleBond + TransbondXT	3.11	2.39	B
G3 Glaze + Silano + TransbondXT	194.7	53.5	A
G4 Glaze + Primer metal YZ + TransbondXT	38.9	24.6	B

Tabela 03 – Valores médio de resistência ao cisalhamento (Mpa), desvio padrão (DP) e comparação estatística. Grupo sem glaze ($p=0.001$)

Grupos	Média	Desvio padrão	Significância estatística
G5 SingleBond + RelyX Ultimate	59.9	28.4	B
G6 SingleBond + TransbondXT	208.9	70	A
G7 Silano + TransbondXT	99.3	46.7	B
G8 Primer Metal YZ + TransbondXT	92.3	46	B

Ao ser realizado a avaliação do índice de adesivo remanescente através de análise de fotografias realizadas por câmera profissional obtivemos o seguinte resultado:

Tabela 04: padrão de falha de acordo com os critérios do IAR:

n= 6 para cada grupo Nome do grupo	Índice de Adesivo Remanescente			
	0	1	2	3
G1 Glaze + SingleBond + RelyX Ultimate	0	6 (100%)	0	0
G2 Glaze + SingleBond + TransbondXT	6 (100%)	0	0	0
G3 Glaze + Silano + TransbondXT	0	6 (100%)	0	0
G4 Glaze + Primer metal YZ + TransbondXT	6 (100%)	0	0	0
G5 SingleBond + RelyX Ultimate	0	0	0	6 (100%)
G6 SingleBond + TransbondXT	0	0	6 (100%)	0
G7 Silano + TransbondXT	6 (100%)	0	0	0
G8 Primer metal YZ + TransbondXT	4(66,6%)	2(33,3%)	0	0

Os grupos 2,4,7 tiveram todas as amostras fraturadas na divisão 0, qualificada quando o sistema adesivo/cimento se desprende da superfície da zircônia e fica totalmente aderido ao braquete. As demais amostras, majoritariamente se enquadraram no índice de remanescente adesivo 1, que ocorre quando menos de 50% do sistema adesivo fica aderido à superfície da cerâmica. O grupo 5, que abrangia as zircônias sem glaze, utilizando como método de preparo de superfície o adesivo Singlebond+TransbondXT, atingiu o nível IAR máximo (3) qualificado quando mais de 75% do sistema adesivo/cimento fica aderido à superfície da cerâmica.

DISCUSSÃO

A correta resistência de união exigida por braquetes ortodônticos não corresponde a resistência máxima que se pode obter. A resistência adesiva deve possuir a intensidade ideal para suportar o tratamento ortodôntico, sendo também tênue o suficiente para permitir a fácil remoção do braquete ortodôntico, diminuindo possíveis danos às restaurações durante a remoção dos braquetes (LEE et al., 2018; HOSSEIN et al 2020). Neste estudo, 4 métodos químicos de preparo de superfície foram utilizados na superfície da zircônia com e sem a aplicação da fase vítrea, com o intuito de se amplificar a força de adesão entre o braquete ortodôntico e a restauração cerâmica. Os grupos 1, 2 e 4 apresentaram os menores índices de resistência adesiva, o que sugere que a aplicação de glaze na superfície da zircônia pode dificultar a adesão de acessórios ortodônticos (AMER et al., 2018; SHAMOHAMMADI et al., 2022; LABUNET et al 2021). Porém observou-se que o grupo 3 que contava com a cerâmica com a aplicação de glaze e de silano em sua superfície proporcionou a segunda melhor resistência adesiva obtida no estudo, indicando ser um método favorável para cerâmicas com a fase vítrea, possivelmente devido a presença de 10-metacrilóiloxidecil dihidrogenofosfato (10-MDP), dado que o grupo fosfato pode reagir quimicamente com a zircônia (LABUNET et al., 2021; GARCÍA et al., 2019; MILAGRES et al., 2019). Estudos anteriores corroboram com a os achados deste estudo, no sentido que valores de resistência adesiva mais elevados ocorreram entre braquetes metálicos e zircônia monolítica após o uso de sistemas adesivos que contém 10-MDP para o tratamento de superfície da zircônia (LABUNET et al., 2021; KIM et al., 2017; FRANZ et al., 2019).

JUNGBAUER et al., 2022 em seu estudo comprova que o condicionamento da zircônia utilizando um primer metálico contendo monômeros metacrilatos e etanol resultou em valores insatisfatórios para suportar as forças ortodônticas corroborando com o que foi encontrado nesse estudo nos grupos 4 e 8, que utilizaram este tipo de primer na superfície da zircônia e acabaram por obter resultados insuficientes para o aumento de força da adesão, independentemente de a cerâmica possuir ou não fase vítrea.

HU et al.,2022; LABUNET et al., 2021 e SOODEH et al., 2020 em seus estudos observaram que os adesivos universais possuem bons resultados quando aplicados em cerâmicas sem glaze, devido a presença da substância 10-MDP, já presente durante sua composição, o que também é encontrado quando confrontado com o presente estudo devido a resultado favorável apresentado pelo grupo 6.

MEHMETI et al., 2019 e Karan et al., 2007 em seu estudo comprovam que para uma melhor resistência adesiva em cerâmicas com a camada de glaze aplicada em sua superfície, se faz necessário o uso adicional do silano para que esse sistema adesivo possa resistir a forças adesivas, o que corrobora com o encontrado no estudo realizado que apenas o uso do adesivo universal SingleBond associado ao cimento Transbond XT (grupo 2) não foi capaz de produzir uma resistência adesiva satisfatória nos grupos que apresentavam a cerâmica com o glaze em sua superfície, sendo necessário o uso do silano para se obter uma força de adesão aceitável com esse cimento ortodôntico.

SOODEH et al.,2019; Zhan et al., 2022 e Hosseini et al., 2020 em seu estudo relatam que a falha adesiva é favorável quando se obtém uma maior quantidade de sistema adesivo retido ao braquete do que na cerâmica, para se evitar maiores agressões à cerâmica no momento da remoção do acessório ortodôntico, e no decorrer deste estudo foi visto que independentemente do tipo do estado da superfície da cerâmica e do método de condicionamento usado, a maioria das amostras obtiveram falhas adesivas com escala entre 0 e 1 (IAR), o que indica que a força de adesão entre o compósito e a zircônia foi menor do que a força de adesão entre o compósito e a superfície do braquete ratificando o achado dos autores. No entanto FAHARANI et al., 2022 em seu estudo observaram que o cimento RelyX obteve o 2 ° melhor índice de IAR do estudo, contrastando com o presente estudo, onde o grupo 5 contendo o RelyX na cerâmica sem fase vítrea aplicada foi o grupo que apresentou os piores resultados de IAR, tendo 100% das suas amostras incluídas na escala 3 IAR (resíduo de todo o sistema adesivo presente na superfície da cerâmica após desfixação). Entretanto, em nenhum dos grupos analisados foram observadas fraturas ou rachaduras, o que é clinicamente importante para a integridade da

restauração a longo prazo o que corrobora com os achados nos estudos de MILAGRES et al., 2019 e GARCÍA et al., 2019.

Estudos anteriores realizados por Badiie et al., 2020; KARAN et al. 2007 e YASSAEI et al., 2015 constataram que cerâmicas de zircônia com a aplicação de glaze em sua superfície tiveram uma resistência adesiva significativamente menor quando comparadas com cerâmicas de zircônia sem o glaze em sua superfície corroborando com os dados estatísticos encontrados neste estudo, porém a literatura não evidencia métodos que possam auxiliar na distinção destes tipos de casos, se fazendo necessários estudos para que se possibilite uma padronização de método de preparo de superfície para ser aplicada em cada tipo de situação.

Entretanto YASSAEI et al., 2015 e Vieira et al., 2002 em seus respectivos estudos relatam que o uso do silano para promover uma melhor resistência adesiva ao cisalhamento acaba por não trazer qualquer eficácia, em discrepância com esse estudo, onde constatou-se que o sistema adesivo que promoveu a melhor resistência a força de cisalhamento nos corpos de prova com e sem tratamento vítreo foi o uso do silano, que promoveu a melhor resistência nos grupos de zircônia com tratamento vítreo e foi capaz de promover uma resistência aceitável no grupo de zircônia sem tratamento vítreo, dada a interação que o silano produz entre a resina e a zircônia.

Conclusão

Com os resultados obtidos por esse estudo, conclui-se que os sistemas adesivos estudados se portaram de diferentes formas para as condições avaliadas. Para a zircônia com glaze na superfície, a melhor estratégia de cimentação foi o uso do silano com TransbondXT e para a zircônia sem glaze, a melhor estratégia para cimentação de braquetes ortodônticos foi o SingleBond Universal com TransbondXT

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Amer J, Rayyan M. **Effect of different surface treatments and bonding modalities on the shear bond strength between metallic orthodontic brackets and glazed monolithic zirconia crowns.** J Orthod Sci. 2018;7(1):23.
2. Shamohammadi Heidari M, Moradinejad M, Tabatabaei H, Rakhshan V. **Effects of Three Novel Bracket Luting Agents Containing Zirconia Primer on Shear Bond Strength of Metal Orthodontic Brackets Attached to Monolithic Zirconia Crowns: A Preliminary in Vitro Study.** Int J Dent. 2022;2022.
3. Finnema KJ, Özcan M, Post WJ, Ren Y, Dijkstra PU. **In-vitro orthodontic bond strength testing: A systematic review and meta-analysis.** Vol. 137, American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics. Mosby Inc.; 2010. p. 615-622.e3.
4. Labunet A, Kui A, Voinea-Tonea A, Vigu A, Sava S. **Orthodontic attachment adhesion to ceramic surfaces.** Clin Cosmet Investig Dent. 2021;13:83–95.
5. Türköz Ç, Ulusoy Ç. **Evaluation of different enamel conditioning techniques for orthodontic bonding.** Korean J Orthod. 2012 Feb;42(1):32–8.
6. Franz A, Raabe M, Lilaj B, Dauti R, Moritz A, Müßig D, et al. **Effect of two different primers on the shear bond strength of metallic brackets to zirconia ceramic.** BMC Oral Health. 2019 Mar 28;19(1).
7. Mehmeti B, Kelmendi J, Ilijazi-Shahiqi D, Azizi B, Jakovljevic S, Haliti F, et al. **Comparison of shear bond strength orthodontic brackets bonded to zirconia and lithium disilicate crowns.** Acta Stomatol Croat. 2019;53(1):17–27.
8. Babae Hemmati Y, Neshandar Asli H, Falahchai M, Safary S. **Effect of Different Surface Treatments and Orthodontic Bracket Type on Shear Bond Strength of High-Translucent Zirconia: An in Vitro Study.** Int J Dent. 2022;2022.
9. Polat S, Tokar E, Asar NV, Kirmali O. **Evaluation of Efficacy of Various Surface Conditioning Methods on the Repair Bond Strength of Composite to Different Fracture Types of Zirconia Ceramics. Scanning.** 2021;2021.

10. Hu B, Hu Y, Li X, Gao J, Sun R, Zhan D, et al. **Shear bond strength of different bonding agents to orthodontic metal bracket and zirconia.** Dent Mater J. 2022;41(5):749–56.
11. Bitencourt S, Ferreira L, Mazza L, Dos Santos D, Pesqueira A, Theodoro L. **Effect of laser irradiation on bond strength between zirconia and resin cement or veneer ceramic: A systematic review and meta-analysis.** Vol. 21, Journal of Indian Prosthodontic Society. Wolters Kluwer Medknow Publications; 2021. p. 125–37.
12. Cetik S, Ha TH, Sitri L, Duterme H, Pham V, Atash R. **Comparison of Shear Strength of Metal and Ceramic Orthodontic Brackets Cemented to Zirconia Depending on Surface Treatment: An in Vitro Study.** Eur J Dent. 2019;13(2):150–5.
13. García-Sanz V, Paredes-Gallardo V, Bellot-Arcís C, Martínez-León L, Torres-Mendieta R, Montero J, et al. **Femtosecond laser settings for optimal bracket bonding to zirconia.** Lasers Med Sci. 2019 Mar 6;34(2):297–304.
14. Ahmed T, Fareen N, Alam MK. **The effect of surface treatment and thermocycling on the shear bond strength of orthodontic brackets to the y-tzp zirconia ceramics: A systematic review.** Dental Press J Orthod. 2021;26(5).
15. Kim J, Park C, Lee JS, Ahn J, Lee Y. **The effect of various types of mechanical and chemical preconditioning on the shear bond strength of orthodontic brackets on zirconia restorations.** Scanning. 2017;2017.
16. Soodeh Tahmasbi, Amin Shiri, Mohammadreza Badiiee. **Shear bond strength of orthodontic brackets to porcelain surface using universal adhesive compared to conventional method.** Dent Res J (Isfahan). 2020;17(1):19–24.
17. Goracci C, Di Bello G, Franchi L, Louca C, Juloski J, Juloski J, et al. **Bracket Bonding to All-Ceramic Materials with Universal Adhesives.** Materials. 2022 Feb 1;15(3).
18. Mokhtarpur H, Nafisifard M, Dadgar S, Etemadi A, Chiniforush N, Sobouti F. **Shear Bond Strength of the Metal Bracket to Zirconium Ceramic Restoration Treated by the Nd: YAG Laser and Other Methods: An In Vitro Microscopic Study.** J Lasers Med Sci. 2020;11(4):411–6.
19. Altan B, Cinar S, Tuncelli B. **Evaluation of shear bond strength of zirconia-based monolithic CAD-CAM materials to resin cement after different surface treatments.** Niger J Clin Pract. 2019 Nov 1;22(11):1475–82.

20. Andreasen GF, Stieg MA. **Bonding and debonding brackets to porcelain and gold.** College of Dentistry University of Iowa. 1988;93(4):341–5.
21. Lee JY, Ahn J, An SI, Park J won. **Comparison of bond strengths of ceramic brackets bonded to zirconia surfaces using different zirconia primers and a universal adhesive.** Restor Dent Endod. 2018;43(1).
22. Milagres F da SA, Oliveira DD, Silveira GS, Oliveira E de FF, Antunes AN da G. **Bond Strength and Failure Pattern of Orthodontic Tubes Adhered to a Zirconia Surface Submitted to Different Modes of Application of a Ceramic Primer.** Materials. 2019 Nov 27;12(23):3922.
23. Lanza Daniel, Silveira Renata, Costa Hoany, Souza Eduardo, Peixoto Rogeli, Lanza Lincoln. **Novel silane/primers bond strength in glass ceramics surface.** J Health Biol Sci [Internet]. 2020;11(2):1–7.
24. Vieira S, Saga A, Wieler W, Maruo H, Vieira S; **Adesão em Ortodontia-Parte 2. Colagem em Superfícies de Amálgama, Ouro e Porcelana ADHESION IN ORTHODONTICS-PART 2. BONDING IN AMALGAM, GOLD AND PORCELAIN SURFACES.** Vol. 41, Bras Ortodon Ortop Facial. 2002.
25. Hossein Mirhashmi SA, Ahmad Akhundi MS, Pour Ganji SM, Allahdadi M, Norouzzian M, Chiniforush N. **Optimized Er: YAG laser irradiation distance to achieve the strongest bond strength between orthodontic brackets and zirconia-ceramics.** J Lasers Med Sci. 2020 Jun 1;11(3):287–91.
26. Gardiner R, Ballard R, Yu Q, Kee E, Xu X, Armbruster P. **Shear bond strength of orthodontic brackets bonded to a new all-ceramic crown composed of lithium silicate infused with zirconia: An in vitro comparative study.** Int Orthod. 2019 Dec;17(4):726-732. Epub 2019 Aug 26.
27. Farahani M, Kabiri S, Rafsanjan C A Assistant KT. **Effects of Different Surface Treatment Methods and Zirconia Primers on Shear Bond Strength of Orthodontic Brackets to Zirconium.** Journal Dental School. 2022;39(3):84–8.
28. Jungbauer R, Proff P, Edelhoff D, Stawarczyk B. **Impact of different pretreatments and attachment materials on shear bond strength between monolithic zirconia restorations and metal brackets.** Sci Rep. 2022 May 20;12(1):8514.
29. Yassaei S, Aghili HA, Davari A, Morteza S, Mostafavi S, Mostafavi M. **Effect of Four Methods of Surface Treatment on Shear Bond Strength of Orthodontic Brackets to Zirconium.** Journal of Dentistry. 2015 Apr;281–9.

30. Karan S, Büyükyılmaz T, Toroğlu MS. **Orthodontic bonding to several ceramic surfaces: Are there acceptable alternatives to conventional methods.** American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics. 2007;132(2):144.e7-144.e14.
31. Abdelnaby YL. **Effects of cyclic loading on the bond strength of metal orthodontic brackets bonded to a porcelain surface using different conditioning protocols.** Angle Orthodontist. 2011 Nov;81(6):1064–9.