

# O 10-MDP COMO FATOR POTENCIADOR DA ADESÃO À ZIRCÓNIA.

Francisca Maria da Silva Guimarães

Dissertação conducente ao Grau de Mestre em Medicina  
Dentária (Ciclo Integrado)

Gandra, 20 julho 2022



Francisca Maria da Silva Guimarães

Dissertação conducente ao Grau de Mestre em Medicina  
Dentária (Ciclo Integrado)

## O 10-MDP COMO FATOR POTENCIADOR DA ADESÃO À ZIRCÓNIA.

Trabalho realizado sob a orientação de Prof. Doutor Mário  
Barbosa



## Declaração de integridade

Eu, acima identificado, declaro ter atuado com absoluta integridade na elaboração deste trabalho, confirmo que em todo o trabalho conducente à sua elaboração não recorri a qualquer forma de falsificação de resultados ou à prática de plágio (ato pelo qual um indivíduo, mesmo por omissão, assume a autoria do trabalho intelectual pertencente a outrem, na sua totalidade ou em partes dele). Mais declaro que todas as frases que retirei de trabalhos anteriores pertencentes a outros autores foram referenciadas ou redigidas com novas palavras, tendo neste caso colocado a citação da fonte bibliográfica.





### Parecer do Orientador

Eu, Fernando Mário de Almeida Barbosa, com a categoria profissional de Professor Auxiliar do Instituto Universitário de Ciências da Saúde, tendo assumido o papel de Orientador da Dissertação intitulada "*O 10-MDP COMO FATOR POTENCIADOR DA ADESÃO À ZIRCÓNIA*", do estudante do Mestrado Integrado em Medicina Dentária, Francisca Maria da Silva Guimarães, declaro que o meu parecer é positivo/negativo relativamente à Dissertação e que concordo com a sua submissão na UC Dissertação no moodle como solicitação de Admissão a Provas Públicas conducentes à obtenção do Grau de Mestre, tal como está determinado regulamentarmente no Regulamento Específico do MIMD, IUCS, aprovado pelos órgãos competentes em vigor.

Gandra, 20 de Julho de 2022



(O Orientador)





## Agradecimentos:

Gostaria de agradecer em primeiro lugar à minha família, cujo suporte me auxiliou a concretizar uma etapa muito importante e concretizante na minha vida.

Gostaria também de agradecer ao Prof. Doutor Mário Barbosa, pela sabedoria transmitida, não só na sua qualificação como orientador desta dissertação, mas também como Prof. Auxiliar do Instituto Universitário de Ciências da Saúde.



**CESPU**  
INSTITUTO UNIVERSITÁRIO  
DE CIÊNCIAS DA SAÚDE

**Resumo:**

**Introdução:** A zircónia é um material inerte e tem dificuldade em interagir quimicamente com os sistemas adesivos e cimentos. Para ultrapassar esta limitação condiciona-se por várias técnicas a superfície da zircónia. O 10-MDP é uma molécula que veio incrementar a força de adesão dos sistemas adesivos e cimentos em resinas e algumas cerâmicas.

**Objetivos:** Com a elaboração desta revisão sistemática da literatura pretende-se determinar a se os adesivos contendo 10- metacrilóiloxidecil dihidrogenofosfato (10-MDP) aumento a adesão à zircónia após diferentes tratamentos de superfície.

**Materiais e métodos:** Elaborou-se uma pesquisa bibliográfica na base de dados PubMed que resultou na selecção de 11 artigos.

**Resultados:** Na generalidade dos estudos, a utilização de um material contendo 10-MDP levou a um aumento na força adesiva à superfície da zircónia e, o processo de termociclagem afetou negativamente a força de adesão dos materiais com 10-MDP á zircónia.

**Conclusão:** É possível afirmar que nos estudos experimentais quando foi efetuado um condicionamento de superfície prévio à adesão, houve um aumento na força coerciva quando adesivo contem 10-MDP.

**Palavras-chave:** ceramic; dental adhesives; methacryloyloxydecyl dihydrogen phosphate



## **Abstract:**

**Introduction:** Zirconia is an inert material and has difficulty in chemically interacting with adhesive systems and cements. To overcome this limitation, the zirconia surface is conditioned by various techniques. 10-MDP is a molecule that has increased the adhesion strength of adhesive systems and cements on resins and some ceramics.

**Objectives:** With the elaboration of this systematic literature review, we intend to determine whether adhesives containing 10-methacryloyloxydecyl dihydrogen phosphate (10-MDP) increase adhesion to zirconia after different surface treatments.

**Materials and methods:** A bibliographic search was carried out in the PubMed database, which resulted in the selection of 11 articles.

**Main results:** In the generality of the studies, the use of a material containing 10-MDP led to an increase in the adhesive strength to the zirconia surface and, the thermocycling process had an adverse effect on the adhesive strength of materials with 10-MDP to zirconia.

**Conclusion:** It is possible to state that in experimental studies when a surface conditioning was performed prior to adhesion, there was an increase in the coercive force when adhesive containing 10-MDP.

**Keywords:** ceramic; dental adhesives; methacryloyloxydecyl dihydrogen phosphate



## Índice

	Página
Título .....	i
Declaração de integridade .....	v
Parecer do orientador .....	vii
Agradecimentos .....	ix
Resumo .....	xi
Abstract .....	xiii
Índice de Abreviaturas .....	xvii
Índice de Tabelas .....	xix
Índice de Figuras .....	xix
1. Introdução .....	1
1.1 Condicionamento de superfície da zircónia .....	2
1.1.1 Condicionamento de superfície mecânico .....	3
i. Condicionamento ácido seletivo com HF .....	3
ii. Revestimento com glaze cerâmico .....	3
iii. Plasma .....	3
iv. ABPA- Airborn Particle Abrasion .....	3
v. Tratamento triboquímico (TSC) .....	3
vi. Condicionamento por infiltração seletiva (SIE)..	4
vii. Ablação a laser .....	4
1.2 Condicionamento de superfície químico (10-MDP) .....	4
1.3 Condicionamento de superfície mecânico-químico .....	4
2. Objetivos .....	5
3. Materiais e métodos .....	7
3.1 Critérios de inclusão/exclusão .....	7
3.2 Extração de dados .....	7
4. Resultados .....	9
4.1 Resultados dos estudos experimentais .....	10
5. Discussão .....	21
5.1 Força adesiva dos materiais na ausência de um protocolo de condicionamento de superfície .....	23
5.2 Força adesiva dos materiais com um protocolo de condicionamento de superfície .....	24
5.3 Fatores externos que interferem na força adesiva do 10-MDP .....	28
5.3.1 Concentração do 10-MDP nos primers .....	28
5.3.2 Diferenças na composição química dos materiais com 10-MDP .....	29
5.3.3 Armazenamento e termociclagem.....	30
6. Conclusão .....	33
Bibliografia .....	35





## Índice de Abreviaturas:

ABPA - *Airborn Particle Abrasion*

Al<sub>3</sub>O<sub>2</sub> – Óxido de alumínio

A1- Grupo experimental no estudo conduzido por Xiong Y *et al.* 2021 (ver tabela 2 na secção 4.1).

A1M- Grupo experimental no estudo conduzido por Xiong Y *et al.* 2021 (ver tabela 2 na secção 4.1).

A3- Grupo experimental no estudo conduzido por Xiong Y *et al.* 2021 (ver tabela 2 na secção 4.1).

A3M- Grupo experimental no estudo conduzido por Xiong Y *et al.* 2021 (ver tabela 2 na secção 4.1).

A6- Grupo experimental no estudo conduzido por Xiong Y *et al.* 2021 (ver tabela 2 na secção 4.1).

A6M- Grupo experimental no estudo conduzido por Xiong Y *et al.* 2021 (ver tabela 2 na secção 4.1).

AU- Grupo experimental no estudo conduzido por Xiong Y *et al.* 2021 (ver tabela 2 na secção 4.1).

AUM- Grupo experimental no estudo conduzido por Xiong Y *et al.* 2021 (ver tabela 2 na secção 4.1).

bar - singular- bar; plural- bares.

Ca - ião de cálcio

CJ- Grupo experimental no estudo conduzido por Saker *et al.* 2020 (ver tabela 2 na secção 4.1).

µm – micrómetros

Er:YAG - *erbium-doped yttrium aluminium garnet laser*

GCLF- G-CEM Link-Force

HF - Ácido fluorídrico

10-MDP/MDP - 10-metacrilóiloxidecil dihidrogenofosfato

Mpa - Megapascal

Nd:YAG, - *neodymium-doped yttrium aluminium garnet*

O – Ião de Oxigénio

PSB – Grupo experimental no estudo conduzido por de Souza G *et al.* 2014 (ver tabela 2 na secção 4.1).

PCB - Grupo experimental no estudo conduzido por de Souza G *et al.* 2014 (ver tabela 2 na secção 4.1).

PV5- PANAVIA™ V5

PSLP- Grupo experimental no estudo conduzido por Yang L *et al.*, 2018 (ver tabela 2 na secção 4.1).

SBS- *Shear bond strength*

$\mu$ SBS- *Microshear bond strength*

Si – Ião de silício

SIE - infiltração seletiva de vidro

$\mu$ TBS – *Microtensile bond strength*

TSC - tratamento triboquímico

Yb:YAG - *Ytterbium-doped yttrium aluminum garnet*

YTZP - Óxido de zircónia

## Índice de Tabelas:

	Página
Tabela 1 – Descrição do tipo de estudo, população, objetivo e conclusão dos estudos incluídos.	10
Tabela 2- Descrição dos materiais e métodos e resultados obtidos dos estudos incluídos.	13

## Índice de Figuras:

	Página
Figura 1- Fluxograma de pesquisa bibliográfica.	9



## 1. Introdução

O 10- metacriloiloxidecil dihidrogenofosfato (10-MDP) é uma molécula constituinte dos adesivos e cimentos resinosos essencialmente do tipo *self-etch*, constituído por duas terminações funcionais: uma cadeia de metacrilato e uma cadeia de fosfato.

A cadeia de metacrilato permite que a molécula seja polimerizável, enquanto a cadeia de fosfato confere propriedades hidrofílicas à molécula.

É dado como facto que a cadeia de fosfato desempenha um papel importante na adesão desta molécula à superfície dentária. (1)

Quando se empregam materiais com 10-MDP na superfície dentária, este interage com a hidroxiapatite, formando-se sais insolúveis do tipo MDP-Ca. (2).

Nada obstante, o mesmo não é possível afirmar para a adesão à superfície da zircónia.

A zircónia é um material vastamente usado no âmbito da prótese fixa para a confeção de coroas, espigões, implantes, pilares para implantes dentários, entre outros. Em relação à sua interação com os tecidos biológicos trata-se de um material biocompatível, mas quimicamente inerte.

Assim sendo, foram-se criando várias estratégias ao longo dos anos na tentativa de criar um protocolo de adesão viável com resultados clínicos satisfatórios, entre os quais se encontram os condicionamentos de superfície mecânicos, químico (10-MDP) e químico-mecânicos. (3)

A principal desvantagem do 10-MDP é a degradação hidrolítica desta molécula com o avançar do tempo comprometendo seriamente a capacidade adesiva de materiais que contém esta molécula à superfície da zircónia. Existem também divergências de opinião no que toca à utilização simultânea de dois produtos contendo 10-MDP na sua constituição, por exemplo a conjugação de um primer com um cimento resinoso.

Um contratempo na investigação desta temática é o facto de haver sérias discrepâncias no que toca aos materiais e métodos empregues nos estudos experimentais, tornando impossível a comparação dos resultados obtidos (4).

Apesar de este tema já ser extensamente estudado pela comunidade científica ainda não existe um consenso acerca do melhor protocolo de adesão à zircónia, nem acerca do papel exato do 10-MDP na adesão química à zircónia uma que vez, como referido acima, esta é por natureza quimicamente inerte.

O 10-MDP é um monómero funcional com duas terminações, uma cadeia polimerizável de metacrilato e uma cadeia de fosfato com propriedades hidrofílicas.

Entre as duas cadeias funcionais encontra-se uma cadeia de ligação ou, em inglês, *spacer chain* constituída por 10 átomos de carbono.

A ligação do 10-MDP à zircónia dá-se através de ligações iónicas (eletrovalente), assim como, através de ligações de hidrogénio. (1)(5)

#### 1.1 Condicionamento de superfície da zircónia:

Existem vários métodos de condicionamento de superfície da zircónia. Estes, podem ser divididos em três tipos: mecânico, químico e químico-mecânico.

Os principais métodos de condicionamento mecânicos são: o condicionamento ácido seletivo com ácido hidrofúrico (HF) associado ou não a um agente de ligação contendo silano, ABPA (*Airborn Particle Abrasion*), tratamento triboquímico (TSC), infiltração seletiva de vidro (SIE), aplicação de *glaze* cerâmico, plasma, e ablação a laser. (3)

O tratamento de superfície químico passa pela é a aplicação um primer cerâmico com 10-MDP, adesivo universal com 10-MDP ou pela aplicação de um primer com outro tipo de monómeros funcionais na sua constituição, por exemplo, 6-MHPA (6-metacrilóil isohexil fosfonoacetato), or 4-META (anidrido de 4-metacrilóil oxietil trimelitato). (5)(6)

Os tratamentos mecânico-químicos, como o nome indica, consistem na associação de um tratamento de superfície mecânico a um tratamento de superfície químico.

Na literatura estudada estão descritos dois tipos de tratamentos mecânico químicos: TSC associado ao 10-MDP e o ABPA com 10-MDP. (5)

#### 1.1.1 Condicionamento de superfície mecânico:

##### i. Condicionamento ácido seletivo com HF:

O condicionamento com ácido fluorídrico associada à aplicação de um agente de ligação com silano é um condicionamento de superfície amplamente utilizado. Infelizmente, existe evidência de que este não é suficiente para aumentar a força de adesão dos materiais contendo 10-MDP à zircônia, uma vez que não existe ligação do 10-MDP com as partículas de sílica. (3)

##### ii. Revestimento com *glaze* cerâmico:

É aplicada uma camada de *glaze* cerâmico sobre a superfície da zircônia, com posterior ataque ácido com HF. O *glaze* com melhores resultados de adesão é o *glaze* com sílica porque é capaz de tornar a superfície da mais reativa e retentiva. Adicionalmente, após o condicionamento ácido, obtém-se uma superfície porosa, permitindo a penetração do cimento nos espaços vazios.

##### iii. Plasma:

A aplicação de diversos tipos de plasma (oxigênio ou argon) na superfície tem como objetivo aumentar a energia de superfície e melhorar as características de superfície dos materiais que se pretende aderir à superfície da zircônia sem que haja perda de integridade estrutural da mesma. (4)

##### iv. ABPA- *Airborn Particle Abrasion*

Existem vários sistemas de pré-tratamento de superfície com ABPA que utilizam diferentes tipos de partículas, que variam no tamanho (30-120  $\mu\text{m}$ ) e na composição. (3).

##### v. Tratamento triboquímico (TSC):

O tratamento triboquímico consiste na cobertura de partículas de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  com partículas de sílica. As partículas de sílica são capazes de criar ligações químicas com o agente de ligação

contendo silano que é aplicado de seguida, formando ligações do tipo -Si-O-Si-, que são mais estáveis do que a ligação estabelecida entre as partículas de alumínio sem revestimento e o agente de ligação contendo silano que formam ligações químicas do tipo -Al-O-Si-.

vi. Condicionamento por infiltração seletiva (SIE):

É capaz de criar uma superfície extremamente retentiva em Y-TZP, baseando-se no princípio da difusão via contorno de grão. Contudo, trata-se de uma técnica laboriosa e com peculiaridades que, se não forem respeitadas, não é capaz de produzir o efeito desejado. (5).

vii. Ablação a laser:

A ablação a laser pode ser atingida com diferentes tipos de laser (Er:YAG, Nd:YAG, Yb:YAG e CO<sub>2</sub>), sendo que todos eles têm como função aumentar a rugosidade de superfície e molhabilidade da superfície da zircónia.

#### 1.2 Condicionamento de superfície químico (10-MDP):

O condicionamento de superfície com 10-MDP é realizado através da aplicação de um primer cerâmico ou de um adesivo universal contendo 10-MDP. (5).

A utilização de adesivos universais para o condicionamento de superfície da zircónia permite um aumento imediato dos valores de força adesiva à zircónia, no entanto estes diminuem após 6 meses. No entanto, também existem estudos que indicam que não existe um aumento significativo da força adesiva quando empregue um adesivo universal contendo 10-MDP. (1)

#### 1.3 Condicionamento de superfície mecânico-químico:

Segundo Chatterjee N, Ghosh A 2022, as superfícies de zircónia sujeitas a TSC apresentavam valores de força de adesão maiores comparativamente com superfícies sujeitas a jateamento com partículas de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Como o nome indica, um tratamento de superfície químico-mecânico consiste no condicionamento com TSC com posterior aplicação de um primer/adesivo com 10-MDP.



## 2. Objetivos:

Com a elaboração desta revisão sistemática da literatura pretende-se determinar se os adesivos contendo 10-metacrilóiloxidecil dihidrogenofosfato (10-MDP) incrementam a força de adesão à zircónia após diferentes tratamentos de superfície.

O objetivo secundário é descrever a influência de fatores externos que interferem na força adesiva do 10-MDP à zircónia.



**CESPU**  
INSTITUTO UNIVERSITÁRIO  
DE CIÊNCIAS DA SAÚDE

### 3. Materiais e métodos

Foi efetuada uma pesquisa bibliográfica sistematizada obedecendo o protocolo metodológico PRISMA.

A pesquisa da literatura foi realizada na base de dados PubMed/Medline utilizando a opção de pesquisa bibliográfica "Advanced Search" na qual foram colocados os 3 Mesh Terms (ceramic, dental adhesives, methacryloyloxydecyl dihydrogen phosphate) unidos pelos operadores booleanos AND de forma a obter-se a expressão de pesquisa avançada ((ceramic) AND (dental adhesives)) AND (methacryloyloxydecyl dihydrogen phosphate) da qual se obtiveram 79 resultados.

#### 3.1 Critérios de inclusão/exclusão

Tem de fornecer dados científicos relevantes acerca de materiais adesivos com 10-MDP e a sua força adesiva à superfície da zircónia (objetivo principal). Quanto ao tipo de estudo não existem restrições, excetuando artigos de revisão sistemática com/sem meta-análise.

Um artigo científico é excluído caso não cumpra um ou mais dos critérios de inclusão, ou caso se trata de um artigo de revisão sistemática com/sem meta-análise.

#### 3.2 Extração de dados:

A seleção dos artigos científicos para a elaboração desta revisão sistemática integrativa está demonstrada de forma esquematizada na figura 1. Segundo o protocolo metodológico usado, foram identificados 79 artigos elegíveis, dos quais 22 foram eliminados por mecanismos de seleção de pesquisa automatizados. Dos 57 artigos restantes 45 foram excluídos após leitura dos títulos e resumos, uma vez que não apresentavam relevância científica para elaboração desta revisão sistemática integrativa.



**CESPU**  
INSTITUTO UNIVERSITÁRIO  
DE CIÊNCIAS DA SAÚDE

#### 4. Resultados:

A metodologia de pesquisa bibliográfica passou por duas fases distintas. Numa primeira fase elaborou-se uma pesquisa bibliográfica preliminar da literatura teórica na base de dados Pubmed.

Na pesquisa, elaborou-se uma revisão bibliográfica usando a opção de pesquisa avançada da base de dados PubMed/Medline, com utilização exclusiva de MeshTerms na frase de pesquisa: ((ceramic) AND (dental adhesives)) AND (methacryloyloxydecyl dihydrogen phosphate). Identificaram-se um total de 79 artigos.

Destes, 22 artigos foram excluídos através de mecanismos automatizados de seleção de pesquisa. Foram eleitos 57 artigos para avaliação mais detalhada, dos quais 41 foram excluídos pelo título e 3 pelo resumo. Dois artigos tiveram acesso negado. Resultando 11 artigos.

Aos artigos selecionados foram acrescentados manualmente outros 6 para contextualizar historicamente e explicar os métodos de tratamento de superfície da zircónia, resultando uma bibliografia com 17 artigos.

Fluxograma de pesquisa:

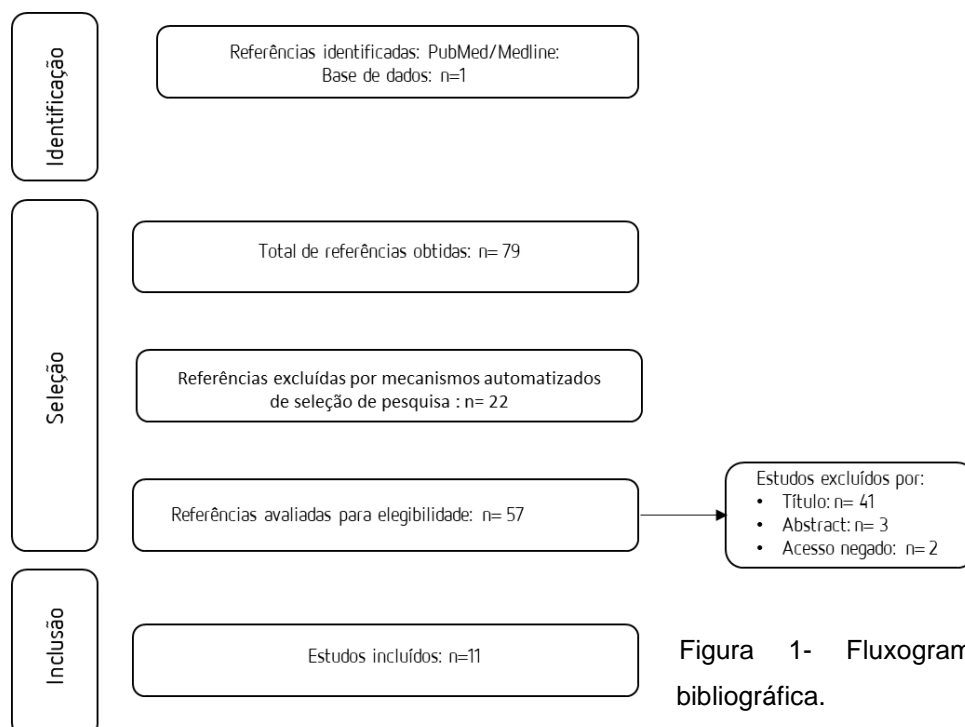


Figura 1- Fluxograma de pesquisa bibliográfica.

#### 4.1 Resultados dos estudos experimentais:

Tabela 1 – Descrição do tipo de estudo, população, objetivo e conclusão dos estudos incluídos.

Autor	Tipo de estudo	População	Objetivo	Conclusão
EJ Go <i>et al.</i> (2018)	Estudo experimental <i>In-Vitro</i> .	Amostra: 20 blocos de Y-TZP parcialmente sinterizada com dimensões 20 mm X 20 mm X 8 mm.	Medir a força adesiva de quatro tipos de cimentos resinosos com e sem a aplicação de um primer com 10-MDP à zircônia para determinar o efeito do primer sobre os cimentos resinosos.	Nos grupos com os cimentos resinosos sem 10-MDP observaram-se as maiores diferenças entre os grupos tratados com primer e sem primer. Os grupos tratados com primer exibiam melhores resultados no teste SBS comparativamente com os grupos sem primer. Nos cimentos resinosos que já continham 10-MDP na sua composição, a aplicação de um primer contendo 10-MDP não alterou significativamente dos resultados do teste SBS.
De Souza <i>et al.</i> (2014)	Estudo experimental <i>In-Vitro</i> .	Amostra: Quatro blocos de Y-TZP de dimensões 18 X 12 X 60 mm.	Avaliar o efeito de diferentes materiais com 10-MDP sobre a força adesiva à zircônia (Y-TZP).	A aplicação de um adesivo contendo 10-MDP sobre uma superfície de Y-TZP não preparada mecanicamente produziu forças adesivas melhoradas entre os espécimes de Y-TZP e de resina composta. Contudo, não houve estabilidade da adesão entre as placas de Y-TZP e de resina composta após 6 meses de armazenamento em água destilada.
Yang L <i>et al.</i> (2018)	Estudo experimental <i>In-Vitro</i> .	Amostra: 210 placas de Y-TZP de dimensões 10 X 10 X 1,5 mm <sup>3</sup> .  Tratamento de superfície mecânico: jateamento com partículas de alumínio (50µm) durante 20	Avaliar a durabilidade da adesão de diferentes materiais contendo 10-MDP à zircônia após um protocolo de envelhecimento artificial.	Os adesivos universais contendo 10-MDP e os cimentos resinosos autoadesivos exibiram melhores resultados no teste SBS comparativamente com os primers contendo 10-MDP. No entanto, estes últimos, apresentaram melhor durabilidade adesiva. Nenhum produto consegue prevenir a



		segundos (0.25 Mpa).		infiltração de água na interface adesiva.
Xiong Y <i>et al.</i> (2021)	Estudo experimental <i>In-Vitro</i> .	Amostra: 160 espécimes de zircônia altamente translúcida (5 X 5 X 5 mm.)  Tratamento de superfície mecânico: jateamento com partículas de alumínio a 0.1 MPa, 0.3 MPa e 0.6 MPa.	Avaliar o efeito do jateamento de partículas de alumínio e da aplicação de um primer contendo 10-MDP sobre a força adesiva de resinas à zircônia altamente translúcida.	Há um aumento significativo da força adesiva do cimento resinoso à superfície da zircônia quando o jato de partículas de Al <sub>3</sub> O <sub>2</sub> é empregue até uma pressão de 0.3 MPa.  Apesar disso, se esta técnica for usada isoladamente as forças SBS diminuem consideravelmente após o processo de termociclagem.  A utilização do primer com 10-MDP resultou em forças de adesão superiores e redução da hidrólise na interface adesiva, tal não é possível obter-se através da utilização do jato de partículas isoladamente.  Recomenda-se a utilização de um primer contendo 10-MDP em conjunto com um cimento resinoso com 10-MDP na sua composição no protocolo adesivo à zircônia.
Inokoshi M <i>et al.</i> (2012)	Estudo experimental <i>In-Vitro</i> .	Amostra: Blocos CAD/CAM pré-sinterizados.  Tratamento de superfície mecânico-químico: Tratamento triboquímico (TSC)- 50% dos espécimes.	Determinar o efeito de diferentes pré-tratamentos químicos sobre a força adesiva à zircônia.	A associação do tratamento de superfície mecânico associado à colocação de um dos primers resultou num melhoramento da força adesiva dos cimentos à superfície da zircônia.
Salem RST <i>et al.</i> (2019)	Estudo experimental <i>In-Vitro</i> .	Amostra: 72 blocos de zircônia monolítica.  Tratamento de superfície mecânico: jateamento com partículas de alumínio (Al <sub>3</sub> O <sub>2</sub> ) a uma distância de 10 mm durante 15s (3.5 bars).	Determinar a força adesiva (SBS) de vários tipos de primer e cimentos resinosos à superfície da zircônia.	Os espécimes que obtiveram os melhores resultados no teste SBS foram aqueles preparados com um Primer contendo 10-MDP associados a um cimento resinoso contendo 10-MDP.  A termociclagem afetou significativamente a força de adesão (SBS), independentemente do tipo de primer ou cimento resinoso utilizado.



Silva LH <i>et al.</i> (2012)	Estudo experimental <i>In-Vitro</i> .	Amostra: 140 blocos de zircônia Y-TZP.  Os espécimes foram sujeitos ao calor seco a diferentes temperaturas.	Avaliar o efeito do calor como tratamento de superfície sobre a ligação do 10-MDP à zircônia.	A aplicação de calor como tratamento de superfície obtém bons resultados no teste SBS quando este é realizado no imediato. Após o processo de termociclagem isto já não é possível afirmar-se.
Yoshida K. <i>et al.</i> (2020)	Estudo experimental <i>In-Vitro</i> .	Amostra: Blocos de Y-PSZ (98.5mm X 14 mm)	Investigar o efeito de diferentes concentrações do 10-MDP em primers na adesão à zircônia.	O primer experimental contendo uma concentração de 4.0% de 10-MDP obteve os melhores resultados no teste SBS.  Os primers comerciais contendo 10-MDP e sílica mostraram-se insuficientes na sua capacidade de adesão dos cimentos resinosos à superfície da zircônia.  Os autores concluem também que é possível obter-se uma adesão ótima à zircônia utilizando um primer com concentração de 10-MDP a 4,0% sem haver a necessidade de adicionar outros monómeros funcionais.
Chen B <i>et al.</i> (2019)	Estudo experimental <i>In-Vitro</i> .	Amostra: Blocos de dissilicato de lítio (e.max CAD, Ivoclar Vivadent, Amherst, NY, USA).  Tratamento de superfície mecânico: condicionamento ácido com ácido HF a 9,5% (20s).	Avaliar o efeito da pré-silanização sobre a força de adesão de sistemas adesivos universais e cimentos resinosos auto-adesivos à zircônia.	A silanização da superfície da zircônia antes da colocação de um sistema adesivo universal ou um cimento auto-adesivo, aumenta a força adesiva ao dissilicato de lítio.  Todavia, quando são os agentes de união contendo silano são usados em sistemas adesivos multifuncionais forma-se silanol este, liga-se irreversivelmente ao 10-MDP prejudicando a formação de siloxano necessária para a ligação ao dissilicato de lítio.
Saker S <i>et al.</i> (2020)	Estudo experimental <i>In-Vitro</i> .	Amostra: 80 molares definitivos intactos superiores e inferiores extraídos e blocos de zircônia parcialmente sinterizados.	Determinar a força adesiva de dois tipos de cimentos à zircônia e à dentina após diferentes protocolos de alteração da superfície e de armazenamento.	O pré-tratamento de superfície e o material usado na cimentação influenciam significativamente a força adesiva da dentina à zircônia monolítica.  O " <i>selective glass infiltration etching</i> " (SIE) revelou-se ser uma técnica viável de pré-tratamento de superfície aumentando consideravelmente a



				capacidade adesiva do cimento resinoso à zircônia. O cimento de ionômero de vidro modificado com resina poderá ser um material alternativo viável para a cimentação da zircônia.
Zhao L <i>et al.</i> (2016)	Estudo experimental <i>In-Vitro</i> .	Amostra: 144 blocos de zircônia de dimensões 11 X 8 X 2 mm.  Tratamento de superfície mecânico: jateamento com partículas de alumínio (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ).	Avaliar a força adesiva a longo prazo de vários materiais contendo 10-MDP à zircônia.	A presença de 10-MDP no cimento resinoso, não aumenta a capacidade de adesão do cimento resinoso à zircônia por si só. O grupo que obteve os melhores resultados adesivos a curto e longo prazo foi o grupo SU/RU (primer contendo 10-MDP e cimento contendo 10-MDP). O processo de termociclagem (com maior tempo de duração), pode ser considerado um método viável para a avaliação da longevidade de materiais com uma capacidade de difusão térmica baixa como a zircônia e os cimentos à base de resina composta.

Tabela 2- Descrição dos materiais e métodos e resultados obtidos dos estudos incluídos.

Autor	Materiais e métodos	Resultados
EJ Go <i>et al.</i> (2018)	Foi feita a padronização da rugosidade de superfície utilizando um papel de lixa (grão 600). Todos os espécimes foram sujeitos a um jato de partículas de alumínio durante 10 segundos a 0,3 MPa. Todas as placas foram lavadas com água (30 s) e secadas com jato de ar (30 s). Todos os espécimes foram atribuídos aleatoriamente a um dos 8 grupos experimentais (n=20) PC (PermaCem 2.0); PC/P (PermaCem 2.0 / Z-Prime™ Plus); CS (CLEARFIL™ SA Luting); CS/P (CLEARFIL™ SA Luting / Z-Prime™ Plus); RU (Rely X™ U200); RU/P (Rely X™ U200/ Z-Prime™ Plus); ME (Maxcem Elite™), e ME/P (Maxcem Elite™ / Z-Prime™ Plus) O teste μSBS foi realizado a uma velocidade de 1.0mm/min até à falha adesiva entre a	Na comparação intra-grupal dos grupos controlo, PC e CS exibiram os melhores resultados no teste SBS comparativamente com o grupo ME. Não houve diferença estatisticamente significativa entre os valores dos grupos CS, ME e RU (Rely X™ U200).  Nos grupos onde foi aplicado o primer com 10-MDP (Z-Prime™ Plus, Bisco) verificou-se que o grupo PC/P apresentou valores de μSBS significativamente maiores do que os grupos CS/P e ME/P. No entanto, não houve uma diferença estatisticamente significativa para com os valores de μSBS do grupo RU/P (Rely X™ U200/ Z-Prime™ Plus). Aquando da comparação entre grupos controlo (PC, CS, ME e RU) com os seus



	placa de Y-TZP e o disco de cimento resinoso aderido à sua superfície.	homólogos experimentais (PC/P, CS/P, ME/P e RU/P) observou-se que não houve diferença estatisticamente significativa entre os valores obtidos no teste SBS, exceto nos grupos ME-ME/P e RU-RU/P.
de Souza G <i>et al.</i> (2014)	<p>Os quatro blocos de Y-TZP d foram divididos em 20 placas de dimensões de 18 X 12 X 4 mm com um disco diamantado a 600 rpm sob refrigeração com água.</p> <p>As placas de resina confeccionadas a partir dos moldes das placas Y-TZP, foram armazenadas em água destilada durante 30 dias.</p> <p>Padronizou-se a superfície dos espécimes (Y-TZP e resina) com papel abrasivo de carbetto de silício (granulosidade 600) sob refrigeração com água.</p> <p>As placas de Y-TZP e de resina foram cortadas a meio produzindo placas de dimensões (9 X 12 X 4 mm) (n= 40 de Y-TZP e n= 40 de resina composta).</p> <p>Os espécimes foram distribuídos aleatoriamente em 8 grupos experimentais (PSB; PCB; PUL; PCL; SBU; CBC; UL e CL).</p>	<p>O tipo de adesivo utilizado (presença/ ausência do 10-MDP) e o tempo decorrido entre o fabrico dos espécimes e a realização do teste <math>\mu</math>SBS teve uma influência significativa nos resultados obtidos.</p> <p>O tipo de primer e cimento resinoso não teve influência significativa sobre a força de adesão do 10-MDP à zircónia.</p> <p>A interação entre os materiais contendo 10-MDP também não foi significativa.</p> <p>Os grupos com maiores valores de <math>\mu</math>SBS às 48h foram os grupos PSB e PCB.</p> <p>Contudo, após 6 meses de armazenamento o grupo PCB exibiu uma grande perda na força adesiva comparativamente com os resultados de <math>\mu</math>SBS às 48h.</p>
Yang L <i>et al.</i> (2018)	<p>Todos os espécimes foram sujeitos a jateamento com partículas de alumínio (50-<math>\mu</math>m) durante 20 segundos (0.25 Mpa).</p> <p>Os espécimes foram divididos em 7 grupos experimentais:</p> <p>Sem tratamento de superfície: CLS, PSLP e Ctr (n=90).</p> <p>Com tratamentos de superfície:</p> <p>ZP- Z-Prime™ Plus (Bisco; Schaumburg, IL, USA) (n=30); CCP- Clearfil Ceramic Primer (Kuraray Noritake; Okayama, Japan) (n=30); SBU- 3M™ Single Bond Universal (3M Oral care; St Paul, MN, USA) (n= 30); CUB- CLEARFIL™ Universal Bond (Kuraray Noritake) (n= 30).</p> <p>Para a cimentação foram usados: Cimento resinoso sem 10-MDP- Ctr, ZP, CCP, SBU, e CUB e um cimento resinoso com 10-MDP: CLEARFIL™ SA Luting (Kuraray Noritake- CSL; PANAVIA™ SA Luting Plus (Kuraray Noritake)- PSLP.</p> <p>50% dos espécimes foram armazenados 24h em água destilada (37°C) e 50% foi sujeita a 30.000 ciclos de termociclagem e armazenada 180 dias em água destilada (37°C).</p> <p>O teste SBS foi realizado a uma velocidade de 1 mm/min até à falha adesiva.</p>	<p>Às 24h o grupo PSLP foi o que obteve melhores resultados no teste SBS.</p> <p>O grupo com piores resultados foi o grupo controlo (Ctr).</p> <p>Após o processo de envelhecimento artificial (termociclagem), os resultados do teste SBS diminuíram drasticamente em todos os grupos experimentais, sendo que no grupo controlo se perderam 7 espécimes antes da testagem.</p> <p>Apesar da discrepância com os valores obtidos às 24h, os grupos tratados com primers contendo 10-MDP foram os que se mantiveram valores de SBS mais estáveis ao longo do tempo.</p> <p>O grupo PSLP, apesar de ter sofrido grandes alterações nos valores de SBS após a termociclagem, manteve-se o grupo com maior força de adesão.</p> <p>Enumerando a capacidade adesiva dos espécimes após a termociclagem de forma decrescente obtém-se o seguinte: Grupos Cimento resinoso com 10-MDP (PSLP e CSL) &gt; Grupos Adesivo com 10-MDP (SUB e CUB) &gt; Grupos Primer com 10-MDP (ZP e CCP).</p>
Xiong Y <i>et al.</i> (2021)	As 160 placas de zircónia foram seccionadas e sinterizadas. Os espécimes de compósito foram confeccionados com 3M™ Filtek™ Z350 (3M Oral Care, St Paul, MN, USA).	<p>O grupo com piores resultados foi o grupo AU (grupo controlo).</p> <p>O grupo que exibiu os melhores resultados no teste SBS foi o grupo A3M.</p>



	<p>A padronização da rugosidade de superfície foi feita com papel abrasivo de carbeto de silício, seguido de uma lavagem com ultrassons em etanol puro (5 min.) e água destilada (5 min.)</p> <p>Os espécimes de zircónia foram divididos em 4 grupos: AU-sem tratamento de superfície; A1 – Jato de partículas (0,1 Mpa); A3- Jato de partículas (0,3 Mpa); A6- Jato de partículas (0,6 Mpa).</p> <p>Os grupos sujeitos a jateamento foram novamente lavados em ultrassons.</p> <p>Aplicou-se um primer contendo 10-MDP em 50% dos espécimes de cada grupo (AUM, A1M; A3M e A6M).</p> <p>A cimentação do compósito à zircónia foi realizada com o cimento resinoso autoadesivo Rely X™ U200, 3M Oral Care) e fotopolimerizado durante 40s.</p> <p>50% dos espécimes foram divididos aleatoriamente para serem imersos 24 h em água destilada (37°C) ou sofrerem 5000 ciclos de termociclagem (5°C -55°C).</p>	<p>A aplicação do primer com 10-MDP produziu um aumento nos valores SBS em todos os grupos.</p> <p>Após a aplicação do primer nos espécimes, não foi possível detetar uma diferença estatisticamente significativa entre os grupos (A1M, A2M e A3M) e o grupo AUM.</p> <p>A termociclagem provocou uma diminuição significativa da força adesiva em todos os grupos experimentais, sendo que no caso do grupo AU houve uma perda prematura de todos os espécimes (100%). No caso do grupo A1 a percentagem de perda prematura de espécimes cingiu-se a 10%.</p> <p>Em relação aos restantes grupos constatou-se que após a termociclagem os grupos A3 e A6 passaram a ser os grupos com maiores valores de SBS. Em relação aos grupos AUM, A1M, A3M e A6M, não se estabeleceu uma diferença estatisticamente significativa dos valores SBS após a termociclagem.</p>
<p>Inokoshi M <i>et al.</i> (2012)</p>	<p>Os blocos foram seccionados de forma a obterem dimensões de 2 X 2 X 7.5 mm.</p> <p>De seguida, os blocos foram novamente sinterizados pelo fabricante, obtendo se um micro-espécime de tamanho 1.6 X 1.6 X 6 mm, seguida de lavagem com ultrassons em acetona (10 min) e secados com ar comprimido.</p> <p>Os espécimes foram divididos aleatoriamente. 50% não recebeu mais nenhum pré-tratamento de superfície mecânico e os restantes 50% foram tratados com tratamento triboquímico.</p> <p>Os espécimes de zircónia foram sujeitos a um dos 3 protocolos:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- (CP) CLEARFIL™ CERAMIC PRIMER (Kuraray, Tokyo, Japan) ou (MP) Monobond® Plus (Ivoclar-Vivadent).</li><li>- Sem aplicação de primer (grupo controlo).</li></ul> <p>No final foram cimentados dois espécimes idênticos com um dos dois tipos de cimentos resinosos auto-adesivos: (CEC) Clearfil Esthetic Cement (Kuraray) ou (PF2) Panavia F2.0 (Kuraray).</p> <p>Todos os espécimes foram cortados de cilíndrica com 1,1 a 1.2 mm de diâmetro e armazenados 1 semana em água destilada (37°C).</p> <p>Os espécimes foram divididos aleatoriamente nos três protocolos de envelhecimento artificial: 1- 10 dias de armazenamento em água destilada (37°C); 2- 10.000 ciclos de termociclagem e 3- 6</p>	<p>A análise estatística foi efetuada segundo o teste de Weibull, afirmando a maior representatividade nos parâmetros "Shape" e "Scale" foi atingida nos grupos tratados com 10-MDP e sujeitos a termociclagem.</p> <p>Em termos de força de adesão dos espécimes nos quais não foi efetuada termociclagem, o CLEARFIL™ CERAMIC PRIMER e o sistema adesivo Monobond® Plus obtiveram os melhores resultados no teste SBS, não havendo uma diferença estatisticamente significativa entre estes grupos.</p> <p>Os grupos que utilizaram o Z-Prime™ Plus ou o Scotchbond™ Universal obtiveram piores resultados no teste SBS.</p> <p>Após 10.000 ciclos de termociclagem (10.000 só houve um espécime remanescente do grupo Z-Prime™ Plus pelo que não foi realizada a análise de Weibull. Para o grupo onde foi usado Scotchbond™ Universal também se verificou uma diminuição da força adesiva à zircónia.</p> <p>Os valores de SBS do grupo CLEARFIL™ CERAMIC PRIMER mantiveram-se constantes e comparáveis com os valores obtidos no grupo homólogo sem termociclagem.</p> <p>Tal não é possível afirmar-se para o grupo Monobond® Plus. Neste, verificou-se uma maior variância nos resultados de SBS, indicativo que a termociclagem afetou a força adesiva deste material à zircónia.</p>



	<p>meses de armazenamento em água destilada (37°C). O teste <math>\mu</math>TBS foi realizado a uma velocidade de 1 mm/min.</p>	
<p>Salem RST <i>et al.</i> (2019)</p>	<p>Os espécimes de zircônia foram sinterizados de forma a obterem dimensões de 10 X 3 mm (diâmetro X altura). Procedeu-se à padronização da rugosidade de superfície (Ra) da zircônia com papel abrasivo de carbeto de silício granuloso consecutivamente maior (320-1200) sob refrigeração com água. De seguida, todos os discos de zircônia foram sujeitos a jato de partículas de alumínio (<math>Al_2O_3</math>) a uma distância de 10 mm durante 15s (3.5 bars). No final procedeu-se à limpeza dos discos em água destilada com ultrassons durante 3 min. Os discos foram divididos aleatoriamente em 3 grupos experimentais: 1- Z-Prime™ Plus com Duo-Link Universal™ (Bisco). 2- CLEARFIL™ CERAMIC PRIMER PLUS com Panavia SA (kuraray). 3- 3M™ Single Bond Universal com Rely X™ Ultimate (3M ESPE).</p> <p>A fotopolimerização dos cimentos resinosos foi feita com uma lâmpada em halogênio (Optilux 501, Kerr). Por fim, dividiram os espécimes de cada grupo em parte iguais: metade para armazenamento em água destilada (37°C) durante 24h e a outra metade para ser sujeita a 5.000 ciclos de termociclagem. O teste SBS foi realizado a uma velocidade de 1 mm/min.</p>	<p>Há influência do tipo de protocolo adesivo e protocolo de envelhecimento sobre a força adesiva (<math>p &lt; 0.05</math>). Quando se efetuou a comparação dos resultados do teste SBS, observou-se que os espécimes preparados com cimento resinoso PANAVIA™ SA CEMENT Plus obtiveram melhores resultados no teste SBS do que os espécimes cimentados com os cimentos resinosos sem 10-MDP: Rely X™ Ultimate e Duo-Link Universal™. A termociclagem levou a um decréscimo nos resultados do teste SBS em todos grupos (<math>p &lt; 0.05</math>).</p>
<p>Silva LH <i>et al.</i> (2012)</p>	<p>A rugosidade de superfície foi uniformizada através da utilização de uma série de tiras de lixa de granuloso 200 até 1500. Os espécimes foram lavados em água destilada com ultrassons durante 10 min. Subsequentemente, todos foram divididos em 10 grupos experimentais (n=14) de acordo com o tipo de pré-tratamento de superfície e o protocolo de envelhecimento a que irão ser sujeitos. Foi aplicado o Metal/zirconia primer (Ivoclar Vivadent, Schaan, Leichtenstein) em todos os grupos exceto nos grupos GCd e GCa. Os espécimes foram aquecidos a diferentes temperaturas usando calor seco durante 60 s. Por fim, o cimento resinoso (PANAVIA™ F 2.0, Kuraray, Medical Inc, Osaka, Japan) foi</p>	<p>O grupo experimental com melhores resultados de força de adesão às 24h (sem termociclagem), foi o grupo G79d. No entanto, é importante frisar que não foi possível estabelecer uma diferença estaticamente significativa com o grupo G45d. Após a termociclagem houve perda prematura de todos os espécimes em todos os grupos experimentais, pelo que a sua força de adesão foi considerada 0 Mpa para fins estatísticos.</p>



	<p>misturado e colocado dentro de um molde de plástico transparente que já estava colocado sobre o bloco de zircónia e fotopolimerizado durante 40 s.</p> <p>Os grupos sujeitos ao calor seco foram armazenados durante 24 h e sujeitos ao teste SBS. Os outros espécimes foram sujeitos a 5000 ciclos de termociclagem antes do teste.</p> <p>O teste SBS foi realizado a uma velocidade de 1 mm/min</p>	
Yoshida K. <i>et al.</i> (2020)	<p>Após a sinterização e arrefecimento, procedeu-se à standardização da rugosidade de superfície com tiras de lixa de carbetto de silício. No final deste processo os espécimes tinham com dimensões 10 X10 X 2 mm (n=300). Todos os espécimes foram lavados em água destilada com ultrassons (10 min.) e secados com jato de ar (sem óleo).</p> <p>Os espécimes foram distribuídos aleatoriamente em 30 grupos (n=10) de acordo com o pré-tratamento de superfície, tipo de cimento resinoso utilizado e protocolo de envelhecimento artificial.</p> <p>A área de adesão foi definida através da colocação de uma fita de teflon com um círculo recortado no centro. Nesta superfície exposta foram colocados os diversos primers experimentais (concentrações variáveis de 10-MDP) e primers comerciais. Os discos de metal foram tratados com jato de partículas de alumínio (50µm) a 0.4 MPa e uma distância de 10 mm (15 s).</p> <p>Foi aplicado o primer metálico Metal Primer Z (GC Corp.) em todas os discos metálicos.</p> <p>A cimentação da zircónia aos discos de metal foi efetuada com 3 tipos de cimentos resinosos: (PANAVIA™ V5 (PV5), G-CEM Link-Force (GCLF), and Multilink Automix (MLAM)), sendo utilizado um primer específico para cada cimento resinoso.</p> <p>O cimento resinoso foi fotopolimerizado (40 s), seguido de um período de descanso de 30 min (20°C).</p> <p>No final, os espécimes foram sujeitos a 24h de armazenamento em água destilada (37°C) (n= 210) ou a 3,500 ciclos de termociclagem (4°C-60°C), (n= 90).</p> <p>O teste SBS foi realizado a uma velocidade de 0.5 mm/min.</p>	<p>Existem diferenças estatisticamente significativas entre os resultados do teste SBS de todos os grupos experimentais. De notar, que neste estudo nenhum dos cimentos resinosos contém 10- MDP na sua constituição.</p> <p>Após análise estatística dos resultados dos grupos tratados com primers experimentais contendo diferentes concentrações de 10-MDP (0.5, 1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0), verificou-se que os grupos tratados com primer a uma concentração de 4.0% obtiveram os melhores resultados SBS, independentemente do tipo de cimento resinoso empregue (PANAVIA™ V5; G-CEM LinkForce® e Multilink Automix Yellow).</p> <p>É importante sublinhar que apesar dos grupos com primer 4.0% terem obtido os melhores resultados, estatisticamente, não houve diferença para com os grupos com primer 3.0% e 5.0% associados aos cimentos PANAVIA™ V5 e G-CEM LinkForce®. Também não houve diferença estatisticamente significativa quando se fez a comparação com o grupo Primer 5.0% associado ao cimento Multilink Automix Yellow.</p> <p>Adicionalmente, efetuou-se a comparação entre a força de adesão dos grupos tratados com os primers experimentais e grupos com primers comerciais contendo 10-MDP (Clearfil Ceramic Primer Plus, G-Multi Primer (GMP), Monobond® Plus e Metal Primer Z).</p> <p>A comparação estatística destes resultados revelou que o grupo com melhores resultados foi o primer experimental com uma concentração 4.0, independentemente do tipo de cimento resinoso utilizado (p&lt;0.05).</p>
Chen B <i>et al.</i> (2019)	<p>Os blocos de dissilicato de lítio (DL) foram seccionados de forma a se obterem 300 placas de dimensões (10 X 10 X 3 mm<sup>3</sup>). Após a uniformização de superfície, as placas foram sinterizadas e sujeitas a condicionamento ácido com ácido HF a 9,5%</p>	<p>Os grupos que obtiveram os melhores resultados no teste SBS foram os grupos 7, 8, 9 e 10 (combinação primer cerâmico contendo silano e adesivo universal), comparativamente com os grupos 2, 3, 4, 5 e 6.</p>



	<p>(20s). Posteriormente, foram secados e lavados em água e ultrassons durante 60s e secados durante 5 minutos.</p> <p>Os espécimes foram divididos aleatoriamente em 10 grupos experimentais: Grupos 1,4 e 5 – Sem tratamento de superfície.</p> <p>Grupos 6, 9 e 10 - Agente de ligação contendo silano (Porcelain Primer, Bisco, USA)</p> <p>Grupo 2- Adesivo universal 3M™ Single Bond Universal (3M ESPE);</p> <p>Grupo 3- Adesivo universal All-Bond Universal® (Bisco, USA);</p> <p>Grupo 7- PORCELAIN PRIMER, e 3M™ Single Bond Universal (3M ESPE);</p> <p>Grupo 8- PORCELAIN PRIMER e All-Bond Universal® (Bisco, USA);</p> <p>Para efeitos de padronização da área de adesão foi colocada uma fita com um buraco circular com um diâmetro de 6 mm. Nos grupos 1,2,3,6,7 e 8 foi usado o cimento RelyX Veneer (3M ESPE, USA), enquanto nos restantes grupos se utilizou o cimento auto-adesivo CLEARFIL™ SA Luting (Kuraray, Japan).</p> <p>Metade dos espécimes de cada grupo foi submetido a armazenamento em água destilada a 37°C (24h) e outra metade a 20.000 ciclos de termociclagem seguida de 120 dias de armazenamento em água destilada a 37°C.</p> <p>O teste SBS foi realizado a uma velocidade de 1 mm/min.</p>	<p>Não houve diferença estatisticamente significativa entre o grupo 6 e os grupos 2, 3, 4 e 5.</p> <p>A termociclagem e o armazenamento em água destilada durante 120 dias refletiu-se significativamente sobre os resultados SBS em todos os grupos com a exceção dos grupos 1, 5, 6 e 10. Nos grupos 7, 8, 9 e 10 não houve diferença estatisticamente significativa entre os resultados SBS com e sem termociclagem.</p>
Saker S <i>et al.</i> (2020)	<p>Os dentes utilizados foram molares definitivos superiores e inferiores intactos (sem lesões de cárie, fraturas e sem restaurações) (n=80). Estes foram seccionados perpendicularmente ao longo eixo do dente criando uma superfície lisa e uniforme.</p> <p>Os espécimes de zircónia foram obtidos a partir do seccionamento de blocos de zircónia parcialmente sinterizada. Procedeu-se à sinterização num forno próprio, obtendo-se no final placas de zircónia sinterizadas (6,4 X 6,4 X 4 mm<sup>3</sup>). Estes, foram lavados em água destilada com ultrassons (5 min.) e secados ao ar livre.</p> <p>Os espécimes de zircónia foram divididos aleatoriamente em 4 grupos experimentais (N, SB, GH e CJ).</p> <p>As placas de zircónia pertencentes aos grupos SB, GH e CJ foram tratados com um primer contendo 10-MDP (CLEARFIL™ CERAMIC PRIMER; kuraray Noritake; Tokyo, Japan).</p>	<p>Os resultados do teste <math>\mu</math>TBS, demonstraram que após o armazenamento em água destilada durante 15 dias e termociclagem houve uma diminuição dos valores de <math>\mu</math>TBS, independentemente do tratamento de superfície e cimento utilizado (<math>p &lt; 0.05</math>).</p> <p>Quando foi efetuada a comparação dos resultados <math>\mu</math>TBS ao 3° e ao 150° de armazenamento em água destilada também se verificou uma diferença estatisticamente significativa dos resultados exceto para o grupo CJ (jateamento com partículas de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>- 30<math>\mu</math>m a 0.28 Mpa) quando associado ao cimento resinoso sem 10-MDP (RelyX Unicem). Todavia, o grupo CJ quando usado em conjunto com o cimento de ionômero de vidro (RelyX Luting Plus) sofreu um grande decréscimo na força adesiva ao 150° dia de armazenamento comparativamente ao 3° dia.</p> <p>Constatou-se que todas as variáveis em estudo influenciaram significativamente os resultados do teste <math>\mu</math>TBS, sendo que foi</p>



	<p>A cimentação foi realizada com dois tipos de cimentos: Cimento resinoso auto-adesivo RelyX Unicem, (3M ESPE, Seefeld, Germany) e o cimento de ionômero de vidro modificado com resina RelyX Luting Plus,( Houston, TX, USA).</p> <p>Após a cimentação procedeu-se à fotopolimerização.</p> <p>Todos os espécimes foram colocados dentro de uma incubadora a 37°C e humidade de 100%.</p> <p>Passados 24h de armazenamento, procedeu-se ao corte dos espécimes com uma máquina de precisão, obtendo-se micro-espécimes com uma área de adesão de <math>1.0 \pm 0.1 \text{ mm}^2</math>.</p> <p>A partir daqui, dividiram-se os espécimes aleatoriamente em dois grupos de envelhecimento artificial (3 dias de armazenamento em água destilada a 37°C e 37.500 ciclos de termociclagem).</p> <p>O teste SBS foi realizado a uma velocidade de 1 mm/min.</p>	<p>possível estabelecer correlações entre o tipo de tratamento de superfície e o tempo de armazenamento, assim como entre o tipo de cimento e tipo de tratamento de superfície.</p> <p>Não foi possível determinar uma diferença estatisticamente significativa entre o tipo de cimento e o tempo de armazenamento dos espécimes.</p> <p>Nos espécimes de zircónia cimentados com o cimento resinoso RelyX Unicem, (3M ESPE, Seefeld, Germany) não houve uma diferença estatisticamente significativa em relação ao tempo de armazenamento ou tipo de tratamento de superfície, exceto no grupo controlo.</p>
<p>Zhao L <i>et al.</i> (2016)</p>	<p>Os 144 blocos de zircónia foram sujeitos a sinterização a 1500°C durante 7,5 h.</p> <p>De seguida foram todos sujeitos a jateamento com partículas de alumínio (<math>\text{Al}_2\text{O}_3</math>) e lavados em etanol (96%) com ultrassons durante 5 min.</p> <p>Os espécimes foram divididos em 6 grupos, dos quais 3 foram preparados com primer (SU/RU; CCP/PAN; ZP/DUO) e 3 não receberam primer (RU; PAN; DUO).</p> <p>Os espécimes de cimento resinoso foram preparados segundo as instruções do fabricante, colocado sob a forma líquida num molde (4 X 2 mm), cimentado e fotopolimerizado diretamente sobre o espécime de zircónia durante 60s.</p> <p>Por fim fez-se uma divisão do cada grupo em 3 de acordo com o tipo de armazenamento:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• 24 h em água pura (37°C);</li><li>• 30 dias em água pura (37°C);</li><li>• 30 dias de armazenamento e 3000 de termociclagem;</li></ul> <p>O teste SBS foi realizado a uma velocidade de 1 mm/min.</p>	<p>Há diferença nos valores SBS entre os diferentes grupos dependendo do tipo de armazenamento e do tipo de protocolo de envelhecimento artificial (<math>p &lt; 0.05</math>).</p> <p>Às 24 h, verificou-se que o grupo SU/RU (Scotchbond™ Universal / Rely X™ Ultimate) foi o que obteve melhores resultados no teste SBS, não havendo diferenças estatisticamente significativas entre os resultados dos restantes grupos experimentais. O cimento resinoso com a menor força de adesão foi o Duo-Link Universal™ (cimento resinoso s/ 10-MDP).</p> <p>Aos 30 dias sem termociclagem, constatou-se uma grande heterogeneidade nos resultados do teste SBS, estabelecendo-se uma ordem decrescente de força adesiva SU/RU (Scotchbond™ Universal / Rely X™ Ultimate), CCP/PAN (CLEARFIL™ CERAMIC PRIMER / PANAVIA™ F 2.0), ZP/DUO ZP/DUO (Z-Prime™ Plus / Duo-Link Universal™), PAN (PANAVIA™ F 2.0), RU (Rely X™ Ultimate), e DUO (Duo-Link Universal™).</p> <p>Já nos espécimes com 30 dias de armazenamento e sujeitos a termociclagem observou-se que o grupo SU/RU obteve os melhores resultados no teste SBS, quando comparados com os grupos ZP/DUO, DUO, PAN e RU, no entanto não houve diferença estatisticamente significativa quando comparados com os resultados do grupo CCP/PAN.</p>



		<p>O autor observou que existe uma perda inevitável da força adesiva após o armazenamento durante 30 dias e termociclagem.</p> <p>A comparação dos grupos às 24h e 30 dias sem termociclagem, também mostrou perda de capacidade adesiva em alguns grupos (ex. RU), no entanto, a capacidade adesiva era significativamente melhor nos grupos que associavam primer com 10-MDP e um cimento com 10-MDP (CCP/PAN e ZP/DUO).</p>
--	--	--



## 5. Discussão:

Para a realização desta dissertação foram englobados estudos cujo objetivo principal ou secundário era estudar a força adesiva de materiais contendo 10-MDP à superfície da zircônia (primer, adesivo auto-condicionante e cimentos resinosos).

Dois artigos não realizaram nenhum protocolo de alteração de superfície mecânico, nomeadamente, de Souza G *et al.* 2014 e Yoshida K *et al.* 2020. Os estudos realizados por Xiong Y *et al.* 2021, Inokoshi M *et al.* 2013 e Saker S *et al.* 2020 optaram por um protocolo misto, no qual parte dos espécimes foram sujeitos a um pré-tratamento de superfície mecânico (jateamento com partículas de  $Al_2O_3$ ).

Um total de seis estudos sujeitaram todos os seus espécimes a um tratamento de superfície mecânico prévio, dos quais EJ Go *et al.* 2018, Yang L *et al.* 2018, Salem RST *et al.* 2019 e Zhao L *et al.* 2016 optaram pelo jateamento com partículas de alumínio ( $Al_2O_3$ ). Chen B *et al.* 2019 optou pelo condicionamento ácido com ácido hidrófluorídrico (HF) a 9,5%. Silva LH *et al.* 2012 decidiu investigar o efeito do calor seco sobre a superfície da zircônia. Todos os estudos tiveram grupos experimentais que envolviam pelo menos um material adesivo contendo 10-MDP (condicionamento de superfície químico), quer sobre a forma de primer, adesivo auto-condicionante ou cimento resinoso.

É necessário sublinhar que os artigos incluídos nos resultados de pesquisa sistemática apesar de todos estudos experimentais serem *In-Vitro* existem diferenças significativas nos protocolos metodológicos dificultando a comparação intra estudos.

As principais diferenças estão na presença/ausência de um pré-tratamento de superfície, no tipo/composição dos materiais utilizados e tipo e/ou duração do armazenamento/envelhecimento artificial aos quais os grupos experimentais eram sujeitos.

Os métodos de testagem da força de adesão nos artigos estudados foram o “*shear bond strength*”(SBS), “*microshear bond strength*”(μSBS) e “*micro-tensile bond strength*”(μTBS). Todos os métodos são amplamente utilizados na comunidade científica para testar a força adesiva pela sua simplicidade de uso. (4)

Neste caso, os testes SBS,  $\mu$ SBS e  $\mu$ TBS foram usados para determinar a força de adesão criada entre um cimento resinoso e a superfície da zircónia através da aplicação de um primer/adesivo com 10-MDP ou pela incorporação da molécula 10-MDP no cimento resinoso. A unidade de medida usada para quantificar os resultados obtidos do teste foi o megapascal (MPa).

O teste SBS tem como vantagem principal o facto de possibilitar medições em espécimes com maior área de superfície, no entanto também apresenta maior heterogeneidade no que toca à distribuição da carga e do stress criado na interface adesiva.

O  $\mu$ SBS, como abrange uma menor área de superfície é capaz de colmatar a desvantagem que se observa no teste SBS, possibilitando uma maior uniformização das cargas na interface adesiva e menor probabilidade de se encontrarem defeitos na interface originadas no processo de cimentação dos espécimes, levando a uma maior uniformização dos resultados e aumento da força de adesão. (4)

Contudo, tal como mencionado acima, como não existe padronização dos testes para se fazer a medição da força de adesão, torna-se muito difícil efetuar uma comparação entre os resultados dos estudos experimentais.

Outra variável que se insere é o tipo de armazenamento/protocolo de envelhecimento artificial utilizado nos estudos. Neste parâmetro existe de facto uma certa unanimidade entre os protocolos dos estudos experimentais.

Todos os estudos incorporados utilizaram água destilada a 37°C como método de armazenamento, com variações no período temporal, sendo o período mínimo de armazenamento 24h e o período máximo de 6 meses. O processo de termociclagem também foi um método usado transversalmente para avaliar a fadiga cíclica dos materiais estudados, variando no número de ciclos (3.500-37.500 ciclos).

O objetivo de armazenar os espécimes experimentais num meio líquido, neste caso água destilada a 37°C, é observar o grau de degradação hidrolítica que acontece na interface adesiva. A amplitude da degradação hidrolítica na interface é capaz de alterar a força de adesão do 10-MDP à zircónia e, conseqüentemente a força de adesão entre os cimentos resinosos e a zircónia. (4)

A termociclagem tem como objetivo induzir o envelhecimento hidrotérmico do material. Comino-Garayoa *et al.* 2021. O teste SBS/  $\mu$ SBS realizado após a termociclagem permite observar fisicamente o efeito que este tem sobre a força de adesão dos materiais com 10-MDP e, tal como foi realizado nos estudos experimentais, fazer uma posterior comparação dos valores de força de adesão obtidos. Assim, indiretamente, é possível observar o efeito do envelhecimento hidrotérmico em diferentes grupos experimentais com diferentes combinações de materiais contendo 10-MDP.

Não há possibilidade de comparação direta entre os estudos experimentais. É-me apenas possível analisar a diferenças no comportamento e propriedades físicas ou químicas dos materiais contendo 10-MDP em diferentes contextos e, havendo semelhanças metodológicas comparar o comportamento do material em situações semelhantes, mas nunca idênticas.

5.1 Força adesiva dos materiais na ausência de um protocolo de condicionamento de superfície:

de Souza G *et al.* 2014, constataram que a força de adesão à zircónia não é influenciada pelo tipo de primer, devido aos resultados obtidos durante a testagem  $\mu$ TBS.

Relativamente à aplicação de um adesivo universal, é possível afirmar-se que se obtiveram resultados de  $\mu$ TBS significativamente maiores nos grupos onde foi aplicado um adesivo com 10-MDP comparativamente com os grupos onde não foi aplicado um adesivo. No entanto, devido à inexistência de um grupo controlo com um adesivo sem 10-MDP, o autor não pôde afirmar com certeza que o aumento na força de adesão observada nos resultados do teste  $\mu$ TBS se deveu especificamente ao 10-MDP. O autor explica o aumento da força de adesão através da menor viscosidade inerente a um adesivo universal. Assim, a menor viscosidade é capaz de aumentar a molhabilidade, diminuir o ângulo de contacto e, consequentemente, aumentar a força de adesão entre o cimento resinoso e a zircónia.

Quanto ao tipo de cimento resinoso usado, o autor refere que não existe diferença estatisticamente significativa entre os resultados de força adesiva entre um cimento resinoso com 10-MDP e um cimento resinoso sem 10-MDP.

Adicionalmente, o autor refere que a força adesão não foi suficientemente alta para atingir níveis de adesão clinicamente aceitáveis (10-13Mpa), pelo que, independentemente do cimento resinoso usado, é estritamente necessário um protocolo de condicionamento de superfície prévio, quer este seja de natureza mecânica ou químico mecânica.

A análise da média dos resultados do teste  $\mu$ TBS às 48h e aos 6 meses de armazenamento em água destilada indica-nos que os grupos com os maiores valores de  $\mu$ TBS são os grupos PSB e PCB. No grupo PSB usou-se um primer com 10-MDP associado a um adesivo com 10-MDP e no grupo PCB utilizou-se um primer, adesivo e cimento resinoso com 10-MDP. No entanto, já às 48h de armazenamento estes grupos estão no limiar mínimo de adesão clinicamente aceitável. O grupo PSB tem uma média de  $10.6 \pm 1.9$  e o grupo PCB  $10.7 \pm 2.4$ . Após o armazenamento com uma duração de 6 meses estes valores diminuíram para  $8.5 \pm 2.3$  e  $5.6 \pm 3.6$  respetivamente. Assim, após a análise estatística realizada pelo autor verificou-se que não houve uma influência significativa na força de adesão quando se usaram materiais com 10-MDP de forma concomitante.

## 5.2 Força adesiva dos materiais com um protocolo de condicionamento de superfície:

Os pré-tratamentos de superfície mecânicos, químicos e químico-mecânicos podem influenciar significativamente a força de ligação do 10-MDP à zircónia. Na revisão sistemática da literatura conduzida por Comino-Garayoa, *et al.* 2021 está descrito que os tratamentos de superfície não são apenas adjuvantes para melhorar a força de adesão à zircónia, mas sim, estritamente necessários para haver uma força de adesão aceitável.

Protocolos de condicionamento de superfície de cada estudo:

- Jateamento com partículas de  $Al_2O_3$  em 100% dos espécimes: EJ Go *et al.* 2018, Yang L *et al.* 2018, Salem RST *et al.* 2019 e Zhao L *et al.* 2016.
- Jateamento com partículas de  $Al_2O_3$  em 50% dos espécimes: Xiong Y *et al.* 2021.
- Jateamento com partículas de  $Al_2O_3$  em 50% dos espécimes e Condicionamento por infiltração seletiva (SIE): Saker *et al.* 2020.
- Tratamento triboquímico em 50% dos espécimes: Inokoshi M *et al.* 2013
- Condicionamento ácido com ácido hidrofúorídrico (HF) a 9,5% em 100% dos espécimes: Chen B *et al.* 2019.

- Calor seco em 100% dos espécimes: Silva LH *et al.* 2012.

Xiong Y *et al.* 2021 e Salem RST *et al.* 2019 referem que o condicionamento de superfície mecânico com jateamento de partículas de alumínio têm um efeito sinérgico sobre a força de ligação do 10-MDP, proporcionando resultados de força adesiva superiores comparativamente com a aplicação de um material com 10-MDP de forma isolada ou jateamento com partículas de alumínio de forma isolada.

Nos resultados obtidos no estudo experimental conduzido por Xiong Y *et al.* 2021 observaram-se um aumento da força de adesão gradual dos espécimes consoante o tipo de pré-tratamento a que foram sujeitos. Numa primeira instância, os autores verificaram um aumento da força de adesão em todos os grupos experimentais sujeitos a jateamento de partículas de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (A1, A3 e A6) comparativamente ao grupo controlo (AU).

Dentro dos grupos onde não foi aplicado o primer com 10-MDP, observou-se que o grupo com melhores resultados foi o grupo A3. Assim, apesar dos valores de rugosidade de superfície terem aumentado consistentemente à medida que aumentava a pressão do jato de partículas, a força adesão dos cimentos resinosos usados não aumentou quando se efetuou a comparação entre os grupos A3 e A6. Todavia, como era expectável, observou-se um aumento da força de adesão quando se comparou os resultados dos grupos tratados com primer: AUM, A1M e A6M, com os grupos AU, A1 e A6.

A maior diferença entre os valores SBS observou-se entre os grupos AU e AUM. A comparação dos resultados dos grupos AUM, A1M e A6M revelou que não há diferença estatisticamente significativa entre os grupos. Isto significa que independentemente da alteração na morfologia de superfície, a aplicação do primer com 10-MDP foi capaz de aumentar a força de adesão de tal forma que foi capaz de colmatar a rugosidade de superfície menor nos grupos A1M e a ausência de tratamento de superfície no grupo AUM.

Isto pode indicar que relevância do 10-MDP no aumento da força de adesão de um cimento resinoso à superfície da zircónia é maior do que o jateamento de partículas de alumínio independentemente da pressão a que foi efetuado.

A análise estatística dos resultados de Inokoshi M *et al.* 2013, usando como tratamento de superfície o tratamento triboquímico em 50% dos espécimes, revelaram que os grupos com

maior representatividade no parâmetro “Shape” e “Scale” foram tratados com um primer contendo 10-MDP e sujeitos a termociclagem, pelo que os autores foram capazes de afirmar que a aplicação de um primer contendo 10-MDP aumentou significativamente a força de adesão à zircónia.

EJ Go *et al.* 2018, por sua vez, observaram que não houve diferença significativa na força de adesão quando era usado um primer contendo 10-MDP concomitantemente com um cimento resinoso com 10-MDP.

Porém, quando se efetuou a comparação entre os grupos controlo (sem primer/cimento resinoso sem 10-MDP) e os grupos experimentais (primer com 10-MDP/cimento resinoso sem 10-MDP) já houve diferença significativa nos valores da força adesiva, indicando que a utilização de um primer com 10-MDP é capaz de aumentar de forma significativa a força de adesão de um cimento resinoso à superfície da zircónia.

Salem RST *et al.* 2019, por sua vez, observaram que o grupo experimental com maior força de adesão foi o grupo que associava um primer com 10-MDP e um cimento resinoso com 10-MDP, comparativamente com os dois restantes grupos experimentais que consistiam de um primer com 10-MDP e um cimento resinoso sem 10-MDP, contrariando os resultados obtidos por EJ Go *et al.* 2018.

Dado que EJ Go *et al.* 2018 e Salem RST *et al.* 2019 têm metodologias semelhantes é possível efetuar-se uma comparação entre os dois estudos.

Mesmo assim, apresentam resultados díspares o que leva a crer que são necessários mais estudos experimentais conduzidos em condições padronizadas de forma a clarificar a importância da utilização de um primer com 10-MDP na adesão à zircónia.

A utilização de dois materiais contendo 10-MDP simultaneamente é um tema muito controverso na literatura científica.

Existem autores que defendem que a associação de dois materiais com 10-MDP leva a um aumento da força adesiva, principalmente quando um dos materiais usados é um cimento resinoso auto-adesivo. Outros autores afirmam que a associação de dois materiais com 10-MDP leva à saturação desta molécula na interface adesiva. (4)(5)

Em relação à relevância da incorporação 10-MDP nos cimentos resinosos, também existem diferenças entre estudos.

EJ Go *et al.* 2018 e Salem RST *et al.* 2019 contrariam a afirmação feita por De Souza G *et al.* 2014, verificando que existe diferença estatisticamente significativa na força adesiva à zircónia quando era utilizado um cimento resinoso com 10-MDP *versus* um cimento resinoso sem 10-MDP. No entanto, é importante frisar que existem diferenças metodológicas entre os estudos. No estudo de De Souza G *et al.* 2014 não houve pré-tratamento de superfície mecânico, enquanto nos estudos realizados por EJ Go *et al.* 2018 e Salem RST *et al.* 2019 houve jateamento da superfície de zircónia com partículas de  $Al_3O_2$  em 100% dos espécimes.

Logo, apesar de não ser possível fazer uma comparação direta entre os estudos de De Souza G *et al.* 2014 com EJ Go *et al.* 2018 e Salem RST *et al.* 2019, é possível afirmar que o jateamento com partículas de  $Al_3O_2$  provocou uma alteração na superfície da zircónia, que, por sua vez, influenciou o comportamento das resinas compostas com 10-MDP sobre a superfície da zircónia relativamente à adesão. Saker *et al.* 2020 também observaram que a força de adesão de um mesmo cimento resinoso varia de acordo com o tipo de pré-tratamento de superfície realizado.

No estudo conduzido por Saker *et al.* 2020, a comparação dos resultados  $\mu$ TBS ao 3º e ao 150º de armazenamento em água destilada do grupo CJ associado ao cimento RelyX™ Unicem (ver tabela de resultados) não obteve uma diferença estatisticamente significativa.

Este resultado não era expectável, dado que em todos os outros estudos houve sempre uma perda significativa de força de adesão após um período definido de armazenamento em água destilada. Este período apesar variar entre os estudos produziu, no geral, sempre uma diminuição da força de adesão à zircónia.

Todavia, o grupo CJ quando usado em conjunto com o cimento de ionômero de vidro (3M™ RelyX™ Luting Plus) sofreu um grande decréscimo na força adesiva ao 150º dia de armazenamento comparativamente ao 3º dia ( $p < 0.05$ ). Este resultado está em congruência com a literatura científica, na qual se refere que o 10-MDP só é capaz de se ligar a um cimento resinoso.

Após análise estatística dos resultados obtidos Saker *et al.* 2020 foi possível estabelecer uma correlação entre o tipo de cimento (cimento resinoso) e tipo de tratamento de superfície (jateamento com partículas de alumínio).

Chen B. *et al.* 2019, que usaram como condicionamento de superfície o HF a 9,5%, verificaram que os grupos com maiores valores de adesão eram constituídos por uma combinação de um primer cerâmico contendo silano e adesivo universal. A explicação dada pelo autor é que o silano presente nos primers cerâmicos e nos adesivos universais são capazes de formar ligações químicas do tipo Si-O-Si com o dissilicato de lítio que, como foi previamente condicionado tem uma superfície mais reativa propiciando a formação de ligações químicas.

### 5.3. Fatores externos que interferem na força adesiva do 10-MDP à zircónia:

#### 5.3.1 Concentração do 10-MDP nos primers:

Yoshida K. *et al.* 2020, estudou o efeito da concentração da molécula 10-MDP em diferentes primers experimentais e comparou a sua força de adesão com a força de adesão de 3 primers comerciais de fabricantes diferentes.

De notar, que neste estudo não houve protocolo de condicionamento de superfície para além da aplicação do primer experimental/comercial com 10-MDP. Adicionalmente, os cimentos resinosos usados não continham 10-MDP, não havendo por isso variáveis externas com efeito sinérgico/antérico capazes de alterar a força de adesão à zircónia.

Os resultados deste estudo revelaram que existem diferenças estatisticamente significativas da força de adesão dependendo da concentração da molécula 10-MDP no primer.

Assim, o primer que obteve maiores valores no teste SBS, foi o primer experimental com 4.0% de 10-MDP na sua constituição. Contudo, apesar de apresentar os maiores valores de força de adesão a diferença não foi estatisticamente significativa quando comparada com os resultados dos grupos tratados com o primer 3.0% associados aos cimentos resinosos PV5/ GCLF e o primer 5,0% associado a qualquer um dos 3 cimentos resinosos.



Adicionalmente, quando se efetuou a comparação entre os primers experimentais (0.5%, 1.0%, 2.0%, 3.0%, 4.0% e 5.0% de 10-MDP), e os primers comerciais observou-se que o grupo com melhores resultados foi o primer experimental com uma concentração 4.0% independentemente do tipo de cimento utilizado ( $p < 0.05$ ).

O motivo pela qual o primer experimental a 4.0% exibiu melhores resultados do que os primers comerciais pode estar relacionado com a presença de agentes de ligação à base de sílica como o  $\gamma$ -metacril oxipropilo trimetoxisilano nos primers comerciais. Este componente é capaz de interferir com a ligação do 10-MDP à zircónia através da formação de ligações químicas entre a sílica e o fosfato presente na molécula de 10-MDP.

Desta forma, Yoshida K. *et al.* 2020, chegaram a duas conclusões: os primers cerâmicos comerciais não têm capacidade de adesão à zircónia suficientemente alta na adesão de cimentos resinosos à zircónia e, atingiu-se uma força de adesão mais alta dos cimentos resinosos à zircónia quando usado um primer com 4.0% de 10-MDP comparativamente com os outros primers.

### 5.3.2. Diferenças na composição química dos materiais com 10-MDP:

Como referido anteriormente, as diferenças nos protocolos metodológicos implicam uma grande variabilidade nos materiais usados, que muitas vezes variam consideravelmente entre fabricantes.

Apesar de terem sido incluídos materiais da mesma categoria, todos os estudos trabalharam com materiais de marcas comerciais distintas, tornando-se virtualmente impossível fazer uma comparação efetiva entre os resultados obtidos pelos estudos mesmo que tenham protocolos de condicionamento de superfície semelhantes, devido às diferenças na composição química dos materiais específicos da marca.

Infelizmente, esta observação é visível para além desta revisão sistemática da literatura, dado que revisão sistemática conduzida por Comino-Garayoa R. *et al.* 2021, os autores também se depararam com o mesmo problema e, citando o autor: "*Furthermore, contradictory results have been found in in vitro studies due to the heterogeneity of study designs that do not provide sufficient evidence to support the selection of a specific*

*technique for better adhesion. Further studies are necessary to evaluate promising surface pretreatments techniques, as well as clinical trials to be able to indicate a clinical protocol with predictable results."*

### 5.3.3. Armazenamento e Termociclagem:

Existe consenso entre os autores dos estudos de que o armazenamento e/ou o processo de termociclagem diminuem consideravelmente a força de adesão dos materiais contendo 10-MDP à zircónia, independentemente de se tratar de um primer, adesivo ou cimento. Exceto nos grupos 7, 8, 9 e 10 do estudo realizado por (Chen B *et al*, 2019), no qual não houve diferença estatisticamente significativa entre os resultados SBS com e sem termociclagem destes grupos.

No estudo feito por (Silva LH *et al*, 2012), por sua vez, houve perda prematura de todos os espécimes após 5.000 ciclos de termociclagem. É possível que este resultado seja a consequência do tipo de protocolo usado neste estudo. Neste estudo, pretendia-se estudar o efeito do calor seco como protocolo de condicionamento de superfície. Às 24h verificaram-se resultados de força de adesão aceitáveis (provavelmente devido à utilização de um cimento resinoso com 10-MDP), no entanto os espécimes não resistiram à degradação hidrotérmica causada pela termociclagem. Perante este resultado, o autor declarou que o condicionamento de superfície da zircónia com calor seco não é um método viável para atingir forças de adesão aceitáveis.

(Zhao L *et al*, 2016), verificou que a força adesiva de um mesmo cimento é variável consoante o protocolo de envelhecimento artificial ao qual foi sujeito.

(Yang L *et al*, 2018), cujo objetivo foi avaliar a durabilidade da adesão de diferentes materiais contendo 10-MDP à zircónia após sujeitos a um protocolo de envelhecimento artificial (30.000 ciclos de termociclagem e 180 dias de armazenamento em água destilada), observou que o grupo PSLP (placa de zircónia associada a um cimento com 10-MDP) obteve os maiores valores na força de adesão antes e após o protocolo de envelhecimento artificial. Este resultado é bastante surpreendente, dado que se trata de um grupo sem qualquer tipo de pré-tratamento de superfície químico com 10-MDP.

Não obstante, é importante sublinhar que apesar de ter os maiores valores de força adesiva em termos numéricos, os grupos experimentais onde foram empregues primers com 10-MDP apresentaram maior durabilidade a longo prazo. O motivo pela qual não está descrito na literatura.



**CESPU**  
INSTITUTO UNIVERSITÁRIO  
DE CIÊNCIAS DA SAÚDE

## 6. Conclusão

É possível afirmar que nos estudos experimentais, quando foi efetuado um condicionamento de superfície prévio à adesão, houve um aumento na força coesiva quando o adesivo contém 10-MDP.

Como todos os estudos foram efetuados *in vitro*, o armazenamento em água num período compreendido entre 30 dias a 6 meses e o processo de termociclagem tiveram como consequência uma diminuição dos valores de força de adesão significativa na maioria dos estudos experimentais após esse intervalo.

No entanto, a heterogeneidade da metodologia com que os estudos experimentais são elaborados, não permite uma correlação de dados de forma coerente.



**CESPU**  
INSTITUTO UNIVERSITÁRIO  
DE CIÊNCIAS DA SAÚDE

## Bibliografia:

- 1) Perdigão, J, Araujo, E, Ramos, RQ, Gomes, G, Pizzolotto, L. Adhesive dentistry: Current concepts and clinical considerations. *J Esthet Restor Dent.* 2021; 33: 51– 68. <https://doi.org/10.1111/jerd.12692>
- 2) Carrilho, E.; Cardoso, M.; Marques Ferreira, M.; Marto, C.M.; Paula, A.; Coelho, A.S. 10-MDP Based Dental Adhesives: Adhesive Interface Characterization and Adhesive Stability—A Systematic Review. *Materials* 2019, 12, 790. <https://doi.org/10.3390/ma12050790>
- 3) Özcan, M., Volpato, C.A.M. Adhesion to Zirconium Dioxide Used for Dental Reconstructions: Surface Conditioning Concepts, Challenges, and Future Prospects. *Curr Oral Health Rep* 2, 190–194 (2015). <https://doi.org/10.1007/s40496-015-0071-x>
- 4) Comino-Garayoa, R.; Peláez, J.; Tobar, C.; Rodríguez, V.; Suárez, M.J. Adhesion to Zirconia: A Systematic Review of Surface Pretreatments and Resin Cements. *Materials* 2021, 14, 2751. <https://doi.org/10.3390/ma14112751>
- 5) Chatterjee N, Ghosh A. Current scenario on adhesion to zirconia; surface pretreatments and resin cements: A systematic review. *J Indian Prosthodont Soc* 2022;22:13-20
- 6) Scaminaci Russo, D.; Cinelli, F.; Sarti, C.; Giachetti, L. Adhesion to Zirconia: A Systematic Review of Current Conditioning Methods and Bonding Materials. *Dent. J.* 2019, 7, 74. <https://doi.org/10.3390/dj7030074>
- 7) EJ Go, Y Shin, JW Park; Evaluation of the Microshear Bond Strength of MDP-containing and Non-MDP-containing Self-adhesive Resin Cement on Zirconia Restoration. *Oper Dent* 1 July 2019; 44 (4): 379–385. doi: <https://doi.org/10.2341/18-132-L>
- 8) de Souza G, Hennig D, Aggarwal A, Tam LE. The use of MDP-based materials for bonding to zirconia. *J Prosthet Dent.* 2014 Oct;112(4):895-902. doi: 10.1016/j.prosdent.2014.01.016. Epub 2014 Apr 22. PMID: 24767903.
- 9) Yang L, Chen B, Xie H, Chen Y, Chen Y, Chen C. Durability of Resin Bonding to Zirconia Using Products Containing 10-Methacryloyloxydecyl Dihydrogen Phosphate. *J Adhes Dent.* 2018;20(4):279-287. doi: 10.3290/j.jad.a40989. PMID: 30206570.
- 10) Xiong Y, Zhao P, Jin C, Wang J, Arola D, Gao S. Effect of Airborne-Particle Abrasion Protocols and MDP-based Primer on the Bond Strength of Highly Translucent

Zirconia. *J Adhes Dent.* 2021 Oct 1;23(5):437-446. doi: 10.3290/j.jad.b2000249. PMID: 34549927.

- 11) Inokoshi M, Poitevin A, De Munck J, Minakuchi S, Van Meerbeek B. Bonding effectiveness to different chemically pre-treated dental zirconia. *Clin Oral Investig.* 2014 Sep;18(7):1803-12. doi: 10.1007/s00784-013-1152-7. Epub 2013 Nov 27. PMID: 24281895.
- 12) Salem RST, Ozkurt-Kayahan Z, Kazazoglu E. In Vitro Evaluation of Shear Bond Strength of Three Primer/Resin Cement Systems to Monolithic Zirconia. *Int J Prosthodont.* 2019 Nov/Dec;32(6):519-525. doi: 10.11607/ijp.6258. PMID: 31664268.
- 13) Silva LH, Costa AK, Queiroz JR, Bottino MA, Valandro LF. Ceramic primer heat-treatment effect on resin cement/Y-TZP bond strength. *Oper Dent.* 2012 Nov-Dec;37(6):634-40. doi: 10.2341/11-374-L. Epub 2012 May 22. PMID: 22621166.
- 14) Yoshida K. Effect of 10-Methacryloyloxydecyl Dihydrogen Phosphate Concentrations in Primers on Bonding Resin Cements to Zirconia. *J Prosthodont.* 2021 Apr;30(4):356-362. doi: 10.1111/jopr.13255. Epub 2020 Sep 16. PMID: 32896068.
- 15) Chen B, Lu Z, Meng H, Chen Y, Yang L, Zhang H, Xie H, Chen C. Effectiveness of pre-silanization in improving bond performance of universal adhesives or self-adhesive resin cements to silica-based ceramics: Chemical and in vitro evidences. *Dent Mater.* 2019 Apr;35(4):543-553. doi: 10.1016/j.dental.2019.01.010. Epub 2019 Jan 31. PMID: 30711270.
- 16) Saker S, Hashem D. Influence of Surface Modification Protocol and Type of Luting Cement on Bonding of Monolithic Zirconia to Dentin Substrate. *J Contemp Dent Pract.* 2020 Dec 1;21(12):1342-1349. PMID: 33893256.
- 17) Zhao L, Jian YT, Wang XD, Zhao K. Bond strength of primer/cement systems to zirconia subjected to artificial aging. *J Prosthet Dent.* 2016 Nov;116(5):790-796. doi: 10.1016/j.prosdent.2016.03.020. Epub 2016 Jun 14. PMID: 27312655.