

**Tratamento da superfície de zircônia para cimentação: uma revisão da literatura**

**Zirconia surface treatment for cementation: a literature review**

DOI:10.34117/bjdv6n11-165

Recebimento dos originais:05/10/2020

Aceitação para publicação:10/11/2020

**Jéssyca Maria França de Oliveira Melo**

MSc

Doutoranda em Clínica Integrada pela Universidade Federal de Pernambuco

Instituição: Universidade Federal de Pernambuco

Endereço: Pós-graduação em Odontologia UFPE - Av. Prof. Moraes Rego, 1235, Cidade

Universitária - Recife-PE. CEP: 52670-901-Brasil

E-mail: jessyca.fran@hotmail.com

**Bruna de Carvalho Farias Vajgel**

DDS, MSc

Doutora em Odontologia pela Universidade Federal de Pernambuco

Instituição: Universidade Federal de Pernambuco

Endereço: Pós-graduação em Odontologia UFPE - Av. Prof. Moraes Rego, 1235, Cidade

Universitária - Recife-PE. CEP: 52670-901-Brasil

E-mail: bruna.farias@ufpe.br

**Cátia Maria Fonseca Guerra**

DDS, MSc

Professora Associado 4 do Curso de Odontologia da Universidade Federal de Pernambuco

Instituição: Universidade Federal de Pernambuco

Endereço: Pós-graduação em Odontologia UFPE - Av. Prof. Moraes Rego, 1235, Cidade

Universitária - Recife-PE. CEP: 52670-901-Brasil

E-mail: catiamfguerra@gmail.com

**Ellen Cristine de Carvalho Siqueira**

Cirurgiã-Dentista pela Universidade Federal de Pernambuco

Instituição: Universidade Federal de Pernambuco

Endereço: Pós-graduação em Odontologia UFPE – Av. Prof. Moraes Rego, 1235, Cidade

Universitária – Recife-PE. CEP: 52670-901-Brasil

E-mail: ellencsiqueira@hotmail.com

**Raquel Couto Galindo**

Especialista em Prótese Dentária pelo Instituto Tavares Vieira

Instituição: Universidade Federal de Pernambuco

Endereço: Pós-graduação em Odontologia UFPE – Av. Prof. Moraes Rego, 1235, Cidade

Universitária – Recife-PE. CEP: 52670-901-Brasil

E-mail: raquel.cgalindo@gmail.com

**RESUMO**

As cerâmicas de zircônia tetragonal policristalina estabilizada por ítrio (Y-TZP) apresentam propriedades mecânicas como alta resistência e tenacidade à fratura superiores às das demais cerâmicas odontológicas. Entretanto, o aumento do conteúdo cristalino modificou suas características de adesão a cimentos resinosos, tornando necessário o desenvolvimento de métodos mais efetivos de união a estes materiais. Estudos têm sugerido técnicas de cimentação específicas para cerâmicas Y-TZP que incluem métodos de tratamento da superfície para alcançar uma condição satisfatória de adesão da zircônia aos cimentos resinosos. O presente trabalho traz uma revisão da literatura acerca das diferentes técnicas de tratamento de superfície de coroas protéticas de cerâmicas de zircônia tetragonal policristalina estabilizada por ítrio (Y-TZP). As pesquisas mostram que ainda não há um protocolo definido de cimentação, contudo os resultados apontam para uma associação de métodos para que a união adesiva seja obtida e que a silicatização e o jateamento com óxido de alumina foram os métodos mais investigados apresentando bons resultados quando associados com um agente químico de união.

**Palavras-chave:** zirconia, tratamento de superfície, coroa metal free, cimentação.

**ABSTRACT**

The yttrium-stabilized polycrystalline tetragonal zirconia (Y-TZP) ceramics present mechanical properties such as high strength and fracture toughness higher to those of other dental ceramics. However, the increased crystalline content modified its adhesion characteristics to resin cements, making it necessary to develop more effective methods of bonding to these materials. Studies have suggested specific cementing techniques for Y-TZP ceramics that include surface treatment methods to achieve a satisfactory condition of zirconia adhesion to resinous materials. The present work presents a literature review about the different techniques of surface treatment of prosthetic crowns of yttrium-stabilized polycrystalline tetragonal zirconia (Y-TZP) ceramics. The researches show that there is not yet a defined cementation protocol, however the results point to an association of methods for the adhesive bonding to be obtained and that silicization and sandblasting with alumina oxide were the most investigated methods presenting good results when associated with a chemical bonding agent.

**keywords:** zirconia, surface treatment, free metal crown, cementation

**1 INTRODUÇÃO**

O aumento da demanda estética por tratamentos protéticos levou ao desenvolvimento de materiais cerâmicos de alta resistência (1). Devido às suas propriedades mecânicas e estéticas com eficiência comprovada na área industrial, o óxido de zircônio tem emergido na indústria odontológica (2).

A zircônia é um material muito interessante por sua estabilidade térmica, suas propriedades mecânicas e suas propriedades superficiais básicas, ácidas, redutoras e oxidantes. Essas propriedades dependem da microestrutura e das fases cristalinas, que são função da distribuição do tamanho da partícula primária, do grau de aglomeração e da remoção de defeitos durante o processamento (3). Apesar de apresentar desempenho mecânico superior, uma das principais limitações das cerâmicas à base de zircônia está relacionada à sua cimentação as estruturas dentárias (4).

A zircônia apresenta como propriedades principais: altos valores de resistência; tenacidade de fratura e dureza; resistência ao desgaste e bom comportamento à fricção; isolamento elétrico; baixa condutividade térmica; resistência à corrosão frente à maioria dos ácidos e alcalóides; módulo de elasticidade semelhante ao do aço; e coeficiente de expansão térmica semelhante ao ferro. Além disso, o tamanho pequeno dos seus cristais possibilita um excelente acabamento de superfície (5).

Paralelo ao desenvolvimento das cerâmicas odontológicas, os agentes cimentantes foram desenvolvidos para obter longa duração e retenção de restaurações indiretas e de núcleos na cavidade oral. Para a cimentação é necessário um adequado tratamento nas superfícies do substrato dental e na superfície da restauração, que também dependerá das características do sistema cerâmico somado às peculiaridades do agente cimentante (6).

Em relação à cimentação as cerâmicas com elevado conteúdo cristalino e matriz vítrea limitada (abaixo de 1%), como é o caso das zircônias, o condicionamento com ácido fluorídrico não é eficaz na criação de microrretenções (7). O uso de cimento resinoso é preferido, pois proporciona melhor vedação marginal, enquanto aumenta a retenção e a resistência a fratura das restaurações. Adesão de cimentos resinosos à restaurações de zircônia tem se mostrado difícil, uma vez que a composição de zircônio não possui a fase de vidro. Sendo, portanto, propostas várias técnicas para melhorar a adesão entre restaurações de zircônia e cimento resinoso, incluindo jateamento, laser, revestimento de sílica entre outros (8).

Idealmente as restaurações cerâmicas devem ser cimentadas por meio de cimentos resinosos, pois são capazes de proporcionar elevada retenção, melhora a adaptação marginal, evita a microinfiltração, fornece resistência à fratura do dente e da restauração, e melhora a longevidade da cerâmica. Além disso, a cimentação adesiva oferece a vantagem de selar pequenas falhas na superfície interna criadas por corrosão ou jateamento de partículas, reforçando significativamente o material cerâmico (4).

Este tipo de cerâmica ácido-resistente tem como indicação principal coroas unitárias anteriores e posteriores e próteses fixas até 3 elementos anteriores e posteriores devido às suas características de alta resistência flexural (9).

A literatura coloca que o ideal para obter maiores chances de sucesso das restaurações indiretas, é que haja, na interface cimento/material restaurador, retenção micromecânica (imbricação) e adesão (reações químicas estabelecidas entre ambos os materiais). Além disto, as zircônias apresentam reduzidos molhamentos e energia de superfície. Por tanto, tratamentos devem ser investigados para promover os dois mecanismos de união (10).

Na tentativa de aumentar a retenção mecânica entre o cimento e a zircônia, vários tratamentos são sugeridos na literatura. Dessa maneira o objetivo deste estudo foi realizar uma revisão de literatura a respeito do tratamento de superfície e obviamente a seleção adequada do agente de cimentação.

## **2 METODOLOGIA**

A busca eletrônica dos artigos foi realizada nas bases de dados BIREME, PUBMED, LILACS e SCIELO com base nos seguintes descritores: “zircônia”, “tratamento de superfície”, “coroa metal free” e “cimentação”. Os descritores foram pesquisados nos títulos, palavras-chave e resumos dos artigos. A pesquisa incluiu trabalhos que avaliam métodos de tratamento para otimizar a união à cerâmica de zircônia policristalina tetragonal estabilizada por ítrio, foram eles: jateamento com óxido de alumínio, utilização de cimentos contendo monômeros fosfatados, silicatização e silanização, primers, infiltração seletiva (SIE), uso de lasers, brocas diamantadas e plasma não térmico. A amostra final foi composta por 32 artigos publicados entre 1999 a 2019.

## **3 REVISÃO DA LITERATURA**

Em uma abordagem experimental Kern e Wegner (11) avaliou métodos alternativos de união à cerâmica de zircônia parcialmente estabilizada por ítrio. O estudo também analisou a durabilidade adesiva de longo prazo, testada através de armazenamento em água e termociclagem das amostras. Os resultados do estudo mostraram que uma adesão estável só foi conseguida através da aplicação de jateamento com óxido de alumínio de 100µm e da utilização de cimentos contendo monômeros fosfatados. A silicatização seguida de silanização e aplicação de cimento resinoso à base de bisfenol glicidil metacrilato (Bis-GMA), conquistaram altos valores iniciais de resistência de união, mas os espécimes não se mantiveram hidroliticamente estáveis.

A zircônia se apresenta em três formas: monoclinica, estável até cerca de 1170 °C; tetragonal de 1170°C até 2370°C; e cúbica de 2379°C até a temperatura de fusão (2680°C), sendo cada uma estável em determinada faixa de temperatura. Os grãos tetragonais da zircônia, que são estáveis em temperaturas elevadas, podem ser mantidos assim a temperatura ambiente através da adição de óxidos metálicos. O óxido de ítrio ( $Y_2O_3$ ) é um dos estabilizantes mais utilizados nesse tipo de cerâmica. A cerâmica formada dessa adição é chamada de zircônia policristalina tetragonal estabilizada por ítrio (Y-TZP). A Y-TZP é uma cerâmica que tem interesse especial por sua propriedade de tenacificação por transformação, fazendo com que quando tensões de tração são aplicadas nas bordas de trincas induzam a uma transformação da fase tetragonal para monoclinica. Essa transformação é associada a

um aumento local de 3-5% em volume, o que resulta em tensões compressivas localizadas ao redor e nas bordas da trinca, atuando contra as tensões de tração que levam à fratura (2).

Piowarczyk e Lauer (12) avaliaram o efeito do armazenamento em água sobre a resistência à flexão e a corrosão de 12 cimentos, dentre eles cimentos de fosfato de zinco, de ionômero de vidro, de ionômero de vidro modificado por resina, cimentos resinosos e autoadesivos. Concluíram que cimentos resinosos apresentam maior resistência flexural e compressiva sendo seguido pelos cimentos autoadesivos, de ionômero de vidro modificado por resina, ionômero de vidro e fosfato de zinco. Um cimento resistente distribui melhor as tensões, tem uma menor probabilidade de falha e grande possibilidade de atingir o sucesso clínico.

Ozcan e Vallittu (13) estudaram a influência de três diferentes tratamentos de superfície (condicionamento com ácido fluorídrico, jateamento com óxido de alumínio 110 $\mu$ m e tratamento triboquímico – jateamento com partículas de sílica 110 $\mu$ m – Sistema Rocatec), em diferentes tipos de cerâmica: reforçada por leucita, zircônia infiltrada por vidro, dissilicato de lítio, alumina infiltrada por vidro, alumina a 99,9% e alumina experimental (99,7%), sobre a resistência de união de um cimento resinoso à base de bisfenol glicidil metacrilato – Bis-GMA. As amostras foram submetidas ao teste de cisalhamento. Observaram que o ácido fluorídrico foi capaz de criar rugosidades e microrretenções nas cerâmicas reforçadas por leucita e de dissilicato de lítio, mas foi sem efetividade nas cerâmicas à base de alumina e zircônia. O condicionamento age dissolvendo a fase vítrea das cerâmicas, facilitando a penetração do cimento resinoso através das microrretenções. Concluíram que, o tratamento triboquímico aumenta o conteúdo de sílica em cerâmicas com elevado conteúdo cristalino, favorecendo o emprego de um agente silano.

Raigrodski (14) numa pesquisa sobre a evolução e o desenvolvimento de materiais e tecnologias para próteses parciais fixas totalmente cerâmicos aponta que devido ao fenômeno de tenacificação por transformação da zircônia os policristais demonstraram resistência flexural de 900-1.200 MPa e tenacidade de 9-10MPa, valor duas vezes maior do que o da alumina e três vezes maior do que o do dissilicato de lítio.

Derand, Molin e Kvam (15) investigaram se a resistência ao cisalhamento entre a superfície de uma zircônia e um agente cimentante poderia ser aumentada por meio de tratamentos empregados na superfície da cerâmica como a silanização, o spray de plasma e fusão de pérolas vítreas. O grupo controle e o grupo tratado somente com silano apresentaram média de 0,8 e 0,4 MPa, respectivamente. A silanização não melhorou a adesão, ao contrário, diminuiu a resistência. A aplicação de spray de plasma, um gás ionizado por um gerador de alta frequência, aumentou aproximadamente em três vezes

a resistência adesiva quando comparado às superfícies não tratadas (3,5 MPa). A técnica do spray de plasma parece melhorar a força de ligação favorecendo a união química dos óxidos metálicos com primer contendo MDP por meio de ligações covalentes. Entretanto, o método que resultou nos maiores valores, estatisticamente diferente dos demais, foi a fusão de pérolas vítreas com média de 11,3 MPa. A fusão de pérolas vítreas utiliza micropérolas vítreas de baixa fusão (720°C) - 5µm onde o pó é agitado numa quantidade excessiva de água e imediatamente pincelado na superfície cerâmica e após utiliza-se um silano.

Amaral *et al.* (16) avaliaram três jateamentos como tratamento superficial de zircônia, sendo um à base de óxido de alumínio com partículas de 110µm e os outros dois com partículas revestidas por sílica com dimensões diferentes: 110µm e 30µm. Após o tratamento de superfície, todas as amostras foram silanizadas e cimentadas em blocos de resina utilizando um cimento resinoso contendo monômero fosfatado 10-metacriloxidecil di-hidrogênio fosfato (MDP). Concluiu-se que ambos os sistemas de silicatização foram superiores ao de óxido de alumínio, não havendo diferença estatisticamente significativa entre as dimensões das partículas utilizadas.

Aboushelib, Kleverlaan e Feilzer (17) avaliaram a resistência de união por meio da microtração de uma cerâmica de zircônia policristalina tetragonal estabilizada por ítrio (Y-TZP) submetida à maturação térmica e à asperização (infiltração) seletiva da superfície. O grupo que foi tratado com infiltração seletiva obteve o maior valor de resistência adesiva. Concluíram que a infiltração seletiva da superfície é um método confiável por ter estabelecido uma união resistente. A infiltração seletiva (SIE) utiliza um processo de maturação por indução de calor na zircônia, para permitir a infiltração de vidro fundido na superfície. O vidro é removido utilizando condicionamento com ácido hidrófluorídrico (HF), criando porosidades, que permitem um entrelaçamento micromecânico do cimento resinoso. A vantagem da SIE é que envolve apenas os grãos que foram expostos na camada de vidro fundido, admitindo um controle da área a ser condicionada.

Tanaka *et al.* (18) realizaram estudo avaliando a eficácia do tratamento triboquímico (jateamento com partículas de sílica) do substrato cerâmico de zircônia, comparando com o tratamento de superfície através de jateamento com óxido de alumínio de 30µm. Investigou-se, também, a eficácia da aplicação da associação de agente de união silânico Espe-Sil (3M/ESPE) e monômero fosfatado 10-metacriloxidecil di-hidrogênio fosfato – MDP à cerâmica silicatizada, antes e após o envelhecimento artificial. Entretanto, os dados de resistência ao cisalhamento para o grupo que foi silicatizado e recebeu silano e *primer* com monômero fosfatado MDP foi significativamente superior aos demais grupos e não decresceu após envelhecimento artificial, demonstrando ser hidrotermicamente mais estável. A

aplicação do monômero fosfatado MDP em associação com o agente silano sobre a superfície revestida por sílica foi considerado um método promissor para a cimentação das restaurações cerâmicas de zircônia.

Cavalcanti (19) avaliou o efeito de diferentes intensidades de energia do laser de erbio dopado yttrium aluminium garnet – Er:YAG (200mJ, 400mJ ou 600mJ) e do jateamento com partículas de óxido de alumínio -  $Al_2O_3$  na rugosidade superficial e nas características morfológicas de cerâmicas de zircônia policristalina tetragonal estabilizada com ítrio (Y-TZP). Também investigou a influência de diferentes tratamentos de superfície e *primers* para metal (nenhum, Alloy Primer, Metal Primer II ou Metaltite) na resistência de união de dois cimentos resinosos (Panavia F 2.0 ou Calibra) a cerâmica Y-TZP. Os resultados demonstraram que a irradiação com laser nas intensidades de 400mJ e 600mJ promoveu aumento acentuado da rugosidade superficial, além da formação de fendas, perda de massa e alteração de cor. A irradiação com 200mJ de intensidade e o jateamento com partículas de  $Al_2O_3$  resultaram em alterações superficiais menos agressivas que as altas intensidades do laser. O jateamento com partículas de  $Al_2O_3$  resultou em maior resistência de união para ambos os cimentos resinosos. Os dois cimentos demonstraram comportamento semelhante nos grupos sem tratamento de superfície. Os três *primers* para metal apresentaram resultados semelhantes entre si, independentemente do tratamento da superfície e do cimento resinoso, e a resistência de união da interface cerâmica/dente aumentou com a sua utilização. Concluiu que, apesar da irradiação com 200mJ de intensidade promover alterações superficiais na cerâmica zircônia policristalina tetragonal estabilizada por ítrio (Y-TZP), apenas associação do jateamento com partículas de  $Al_2O_3$  com a aplicação de *primers* para metal constitui numa técnica efetiva para união de cimentos resinosos a estas cerâmicas.

Kern, Barloi e Yang (20) avaliando a influência dos diferentes tratamentos de superfície, em cerâmicas de zircônia, utilizaram o jateamento e *primers* cerâmicos para verificar a resistência adesiva em longo prazo, através do teste de tração. Todos os espécimes sem o jateamento e sem o uso dos *primers* tiveram falhas pré-teste. Já os grupos sem o jateamento e com utilização dos *primers* tiveram uma melhora nos valores adesivos iniciais (8,1MPa, 17,7MPa, 24,1Mpa, respectivamente). Todavia, após a termociclagem, sofreram falha pré-teste e resistência adesiva reduzida a 0 MPa. Para a utilização de um cimento resinoso, sem monômeros fosfatados, é fundamental o uso do jateamento em conjunto com os *primers* cerâmicos, obtendo-se assim uma adesão duradoura às cerâmicas de zircônia e, para minimizar falhas de superfície, pode-se utilizar uma menor pressão durante o jateamento.

Zhang, Masumi e Song (21) investigaram a resistência ao cisalhamento entre a zircônia e os cimentos de ionômero de vidro modificados por resina. As falhas de adesão dos cimentos de ionômero

de vidro foram na grande maioria adesivas entre o cimento e a zircônia. Este tipo de cimento não ofereceu uma união estável à zircônia abrasionada após termociclagem. Concluíram que não existe ligação química durável ou ligação mecânica com a zircônia.

Segundo Yang, Barloi e Kern (22) o jateamento pode comprometer a resistência mecânica das restaurações, por isto os autores avaliaram a influência da redução da pressão do ar durante o processo de jateamento. Os grupos foram divididos de acordo com o método de tratamento de superfície (1- sem jateamento, 2- jateamento com 0,05 MPa e 3- jateamento com 0,25 MPa) e diferentes tipos de *primers* (sem aplicação, Metal/Zirconia Primer, Alloy Primer e Clearfil Ceramic Primer). É possível uma união durável às cerâmicas de zircônia quando utilizados cimentos resinosos contendo monômero fosfatado 10-metacriloxidecil di-hidrogênio fosfato (MDP), jateamento com pressão regular de 0,25 MPa ou a combinação de baixa pressão 0,05 MPa com *primers* contendo MDP. Sem o jateamento não foi observada união estável a zircônia, independente do uso de um *primer*.

Yun *et al.* (23) estudaram a influência do jateamento e de *primers* metálicos na resistência ao cisalhamento de três diferentes cimentos resinosos (dupla polimerização: Panavia F 2.0 – Kuraray; polimerização química: Superbond C&B - Sun Medical; autoadesivo: M Bond – Tokuyama Dental Corp) para uma zircônia policristalina tetragonal estabilizada por ítrio (Y-TZP). Os *primers* utilizados foram produzidos e recomendados pelos mesmos fabricantes para cada cimento resinoso. Concluíram que o tratamento da superfície somente com *primers* metálicos pode não garantir união durável da zircônia à cimentos resinosos e que o jateamento associado a *primers* foi eficaz para os três cimentos testados, especialmente para Panavia F 2.0. Assim, consideram necessário o desenvolvimento de um *primer* específico para zircônia, ao invés da utilização de *primers* metálicos e cerâmicos existentes.

Magne, Paranhos e Burnett (24) testaram o efeito de um novo *primer* experimental, uma mistura de monômeros de ácido carboxílico e organofosfatos (Z-Primer Plus) na resistência adesiva da zircônia. As amostras de zircônia foram jateadas com partículas de óxido de alumínio 50µm e divididos em oito grupos (n=5), de acordo com *primer* e o sistema de cimentação. Os sistemas de cimentação (BisCem - Bisco Inc., Duo-Link Bico Inc., Panavia F 2.0 – Kuraray) foram aplicados em superfícies sem tratamento e tratadas com a zircônia primer (Z-Plus – Bisco Inc.). O Zircônia Primer Plus foi testado em cilindros de resina composta (Z-100 - 3M ESPE) e em um outro grupo foi aplicado outro *primer* (Clearfil Ceramic Primer) utilizando o Panavia F 2.0 como cimento. As amostras foram armazenadas por 24h e submetidas ao ensaio de cisalhamento. Observaram que os grupos que utilizaram o Z-Primer Plus apresentaram os maiores valores de união. Quando utilizaram o Panavia F 2.0 com o Clearfil Ceramic Primer os valores foram baixos, similares aos grupos sem aplicação de *primer*, indicando que,



quando o agente de cimentação apresenta o monômero fosfatado 10-metacriloxidecil di-hidrogênio fosfato (MDP) em sua composição, pode não ser necessário utilizar um *primer* que o contenha.

Moon *et al.* (25) estudaram o efeito da ordem de preparação na estrutura da zircônia tetragonal policristalina estabilizada por ítrio (Y-TZP) – através do jateamento com partículas de óxido de alumínio antes e depois da sinterização - e sua resistência de união a cimentos dentários (Clearfil SA luting cement, Zirconite, Superbond C&B, Rely-X Unicem, e Multilink). O jateamento da zircônia aumenta significativamente os valores de resistência ao cisalhamento dos cimentos resinosos, mas a ordem de preparação (jateamento antes e após sinterização) não teve influência significativa na resistência ao cisalhamento em ambos os grupos. O grupo que foi jateado antes da sinterização apresentou menos estruturas monoclinicas do que o grupo que foi jateado após sinterização.

Casucci *et al.* (26) pesquisaram o efeito de uma solução experimental *hot chemical etching* composta por HCl (Ácido Clorídrico) e  $Fe_2Cl_3$  (Cloreto Férrico) em metanol (previamente usada para condicionamento de metal e ligas) como método de tratamento de superfície da zircônia. Compararam os valores de união desta nova solução com os seguintes tratamentos: condicionamento e infiltração seletiva, jateamento com partículas de óxido de alumínio 125 $\mu$ m, e um grupo sem nenhum tipo de tratamento. Os espécimes foram cimentados com o cimento resinoso Calibra em combinação com seu sistema adesivo. Após 24h os corpos de prova foram levados ao teste de microtração. Os valores de adesão alcançados depois do uso do condicionamento e infiltração seletiva e a nova solução foram significativamente maiores que o grupo do jateamento e o grupo sem tratamento.

Piasek, Wolter e Stoner (27) avaliaram uma nova técnica de pré-tratamento da superfície de zircônia, no qual esta superfície é convertida em oxifluoreto de zircônia tornando-se mais reativa, permitindo a ligação química melhorada com substratos dentais. Os espécimes de zircônia, polida e rugosa, foram tratadas e cimentadas com RelyX Unicem utilizando técnicas convencionais. Os corpos de prova foram levados ao teste de cisalhamento e os resultados mostraram que o pré-tratamento com fluoração é um método viável para produzir uma superfície mais reativa para colagem adesiva. Investigações ainda estão em andamento para avaliar a durabilidade desta ligação química.

Lung *et al.* (28) compararam 3 novos agentes de ligação: 2-hidroxietil metacrilato, ácido itacônico e ácido oleico para 2 agentes de ligação silano, o Sil Silane (3M-ESPE), e 3-acriloxipropiltrimetoxisilano (3-ACPS) na durabilidade adesiva do compósito resinoso para a zircônia. Os valores da resistência adesiva ao cisalhamento para todos agentes de ligação após estocagem em água e termociclagem excederam o valor de resistência ao cisalhamento mínima de 5 MPa estabelecido pela ISO. O agente de ligação do silano 3-ACPS mostrou a força de união mais elevada.

Amaral *et al.* (29) investigaram o potencial adesivo de *primers* (Z Prime Plus e AZ Primer) e adesivos universais a substratos de zircônia com superfícies tratadas (jateamento com partículas de óxido de alumínio –  $\text{Al}_2\text{O}_3$  35 $\mu\text{m}$  e jateamento com partículas de sílica 30 $\mu\text{m}$ ). Os adesivos universais Monobond Plus (MP); ScotchBond Universal (SU) e um adesivo experimental 10-MDP monômero/etanol/água/metacrilatos UDMA-TEGDMA (EA) podem ser alternativa considerável para cimentação de zircônia, mas a abrasão a ar prévia é requerida. Os *primers* apresentaram melhores adesividade após abrasão com partículas de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  35 $\mu\text{m}$ . A abrasão com partículas de sílica 30 $\mu\text{m}$  e aplicação do silano apresentou maior valor de resistência adesiva.

Yi *et al.* (30) avaliaram o efeito do tratamento com *primers* (Z-Prime Plus, Monobond, ESPE Sil), jateamento com óxido de alumina 50 $\mu\text{m}$  e revestimento com sílica 30 $\mu\text{m}$  para melhorar a resistência de união ao cisalhamento entre a cerâmica de zircônia tetragonal policristalina contendo ítrio (Y-TZP) e o cimento resinoso autoadesivo. Concluíram que o jateamento com óxido de alumina combinado com o Z-Prime Plus produziu a maior adesão seguido pelo jateamento com óxido de alumina, jateamento com óxido de alumina associado ao Monobond, e o revestimento com sílica associado ao ESPE Sil e ao Z-Prime Plus.

Tanis e Akçaboy (31) avaliaram os efeitos de diferentes tratamentos de superfície da zircônia e do monômero 10-metacriloxidecil di-hidrogênio fosfato (MDP) sobre a resistência de cisalhamento entre zircônia e cimento resinoso (Variolink II e Panavia F 2.0). Os tratamentos foram da seguinte forma: jateamento (óxido de alumina 50 $\mu\text{m}$ ), jateamento (óxido de alumina 50 $\mu\text{m}$ ) + revestimento triboquímico (jateamento com partículas de sílica 30 $\mu\text{m}$ ) + silano (Monobond S), jateamento (óxido de alumina 50 $\mu\text{m}$ ) + laser *neodymium doped yttrium aluminium garnet* (Nd: YAG) 100mJ. Os espécimes em cada grupo foram ligados quer com cimento resinoso convencional Variolink II quer com um cimento resinoso Panavia F 2.0 contendo MDP. Concluíram que o tratamento triboquímico é um método eficaz para alcançar uma ligação aceitável entre zircônia e cimento resinoso. A utilização de um cimento resinoso contendo MDP foi capaz de aumentar a resistência de união de zircônia jateada.

Monteiro (32), em seu estudo, avaliou a deposição química na fase de vapor assistido por plasma (PECVD) com hidreto de silício na zircônia em diferentes tempos, bem como os seus efeitos nas características superficiais do material e na união ao cimento resinoso antes e após a termociclagem. Assim, blocos de zircônia foram polidos, sinterizados e divididos em 5 grupos, de acordo com o tempo de PECVD: Zr-30 (30s), Zr-60 (60s), Zr-120 (120s) e Zr-300 (300s) e o silano Monobond N foi aplicado nas superfícies. Metade dos espécimes de cada grupo foi armazenada por 24 h ou submetida à termociclagem. Concluiu-se que houve formação de ligações Si-O, o que contribuiu para o aumento

da Energia Livre de Superfície. Além disso, o silício penetrou na microestrutura, causando maior concentração de tensão e a resistência de união ao cimento resinoso foi melhorada após todos os tempos de deposição da PECVD.

Mendonça, Negreiros e Giannini (33) avaliaram o efeito do jateamento de óxido de alumínio, aplicação de plasma de argônio e sua combinação na resistência ao cisalhamento do cimento resinoso dual (Panavia F 2.0, Kuraray Noritake) a duas cerâmicas à base de zircônia (Lava, 3M ESPE e Katana, Kuraray Noritake). Os autores concluíram que, em geral, apenas o jateamento de óxido de alumínio e este combinado à aplicação de plasma de argônio apresentaram a maior resistência ao cisalhamento. Ademais, após um ano de armazenamento, a resistência ao cisalhamento do cimento resinoso para a zircônia Katana não reduziu, independentemente do tratamento da superfície.

Silva *et al.* (1) testaram a utilização de plasma não-térmico e confirmaram o aumento da energia de superfície e molhabilidade dos substratos melhorando a adesão da superfície tratada aos cimentos resinosos. Uma importante vantagem desta técnica é o fato de que ela não remove a estrutura do material e não deposita uma película na superfície de cimentação; portanto, a adaptação da coroa de zircônia não é comprometida.

#### **4 DISCUSSÃO**

Os sistemas cerâmicos a base de zircônia se destacam por apresentar estabilidade superior na infraestrutura e exibe a combinação de elevada resistência flexural, de 900 a 1200 MPa devido ao seu mecanismo de transformação de fase que obstrui a propagação de trincas, e elevada tenacidade à fratura possibilitando indicá-la para reabilitações protéticas extensas, convencionais e implanto-suportadas (2, 14, 23, 31).

A zircônia pura apresenta três fases: monoclinica, estável até cerca de 1170°C; tetragonal, estável entre 1170 e 2370°C; e a fase cúbica de 2370°C até a temperatura de fusão (2680°C). No resfriamento, a fase tetragonal transforma-se na fase monoclinica acompanhada por uma variação de volume (3 a 5%), que é suficiente para fraturar um corpo sinterizado. Assim, corpos sinterizados de cerâmicas de zircônia são produzidos com aditivos que estabilizam as fases de alta temperatura (tetragonal e cúbica). Os principais tipos de cerâmicas de zircônia são: zircônia tetragonal policristalina (TZP), zircônia totalmente estabilizada (FSZ, geralmente fase cúbica) e zircônia parcialmente estabilizada (PSZ), que pode conter duas ou três fases polimórficas. Consegue-se estabilizar as fases da zircônia através da adição de óxidos estabilizantes. Os mais comumente utilizados são os óxidos de Yttrium ( $Y_2O_3$ ) e o de Cerium ( $CeO_2$ ). O óxido de ítrio ( $Y_2O_3$ ) é um dos estabilizantes mais utilizados nesse tipo de cerâmica. Quando adicionado (de 3 a 6%) à zircônia pura, ele tem a função de estabilizá-

la em temperatura ambiente na fase tetragonal, permitindo que este material seja passível de utilização, gerando assim um material cristalino de elevada resistência mecânica (2, 5, 30, 31).

O procedimento de cimentação é importante para a longevidade da união zircônia/dente. Os cimentos resinosos apresentam maior resistência à flexão quando comparados aos outros tipos de cimentos, visam a melhor distribuição das tensões e menor probabilidade de falha. O uso de cimentos resinosos deve ser do tipo dual ou químico, pois a infraestrutura desse tipo de restauração dificulta a passagem de luz, o que contraindica a utilização de cimentos resinosos fotoativados. Outro aspecto que deve ser levado em consideração com relação ainda à cimentação dessas peças protéticas é a incompatibilidade química de sistemas adesivos de frasco único com os cimentos resinosos duais e químicos (12, 31,8).

Grupamentos do éster fosfato presentes em alguns cimentos resinosos e *primers* para metal parecem capazes de se unir a óxidos metálicos, como óxido de alumínio e óxido de zircônio. O monômero 10-metacriloxidecil di-hidrogênio fosfato (MDP) promove união química do cimento resinoso à cerâmica densa de zircônia, capaz de resistir ao armazenamento em água. Já os materiais à base de bisfenol glicidil metacrilato (Bis-GMA) parecem desenvolver uma união fraca e mais sensível a degradação pela água. É possível que os *primers* interajam quimicamente com a superfície cerâmica, melhorando a união com cimentos resinosos (11, 18, 19, 23, 31).

O pré-tratamento de superfície das cerâmicas de zircônia tetragonal policristalina estabilizadas com ítrio (Y-TZP) com jateamento e/ou tratamento com revestimento de sílica, melhoram a resistência ao cisalhamento (11, 13, 29,31). O tratamento de superfície jateamento/abrasão a ar é recomendado para aumentar a retenção micromecânica e durabilidade da ligação cimento/zircônia. No entanto, os efeitos a longo prazo da influência deste procedimento na estabilidade da zircônia ainda não são conhecidos. Microtrincas podem surgir na superfície ou na sub-superfície da zircônia após o tratamento de jateamento, prejudicando a adesão (22, 29).

Diferentes protocolos de jateamento com partículas de óxido de alumínio ( $Al_2O_3$ ) e óxido de sílica ( $SiO_2$ ) têm sido utilizados pois a eficácia deste procedimento depende do tipo e tamanho da partícula. Partículas maiores são mais efetivas, por outro lado podem causar danos estruturais. Ao que tudo indica, é preferível trabalhar com partículas menores e, se necessário, aumentar a pressão como forma de obter maior efetividade, pois grandes impactos na superfície desta cerâmica induzem a sua mudança estrutural, o que pode comprometer sua resistência. Os estudos consultados usaram partículas de óxido de alumínio ( $Al_2O_3$ ) de 30, 35, 50, 100 e 125 $\mu m$  e partículas de óxido de sílica ( $SiO_2$ ) com 30 e 110 $\mu m$ . A pressão usada no jateamento também é importante, pois se constatou um aumento da força

adesiva combinando a pressão de 0,05 Mpa com *primers* contendo 10-metacriloxidecil di-hidrogênio fosfato (MDP) ou mantendo-se a pressão regular de 0,25 Mpa utilizando cimentos resinosos contendo MDP. Foi constatado que a rugosidade fornecida pelo jateamento ou silicatização são semelhantes quando se utiliza partículas de mesmo tamanho e pressão de jateamento igual (20, 22, 26).

As pesquisas que utilizaram corpos de prova jateados com óxido de alumínio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) independentemente do tamanho das partículas e da pressão utilizada, foram danificados pelo jateamento, uma vez que foram observados danos superficiais na cerâmica, na forma de ranhuras e de lascamentos, gerando irregularidades, as quais foram responsáveis pelo aumento da rugosidade da superfície. Já nos grupos jateados com óxido de sílica ( $\text{SiO}_2$ ) não foi possível identificar danos superficiais na cerâmica, mas sim a presença de uma camada irregular de sílica sobre a superfície dos espécimes. Os estudos também mostram que sem jateamento o *primer* não oferece união a zircônia (26).

Yegin (8) investigou os efeitos de dois métodos de tratamento de superfície de zircônia no consultório, incluindo jateamento com partículas de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (50  $\mu\text{m}$ ) e uso de brocas diamantadas (150  $\mu\text{m}$ ) sobre a resistência de união entre zircônia e cimento resinoso. Neste estudo ambos foram eficazes para aumentar a força de ligação entre cimento resinoso e Y-TZP. Brocas de granulção fina aumentaram a força de flexão e confiabilidade da zircônia, porém podem causar defeitos na superfície, o que poderia exceder a profundidade das camadas de compressão da superfície e levar à concentração de estresse.

Estudos mostraram que o jateamento com partículas revestidas por sílica, juntamente com a aplicação de silano e adesivo que contém 10-metacriloxidecil di-hidrogênio fosfato (MDP) aumenta a força adesiva entre a cerâmica de óxido de zircônio e um cimento à base de MDP (5, 11, 16, 18, 29).

Tem-se constatado uma maior efetividade da adesão quando o silano e o adesivo contendo monômero 10-metacriloxidecil di-hidrogênio fosfato (MDP). O silano contribui com o aumento da resistência de união, pois forma uma ligação química com o cimento resinoso por meio de ligações cruzadas com os grupamentos metacrilatos, além de aumentar a energia de superfície e melhorar o molhamento (2, 16).

Determinadas combinações proporcionaram melhora significativa na adesão dos materiais resinosos a zircônia. Os cimentos resinosos modificados contendo 10-metacriloxidecil di-hidrogênio fosfato (MDP) associados à silicatização são indicados como melhor opção para cimentação adesiva da zircônia. A ação de um agente silano que possui MDP, *primers* específicos para metal/zircônia, em conjunto com cimentos modificados (contendo MDP) foram indicados no aumento da adesão. Não só

isso, o acréscimo do jateamento com partículas abrasivas e/ou cobertura triboquímica, seguida da aplicação de *primers* contendo MDP, influenciam positivamente a força de união (8).

O uso de brocas diamantadas foi apontado como uma técnica alternativa para criar rugosidade nas restaurações de zircônia proporcionando efeitos favoráveis na resistência de união dos cimentos resinosos. Contudo, tal método não tem sido extensamente estudado na literatura. Também foi relatado que o uso de brocas causa defeitos na superfície, o que poderia exceder a profundidade das camadas de compressão da superfície e levar à concentração de estresse (8).

O plasma não térmico pode ser um tratamento de superfície alternativo para zircônia pois melhorou a força de ligação e forneceu maior energia superficial sem afetar a rugosidade da superfície (1).

Novos tratamentos de superfície como: condicionamento e infiltração seletiva (SIE); a infiltração seletiva (SIE) associada a uma solução experimental (composta por ácido clorídrico e cloreto férrico em metanol); novo primer universal (Monobond Plus); fluoração e spray de plasma, segundo os estudos, modificaram a morfologia da cerâmica Y-TZP melhorando sua adesão ao cimento resinoso (7, 15, 17, 24, 27).

## 5 CONCLUSÃO

Com base na literatura consultada pode-se concluir que um dos aspectos de comprovação científica relacionados à técnica de cimentação resinosa para cerâmicas de zircônia, é o fato de que o pré-tratamento permite efetivação de união física e/ou química, ao substrato cerâmico. Se não tratada, esta cerâmica se constituirá de um substrato praticamente inerte, com baixa energia de superfície e molhabilidade.

Foi possível constatar que ainda não há um consenso entre os pesquisadores sobre um tratamento de superfície ideal para formação de uma camada de união efetiva com os cimentos resinosos. Encontrou-se diferentes métodos, contudo, a técnica que associa a silicatização da superfície, seguida da aplicação de *primers* contendo o monômero fosfatado *10-methacryloxydecyl dihydrogen phosphate* (MDP) e o uso de cimentos resinosos fosfatados e cimentos autoadesivos, parecem de acordo com a literatura influenciar positivamente na adesão da zircônia a tais materiais.

### Conflicts of Interest

The author declares that there are no conflicts of interest regarding the publication of this paper

**REFERÊNCIAS**

1. Silva BTF, Trevelin LT, Teixeira FS, Salvadori MC, Cesar PF, Matos AB. Non-thermal plasma increase Bond strength of zircônia to a resin cement. *Braz Dent Sci.* Apr/Jun. 2018;21(2).
2. Piconi, C, Maccauro, G. Zirconia as a ceramic biomaterial. *Biomaterials.* 1999;20(1): 382-388.
3. Silva UAR, Virgens CF, Silva DAS, Soares RR. Study of the influence of diferente synthesis methods and precipitating agentes in generation of nanoparticles of zirconium oxide. *Braz. J. of Develop.* Jun. 2019; 5(6):6232-52. DOI:10.34117/bjdv5n6-131.
4. Oliveira PFG, Rabello TB. Tratamento de superfície para cimentação adesiva de cerâmicas à base de zircônia: revisão de literatura. *Rev. Bras. Odontol.* Jan./Mar. 2017;74(1):36-9.
5. Werner HKB. Avaliação da resistência de união de uma cerâmica de zircônia submetida a diversos tratamentos de superfície [dissertação]. Belo Horizonte (MG): Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais; 2009.
6. Kelly JR, Benitti P. Ceramic materials in dentistry: historical evolution and current practice. *J Aust Dent.* 2011;56(1):84-96.
7. Casucci A, Osorio E, Osorio R, Monticelli F, Toledano M, Mazzitelli C. Influence of different surface treatments on surface zircônia frameworks. *J Dent.* 2009;37(11):891-7. doi:10.1016/j.jdent.2009.06.013
8. Yegin E. Effects of Various Chairside Surface Treatments on Zirconia – Resin Cement Bond Strength. *J Dent Mater Tech.* March 2019;8(1):12-18.
9. Amoroso AP, Ferreira MB, Torcato LB, Pellizzer EP, Mazaro JVQ, Genari FH. Cerâmicas odontológicas: propriedades, indicações e considerações clínicas. *Revista Odontológica de Araçatuba.* 2012;33(2):19-25.
10. Sciasci P. Efeito de tratamentos de superfície na composição da zircônia e na resistência de união com diferentes cimentos [dissertação]. Araraquara (SP): Faculdade de Odontologia de Araraquara, Universidade Estadual Paulista – UNESP; 2013.
11. Kern M, Wegner S. M. Bonding to zirconia ceramic: adhesion methods and their durability. *Dent Mater.* Jan. 1998;14(1):64–71.
12. Piwowarczyk A, Lauer HC. Mechanical properties of luting cements after water storage. *Oper Dent.* Sept./oct. 2003;28(5):535-542.
13. Ozcan M, Vallittu PK. Effect of surface conditioning methods on the bond strength of luting cement to ceramics. *Dent Mater.*2003;19(8):725-731.
14. Raigrodski AJ. Contemporary materials and technologies for all- ceramic fixed partial dentures: a review of the literature. *J Prosthet Dent.* 2004;92:557- 562. doi:10.1016/j.prosdent.2004.09.015

15. Derand T, Molin M, Kvam K. Bond strength of composite luting cement to zirconia ceramic surfaces. *Dent Mater.* 2005;2(12):158-162.
16. Amaral R, Ozcan M, Bottino MA, Valandro LF. Microtensile Bond strength of a resin cement to glass infiltrated zirconia-reinforced ceramic: the effect of surface conditioning. *Dent Mater.* 2006;22(3):283-290.
17. Aboushelib MN, Kleverlaan CJ, Feilzer AJ. Selective infiltration-etching technique for a strong and durable bond of resin cements to zirconia-based materials. *J Prosthet Dent.* 2007;98(5):379-388.
18. Tanaka R, Fujishima A, Shibata Y, Manabe A, Miyazaki T. Cooperation of phosphate monomer and silica modification on zirconia. *J Dent Res.* 2008; 87(7):666– 670.
19. Cavalcanti AAN. Características da união à cerâmica de zircônia tetragonal policristalina contendo ítrio [tese]. Piracicaba (SP): Faculdade de Odontologia de Piracicaba, Universidade Estadual de Campinas; 2008.
20. Kern M, Barloi A, Yang, B. Surface conditioning influences zirconia ceramic bonding. *Journal of Dental Research.* 2009;88(9):817-822.
21. Zhang W, Masumi S I, Song XM. Bonding property of two resin-reinforced glass-ionomer cements to zirconia ceramic. *Quintessence International.* July/aug. 2010; 41(7):132-140.
22. Yang B, Barloi A, Kern M. Influence of air-abrasion on zirconia ceramic bonding using an adhesive composite resin. *Dent Mater.* 2010;26(1):44-50.
23. Yun JY, Ha SR, Lee JB, Kim, S. H. Effect of sandblasting and various metal primers on the shear bond strength of resin cement to Y-TZP ceramic. *Dent Mater.* 2010;26(7):650-658.
24. Magne P, Paranhos M P G, Burnett L H. New zirconia primer improves bond strength of resin-based cements. *Dent Mater.* 2010;26(4):345–352.
25. Moon JE, Kim SH, Lee JB, Ha SR, Choi YS. The effect of preparation order on the crystal structure of yttria-stabilized tetragonal zirconia polycrystal and the shear bond strength of dental resin cements. *Dent Mater.* 2011;27(7):651-663, 2011.
26. Casucci A, Monticelli F, Goracci C, Mazzitelli C, Cantoro A, Papacchini F, Ferrari M. Effect of surface pre-treatments on the zirconia ceramic-resin cement microtensile bond strength. *Dental Materials.* 2011;27(10):1024-1030.
27. Piascik JR, Wolter SD, Stoner BR. Development of a novel surface modification for improved bonding to zirconia. *Dental Materials.* 2011;27(5):99-105.
28. Lung CY, Botelho MG, Heinonen M, Matinlinna JP. Resin zirconia bonding promotion with some novel coupling agents. *Dent Mater.* 2012;28(8):863-872.
29. Amaral M, Belli R, Cesar PF, Valandro LF, Petschelt A, Lohbauer U. The potential of novel primers and universal adhesives to bond to zirconia. *Journal of Dentistry.* 2014;42(1): 90-98.



30. Yi Y-A, Ahn J-S, Park Y-J, Jun S-H, Lee I-B, Cho B-H, Son H-H, Seo D-G. The Effect of Sandblasting and Different Primers on Shear Bond Strength Between Yttria-tetragonal Zirconia Polycrystal Ceramic and a Self-adhesive Resin Cement. *Operative Dentistry*. 2015;40(1):63-71.
31. Tanis MÇ, Akaçaboy, C. Effects of Different Surface Treatment Methods and MDP Monomer on Resin Cementation of Zirconia Ceramics an In Vitro Study. *J Lasers Med Sci*. 2015;6(4):174-181.
32. Monteiro JB. Deposição de hidreto de silício sobre a zircônia em diferentes tempos: análise química, microestrutural e durabilidade da união ao cimento resinoso [tese]. São José dos Campos (SP): Instituto de ciência e tecnologia, Universidade Estadual Paulista, 2019.
33. Mendonça BC, Negreiros WM, Giannini M. Effect of aluminum oxide sandblasting, plasma application and their combination on the bond strength of resin cement to zirconia ceramics. *Brazilian Dental Science*.2019;22(2):275-280.